



Liikenne- ja
viestintäministeriö

Sähköautojen tulevaisuus Suomessa

Sähköautot liikenne- ja
ilmastopolitiikan näkökulmasta

Liikenne- ja viestintäministeriön

toiminta-ajatus

Liikenne- ja viestintäministeriö edistää yhteiskunnan toimivuutta ja väestön hyvinvointia huolehtimalla siitä, että kansalaisten ja elinkeinoelämän käytössä on laadukkaat, turvalliset ja edulliset liikenne- ja viestintäyhteydet sekä alan yrityksillä kilpailukykyiset toimintamahdollisuudet.

visio

Suomi on eturivin maa liikenteen ja viestinnän laadussa, tehokkuudessa ja kansainvälisessä osaamisessa.

arvot

Rohkeus

Oikeudenmukaisuus

Yhteistyö



Julkaisun nimi Sähköautojen tulevaisuus Suomessa. Sähköautot liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta	
Tekijät Nils-Olof Nylund	
Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä Liikenne- ja viestintäministeriö	
Julkaisusarjan nimi ja numero Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 12/2011	ISSN (verkkojulkaisu) 1795-4045 ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-243-221-6 URN http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-221-6 HARE-numero
Asiasanat sähköautot, akut, hiilidioksidipäästöt, sähkön tuotanto, sähköverkko, liikennepolitiikka	
Yhteyshenkilö Saara Jääskeläinen	
Muut tiedot	
Tiivistelmä Selvityksessä on tarkastelu sähköautoja osana suomalaista liikennejärjestelmää, ilmastopolitiikkaa ja liikennepolitiikkaa. Sähköautojen todellinen tuleminen on mitä todennäköisimmin alkanut. Kehitys on aluksi hidasta, eikä sähköautoista vielä ole apua vuoden 2020 energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseen. Toisaalta niitä ei myöskään tarvita näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Tilanne muuttunee merkittävästi vuoteen 2030 ja varsinkin vuoteen 2050 mentäessä. Sähköauto ei tule ratkaisemaan henkilöautoliikenteen perusongelmia, suoritteiden ja ruuhkautumisen lisääntymistä. Mahdolliset sähköautojen edistämiseen tähtäävät kannustimet eivät saa olla ristiriidassa joukkoliikenteen kehittämisen tavoitteiden kanssa. Sähköautojen tulemiseen on syytä alkaa varautua jo nyt mm. huomioimalla sähköautojen lataus rakentamismääräyksissä. Sähköautojen käytön tasapuolinen mahdollistaminen tulee edellyttämään myös julkisen latausverkoston rakentamista. Pitkien välimatkojen Suomessa lataushybridi voi olla käyttökelpoisempi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto kuin täyssähköauto, joka soveltuu parhaiten lyhyille matkoille ja taajamaliikenteeseen. Sähkön tuotantokapasiteetti ei rajoita sähköautojen yleistymistä. Automäärien kasvaessa lataus on kuitenkin hoidettava älykkäästi, muuten sähköautot lisäävät huipputehon tarvetta ja sähköverkkojen kuormaa. Liikennepolitiikan ja kustannustehokkuuden näkökulmista Suomessa ei ole perusteltua välittömästi pyrkiä sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen. Ainakin sähköautojen hinnan oletetaan laskevan varsin nopeasti, ja myös suorituskyvyn parantumisesta on toiveita. Tästä huolimatta meidän tulee mahdollisimman nopeasti saada käyntiin riittävän laajoja demohankkeita palautetiedon ja referenssien hankkimiseksi sähköautoista ja niihin liittyvistä järjestelmistä. Raportin lopussa on toimenpidesuosituksia ja ehdotus eri toimenpiteiden toteuttamisjärjestyksestä.	



Publiceringsdatum
16.2.2011

Publikation

Elbilarnas framtid i Finland. Elbilarna ur trafik- och klimatpolitisk synvinkel

Författare

Nils-Olof Nylund

Tillsatt av och datum

Kommunikationsministeriet

Publiceringsseriens namn och nummer

Kommunikationsministeriets
publikationer 12/2011

ISSN (webbpublikation) 1795-4045
ISBN (webbpublikation) 978-952-243-221-6
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-221-6>
HARE-nummer

Ämnesord

elbilar, ackumulatorer, koldioxidutsläpp, elproduktion, elnät, trafikpolitik

Kontaktperson

Saara Jääskeläinen

Rapportens språk

Finska

Övriga uppgifter

Sammandrag

Elbilarnas betydelse för det finländska trafiksystemet, klimatpolitiken och trafikpolitiken har utretts. Elbilarnas verkliga genombrott har högst troligen börjat. I början går dock utvecklingen långsamt, och elbilarna bidrar inte till att uppnå energi- och klimatmålen för år 2020. Man kan dock konstatera att elbilarna inte heller behövs för att uppnå dessa krav. Situationen kommer att ändra märkbart till år 2030 och speciellt 2050. Elbilen kommer visserligen inte att lösa persontrafikens grundläggande problem, dvs. ökning av trafikmängder och trafikstockningar. Eventuella incentiv för att befrämja elbilar bör inte stå i konflikt med utveckling av kollektivtrafiken.

Förberedelserna för elbilarnas frammarsch borde starta redan nu exempelvis genom att införa regler för beaktande av laddning av elbilar i byggnadsbestämmelserna. För att möjliggöra jämlikt utnyttjande av elbilar krävs att man bygger publika laddningsnät för elbilar. I Finland där avstånden är långa kan laddhybrider vara ett mer ändamålsenligt och kostnadseffektivt alternativ än batterielbilar. Elproduktionskapaciteten som sådan kommer inte att vara ett hinder för att införa elbilar. När antalet elbilar ökar bör dock laddningen ske på ett intelligent sätt, annars ökar behovet av toppkapacitet och belastningen på elnäten.

Ur trafikpolitisk synvinkel och med tanke på kostnadseffektivitet är det inte motiverat att omedelbart sträva till att maximera antalet elbilar. Priset på elbilar kommer att sjunka betydligt, och det finns även hopp om förbättrad prestanda. Trots detta bör vi omgående starta omfattande flottförsök för att generera feedback och referenser för elbilar och relaterade system. I rapporten ingår rekommendationer för åtgärder och förslag till tidsprogrammering för dessa åtgärder.

Date
16 February 2011

Title of publication Future of electric vehicles in Finland. Electric vehicles in the transport and climate policy context	
Author(s) Nils-Olof Nylund	
Commissioned by, date Ministry of Transport and Communication	
Publication series and number Publications of the Ministry of Transport and Communications 12/2011	ISSN (online) 1795-4045 ISBN (online) 978-952-243-221-6 URN http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-221-6 Reference number
Keywords electric vehicles, batteries, carbon dioxide emissions, electricity generation, power grids, transport policy	
Contact person Ms Saara Jääskeläinen	Language of the report Finnish
Other information	
<p>Abstract</p> <p>This reports deals with electric vehicles (EV) as a part of Finnish transport system, climate policy and transport policy. The market entry of electric vehicles has now probably started for real. The progress will at first be rather modest, though, and EVs will not bring much contribution to fulfilling the 2020 targets in energy and climate policy. On the other hand, there is no need to use EVs, and other technologies may allow more cost-effective solutions. However, the situation will change markedly until 2030, and especially by 2050. Furthermore, electrification will not solve the basic problems of passenger car traffic: increase in vehicle kilometres and congestion rates. This, the incentives that may be used to stimulate EV market and demand shall not be in conflict with the development efforts if public transportation.</p> <p>Even if the EV market may still be modest, it is due time to start taking into consideration e.g. the aspects of recharging systems in construction and building regulations. In order to give equal possibilities for all motorists to use EVs, public charging infrastructure is needed. However, as distances in Finland are quite long, plug-in hybrid may prove to be more practical and cost-effective solution than pure battery-only EV, which is more suited to short-distance driving in urban environment. Electricity generation capacity does not limit the growth of EV park, but when the vehicle numbers are getting high, the timing of the charging must be carefully controlled. Otherwise EV charging increases the need for peak power and raises grid load.</p> <p>From the point of view of transport policy and cost-effectiveness it is not justified to immediately try to maximize the EV penetration, because the price of electric vehicles is expected to get lower and overall performance to improve over time. However, we need to launch demonstrations that are so extensive that we can get statistically valid feedback information from EVs and their associated subsystems. At the end of the report, recommendations are given for various actions and measures, as well as a suggestion for the order those should be implemented.</p>	

Laajennettu tiivistelmä

Johtopäätökset

Sähköautojen todellinen tuleminen on mitä todennäköisimmin alkanut. Alkukiihdytys on kuitenkin pakostakin maltillinen, eikä sähköautoista vielä ole apua vuoden 2020 energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseen. Toisaalta niitä ei myöskään tarvita näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Tilanne muuttunee merkittävästi vuoteen 2030 ja varsinkin vuoteen 2050 mentäessä. Sähköauto ei tule ratkaisemaan henkilöautoliikenteen perusongelmia, suoritteiden ja ruuhkautumisen lisääntymistä. mahdolliset sähköautojen edistämiseen tähtäävät kannustimet eivät saa olla ristiriidassa joukkoliikenteen kehittämisen tavoitteiden kanssa.

Sähköautojen tulemiseen on syytä alkaa varautua jo nyt. Rakentamisessa niin asuntojen kuin julkisten rakennusten osalta tulisi varautua ainakin sähköautojen hitaaseen lataukseen. Uudisrakentamisessa ja saneerauksissa riittävien kaapelointien tekeminen tai aikakin putkitusten ja kaapelireittien varaaminen ei ole merkittävä kustannus. Pikalatauksen osalta ohjeistukseen on otettava pieni aikalisä, koska standardointi ja tekniikkavalinnat ovat osittain vielä auki.

Sähköautojen määrän lisääntyessä on tärkeää, että sähköautojen lataus ohjataan älykkäästi jotta vältytään latauksen aiheuttamilta tehopiikeiltä ja lisätehon tarpeelta. Komponentit älykkään lataamisen toteuttamiseen kiinteistötasolla ovat jo olemassa, mutta ylemmillä verkon tasoilla älykästä latausta ei Suomessa ole vielä demonstroitu. Sähkön tuotantokapasiteetti sinällään ei tule rajoittamaan sähköautojen käyttöönottoa.

Liikennepolitiikan ja kustannustehokkuuden näkökulmista Suomessa ei ole perusteltua välittömästi pyrkiä sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen. Ainakin sähköautojen hinnan oletetaan laskevan varsin nopeasti, ja myös suorituskyvyn parantumisesta on toiveita. Tällä hetkellä autokaluston uudistaminen perinteistä tekniikka edustavilla vähäpäästöisillä autoilla on sähköautojen käyttöönottoa huomattavasti edullisempi vaihtoehto. Niissä maissa, joissa panostetaan voimakkaimmin sähköautoihin ja niiden markkinoille tuomiseen, on yleensä vahva autoteollisuus. Edistämisen taustalla on teollisuuspoliittisia tavoitteita. Muunkinlaisia esimerkkejä löytyy. Portugalissa ja Tanskassa ei ole merkittävää autoteollisuutta, mutta nämä maat taas painostavat voimakkaasti tuulivoiman tuotantoon. Tuulivoiman yhteydessä sähköautot ja niiden ohjattu lataus on tervetullut säätoelementti.

Toisaalta meidän tulee mahdollisimman nopeasti saada palautetietoa ja referenssejä sähköautoista ja niihin liittyvistä järjestelmistä. Näitä tarvitsevat ne yritykset, jotka tavoittelevat liiketoimintaa sähköautoista, niiden osajärjestelmistä, komponenteista, latausjärjestelmistä ja sähköautojen käyttöä tukevista apujärjestelmistä. Myös yleinen päätöksenteko tarvitsee tietoa sähköautojen todellisesta suorituskyvystä ja kustannuksista. Me emme vielä ole siinä tilanteessa, että meillä olisi kaikin puolin varmennettua tietoa sähköautoista. Kysymykset, joihin tarvitaan vastauksia, ovat mm.:

- miten sähköautot toimivat osana liikennejärjestelmää?
- minkälaista infrastruktuuria ja tietojärjestelmiä sähköautot tarvitsevat tuekseen?
- mitä uusia toimintamalleja ja palvelukonsepteja sähköautot mahdollistavat?
- miten kustannustehokkaita sähköautot ovat liikenteen CO₂-päästöjen vähentämisessä?

Sähköautojen kehitysnäkymät ja haasteet

Edellytykset sähköautojen laajamittaiselle tulemiselle ovat nyt paremmat kuin kertaakaan aikaisemmin. Vaikuttavia tekijöitä on useita.

Poliittisella tasolla sähköautojen tulemista ajavat strategiat ja päätökset liikenteen hiilidioksidipäästöjen, lähipäästöjen sekä öljyriippuvuuden vähentämiseksi. Sähköautoihin kohdistuva tutkimus- ja kehitystyö on otettu käyttöön autoteollisuuden elvytyskeinona. Useissa maissa on käynnissä erilaisia kehityshankkeita sähköautojen markkinoille tuomiseksi. Vaikuttimet vaihtelevat, taustalla voi olla mm. teollisuus- ja ilmastopoliittisia motiiveja.

Suuret autonvalmistajat panostavat massamarkkinoille suunnattuihin, varta vasten sähköautoiksi suunniteltuihin malleihin. Sähköautojen tarjonta on lähdössä kunnolla käyntiin 2011 – 2012, ja tarjolla tulee olemaan kymmeniä malleja.

Akkuteknikka on kehittynyt merkittävästi kannettavien laitteiden myötä, ja sähköauton toimintamatkaan vaikuttava akkujen ominaisenergia on parantunut merkittävästi. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että täyssähköautojen suorituskyky olisi täysin riittävä tänä päivänä. Jos akkuteknologiassa ei tapahdu merkittävää kehitystä, täyssähköautot saattavat jäädä merkitykseltään marginaalisiksi taajama-ajoneuvoiksi tai kakkosautoiksi.

Informaatiotekniikan kehitys taas antaa mahdollisuuksia sähköautojen käytön optimointiin ja älykkäisiin latausjärjestelmiin.

Pelkkä sähköautojen tarjonnan syntyminen ei kuitenkaan takaa sähköautojen läpilyöntiä. Täyssähköautojen tärkeimmät ongelmat ja haasteet tällä hetkellä ovat lyhyt toimintamatka (100 – 150 km), korkea hinta (suuruusluokkaisesti 2 – 3 -kertainen vastaavaan polttomoottoriautoon nähden). Lisäksi täyssähköauton toimintamatka lyhenee merkittävästi kylmässä, ja julkisen latausverkon puuttuessa sähköauton käyttö edellyttää omaa pistorasialla varustettua pysäköintipaikkaa.

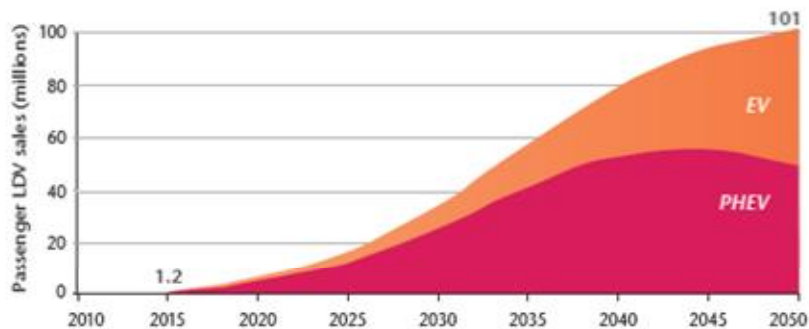
Useat tahot ovat laatineet ennusteita sähköautojen yleistymisestä. Kuvassa 1 on IEA:n ennuste sähköautojen myynnin kehityksestä. IEA:n mukaan henkilöautokaluston merkittävä sähköistäminen yhdistettynä vähähiiliseen sähkön tuotantoon on välttämättömyys jotta liikennesektorilla voitaisiin saavuttaa merkittäviä CO₂-päästövähennyksiä vuoteen 2050 mennessä. Vuoden 2020 osalta keskimääräinen ennuste verkosta ladattavien autojen myyntiosuudelle on suuruusluokkaisesti 10 %, mikä merkitsee että sähköautojen osuus ajoneuvokannassa vuonna 2020 tulee todennäköisesti olemaan vain joitakin prosentteja. Sähköautojen osuus ajoneuvokannassa kasvaa merkittäväksi vasta vuoden 2030 tienoilla.

Useissa projektioissa plug-in hybridien ennustetaan yleistyvän täyssähköautoja nopeammin. NykYTEKNIKALLA pitkän ajomatkan aikaansaaminen pelkillä akuilla tulee erittäin kalliiksi. Polttomoottori taas on suhteellisen halpa. Yhdistämällä kohtuullisen kokoinen akku ja polttomoottori saadaan täyssähköautoa kustannustehokkaampi auto, joka voi toimia pelkillä sähköllä lyhyemmällä matkoilla ja jolla ei ole täyssähköauton rajoitteita pitkällä matkoilla. Lataushybridit ovat yksi mahdollisuus välttää tielle jäämisen uhka, toinen on riittävän tiheä, myös pikalatauspisteitä sisältävä julkinen latausverkosto.

	2012	2015	2020	2025	2030	2040	2050
PHEV	0.05	0.7	4.7	12.0	24.6	54.8	49.1
EV	0.03	0.5	2.5	4.4	9.3	25.1	52.2

Source: IEA 2009.

Annual global EV and PHEV sales in BLUE Map scenario



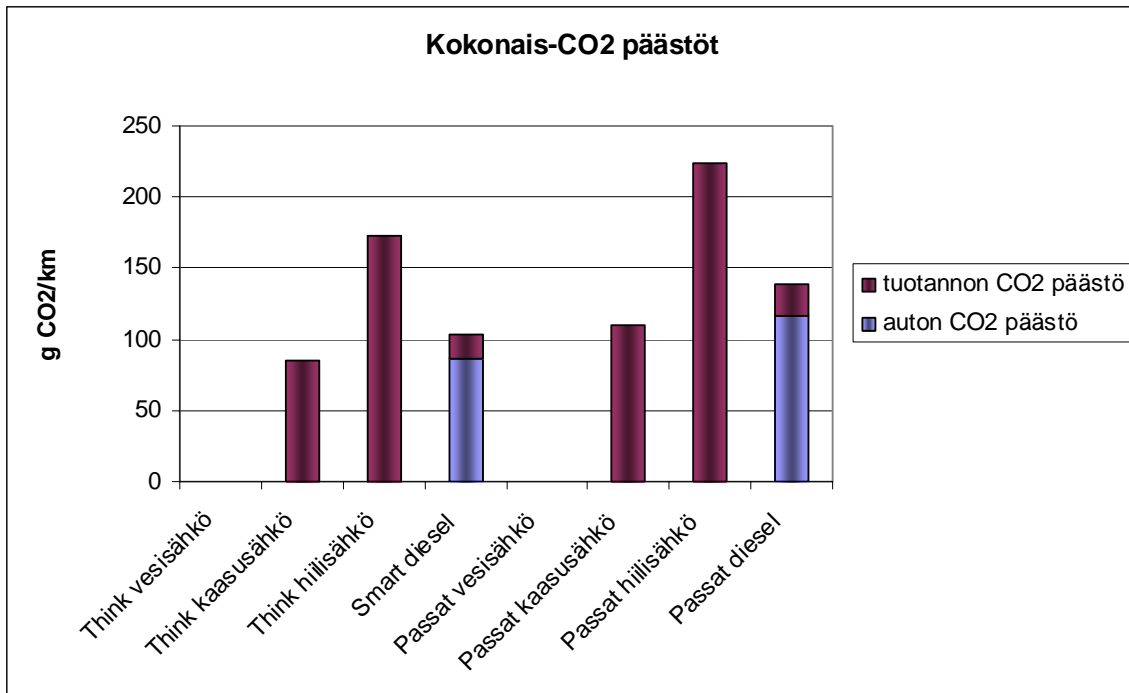
Kuva 1. IEA:n arvio ennuste plug-in ja akkusähköautojen yleistymisestä. Projektio tukeutuu IEA:n progressiiviseen BLUE Map –skenaarioon. (IEA 2009)

Sähköautojen suorituskyky ja turvallisuus

Sähköautojen etuja ovat hyvä hyötysuhde, käytön nollapäästöisyys (ilman laatuun vaikuttavat lähipäästöt) ja alhainen melutaso. Ihanteellisissa olosuhteissa sähköautojen energian kulutus (latauksen hyötysuhde huomioiden) on suuruusluokkaisesti 0,15 – 0,25 kWh/km auton koosta riippuen. Akkusähköauton hyötysuhde (latauksen hyötysuhde huomioiden) on suuruusluokkaisesti 50 – 60 %, polttomoottoriauton luku on parhaimmillaankin alle 25 %.

Sähköautoille ilmoitettu toimintamatka on tyypillisesti 130 – 150 km. Auton toimintamatka määritellään ECE R-101 –kokeella. Koe päättyy, kun auto ei enää saavuta 50 km/h nopeutta tai kun auton järjestelmät ilmoittavat, että ajoa sähköllä ei voida jatkaa. Tämä tarkoittaa, että testi antaa liian optimistisen kuvan toimintamatkasta, eikä ilmoitettu toimintamatka toteudu esim. maantieajossa normaalinopeudella. Lisäksi kylmä ja mahdollisen sähköisen lämmityslaitteen käyttö lyhentää toimintamatkaa. Pakkasessa sähköauton todellinen ajomatka saattaa olla vain noin puolet valmistajan ilmoittamasta toimintamatkasta ihanteellisissa olosuhteissa.

Sähköauton koko energiaketjun energian kulutus ja CO₂-päästöt riippuvat sähkön tuotantotavasta. Tuuli- tai vesisähköllä toimiva akkusähköauto on näiden suhteen paras vaihtoehto. Jos sähkön tuottamiseen käytetään maakaasua tai hiiltä, sähköauton kokonaisenergian kulutus on suurempi kuin dieselauton kokonaisenergiankulutus. Koko energiaketjun CO₂-päästöjen kannalta sähköauto on maakaasulla tuotettua sähköä käytettäessä hieman parempi kuin dieselauto, hiilellä tuotettua sähköä käytettäessä selvästi huonompi kuin dieselauto (kuva 2).



Kuva 2. Koko energiaketjun CO₂-päästöt eri tekniikkavaihtoehdoilla. Vertailupareina Think City sähköauto vs. Smart diesel ja Volkswagen Passat sähköversio vs. Volkswagen Passat diesel.

Kuluttajan näkökulmasta sähköautoihin liittyy vielä paljon epävarmuustekijöitä. Yksi keskeisimmistä kysymyksistä on, miten pitkälle autolla todellisuudessa pääsee. Täyssähköautojen toimintamatka riittää kattamaan suurimman osan päivittäisestä liikkumistarpeesta, mutta sähköauto ei vielä ole "yleisauto". Kattava pikalatausjärjestelmä tai plug-in hybriditekniikka tuovat lievennystä toimintamatkaa koskevaan ongelmaan. Toinen keskeinen kysymys on, miten kauan akku kestää, ja mitä sen uusiminen maksaa.

Sähköauto saattaa myös olla turvallisuusriski. Syitä tähän ovat mm. korkeajännitteiset, painavat ja paljon energiaa sisältävät akut, tietyissä tilanteissa riittämätön suorituskyky, puutteellinen lämmitys ja huurteenpoisto sekä sähköauton huono havaittavuus alhaisen äänitason johdosta.

Sähköautojen lataus

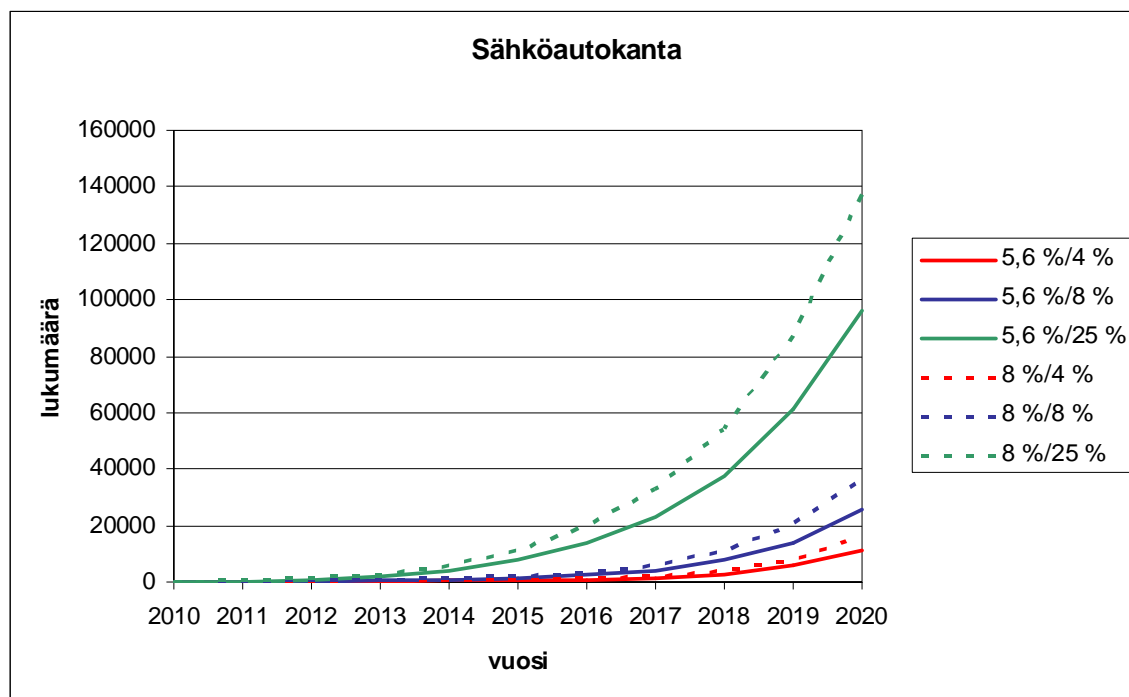
Sähköautojen latausta tulee tarkastella ajoneuvon, latauspisteen, sähköverkon, sähkön tuotannon ja sähkömarkkinoiden näkökulmasta. Yksinkertaisimmillaan sähköauton lataus tarkoittaa auton kytkemistä 16 A:n yksivaiherasiaan (ns. hidas lataus). Hitaassa latauksessa tyhjentyneen akun lataus kestää tyypillisesti 6 – 10 tuntia. Latauksen standardointi on vielä kesken (mm. pistokkeet, nopeutettu lataus), ja useat sähköautot tulevat markkinoille aluksi pelkästään hitaaseen lataukseen varustettuna. Muukin sähköautoihin liittyvä standardointi on vielä kesken. Sähköautojen määrän lisääntyessä on tarpeellista ohjata latausta älykkäästi, muuten sähköautot aiheuttavat uuden kulutushuipun, joka vaatisi verkkovahvistuksia sekä huippukapasiteetin lisäämistä.

Sähköautot Suomen tilanteessa

Suomen osalta on tarkasteltu autokantaa, autojen käyttöä ja sähköautojen mahdollista penetraatiota, sähköautojen vaikutuksia sähkön kysyntään ja sähköverkkoihin, sähköautojen ilmastovaikutuksia sekä sähköautojen verotusta ja kustannuksia. Näistä on vedetty johtopäätöksiä sähköautoista liikennepolitiikan kannalta.

Autokanta

Suomessa on liikenteessä noin 2,5 miljoonaa henkilöautoa. Suomen sähköautokanta vuonna 2020 voisi alimmillaan olla noin 11.000 ja ylimmillään noin 140.000, todennäköisimmin noin 35.000 kappaletta, mikä tarkoittaisi n. 1,5 % osuutta kannasta (kuva 3). Henkilöautoilla ajetaan keskimäärin 16.500 km vuodessa tai noin 45 km päivässä. Noin 80 % päivittäisestä ajosuoritteesta on 50 km tai alle. Täyssähköautojen toimintamatka ylittää kaikissa tilanteissa henkilöautojen keskimääräisen päivittäisen ajosuoritteen. Täyssähköautolla ei kuitenkaan pystytä ajamaan kaikkia loma- ja mökkimatkoja. Pitkien välimatkojen Suomessa plug-in hybridi lienee useimmille täyssähköautoa käyttökelpoisempi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto. Plug-in hybridien rinnalla muita vaihtoehtoja ovat kattava pikalatausjärjestelmä tai palvelukonseptit, joissa sähköautojen omistajalle tarjotaan helppoa, joustavaa ja edullista sijaisautojärjestelmää.



Kuva 3. Sähköautokannan mahdollinen kehittyminen Suomessa. Sähköautojen osuus uusien autojen myynnistä 4, 8 ja 25 % vuonna 2020. Kaluston uusiutumisen nopeus 5,6 % (kaluston keski-ikä ei muutu) ja 8 % (kalusto uusiutuu ILPO:n tavoitteiden mukaisesti).

Sähkön tuotanto ja sähköverkko

Sähkön tuotantokapasiteetin kannalta sähköautojen tuleminen ei ole suuri haaste. Miljoona sähköautoa, määrä joka on saavutettavissa vasta 2030 jälkeen, käyttäisi n. 4 TWh sähköä, joka on alle 5 % sähkön nykykulutuksesta Suomessa. Ohjaamalla sähköautojen lataus älykkäästi vältetään latauksen aiheuttamilta tehopiikeiltä ja lisätehon tarpeelta. Sähköautojen laajamittaisen käyttöönoton suurimmat vaikutukset kohdistuvat paikallisverkkotasolle.

Hieman virheellisesti on usein väitetty, että meillä on jo valmis sähköautojen latausjärjestelmä lämmityspistorasioiden – ja tolppien muodossa. Lämmitysverkot vaativat kuitenkin tapauskohtaisesti muutoksia, joilla taataan turvallisuus ja tehon riittävyys. Monet lämmitysverkot on mitoitettu niin, että sähköauton lataus on mahdollista vain noin joka neljännessä pisteessä. Turvallisuussyistä sähköautoja ei saa ladata vanhan TN-C – järjestelmän (yhdistetty nolla- ja suojamaajohdin) mukaisissa verkoissa. Uusilla pysäköintialueilla sähköautojen lataamiseen valmistautuminen lisää kustannuksia vain noin 150 € per autopaikka. Uudis- ja korjausrakentamisen ohjeistuksessa pitäisi ottaa huomioon varautuminen sähköautojen tulemiseen.

Ilmastovaikutukset

Suomessa vuoden 2020 ilmasto- ja energiatavoitteiden saavuttaminen ei edellytä sähköautojen käyttöönottoa. Autojen lukumäärästä riippuen sähköautot voisivat vuonna 2020 vähentää tieliikenteen CO₂-päästöjä 1 – 3 %. Todennäköisimmin vaikutus tulee olemaan noin 1 %. Vuoteen 2030 mentäessä sähköautojen merkitys kasvaa, ja sähköautot tuonevat 15 – 20 %:n vähennyksen tieliikenteen CO₂-päästöihin.

Verrattuna autoon, jonka CO₂-päästö on 180 g/km (~ henkilöautokannan keskiarvo), sähköauto alentaa kaikilla sähkön muodoilla marginaalisähkö mukaan lukien koko energiaketjun yli laskettuja CO₂-päästöjä. Jos vertailukohtana on energiatehokas dieselauto (n. 120 g CO₂/km), marginaalisähkön käyttö lisää CO₂:n kokonaispäästöjä

Verojärjestelmä

Autoiluun liittyvä verotusjärjestelmä on Suomessa muutettu ympäristö-ohjaavaksi. Tämä pätee hankinasta perittävään autoveroon, vuosittaiseen ajoneuvoveroon ja liikenteen energian verotukseen. Nykyinen verojärjestelmä suosii sähköautoja, ja sähköautot saavat etuja autoveron, ajoneuvoveron ja energian verotuksen osalta. Koska sähköautot ovat aluksi kalliita, euromääräinen autovero on korkea vaikka sähköautoihin sovelletaan minimiveroprosenttia. Uusittu, käyttövoiman mukaan porrastettu käyttövoimavero alentaa sähköautojen käyttövoimaveroa merkittävästi: käyttövoimavero on jatkossa noin 100 € vuodessa täyssähköautoille ja alle 50 € plug-in hybrideille. 10 vuoden jaksolla tarkasteltuna sähköautoista kerätään noin 4.000 € vähemmän veroja polttomoottoriautoihin verrattuna (luvussa on mukana autovero). Tämä etu on itse asiassa samaa suuruusluokkaa kuin muissa maissa sähköautoille annetut taloudelliset kannustimet. Autojen käytön verotuksen osalta voidaan todeta, että polttomoottoriauton käytöstä kerätään noin 4 kertaa enemmän veroja sähköautoihin verrattuna.

Sähköautoilun kustannukset ja vältetyn CO₂-tonnin hinta

Alussa sähköautot ovat perinteisiä polttomoottoriautoja kalliimpia. Verohuojennukset tai ympäristöpohjainen verotus parantavat sähköautojen kilpailukykyä kuluttajan näkökulmasta. Tällä hetkellä sähköauto on kallis hankkia mutta halpa käyttää. Ajan myötä tekniikan kehittyminen alentaa vaihtoehtoisten ratkaisujen hintaa. McKinsey & Company (2010) olettaa eri tekniikoiden kustannusten konvergoivan vuoden 2025 jälkeen. Tämä tarkoittaa myös sitä, että ne jotka ensimmäisten joukossa ottavat käyttöön uutta tekniikkaa, maksavat tästä korkean hinnan.

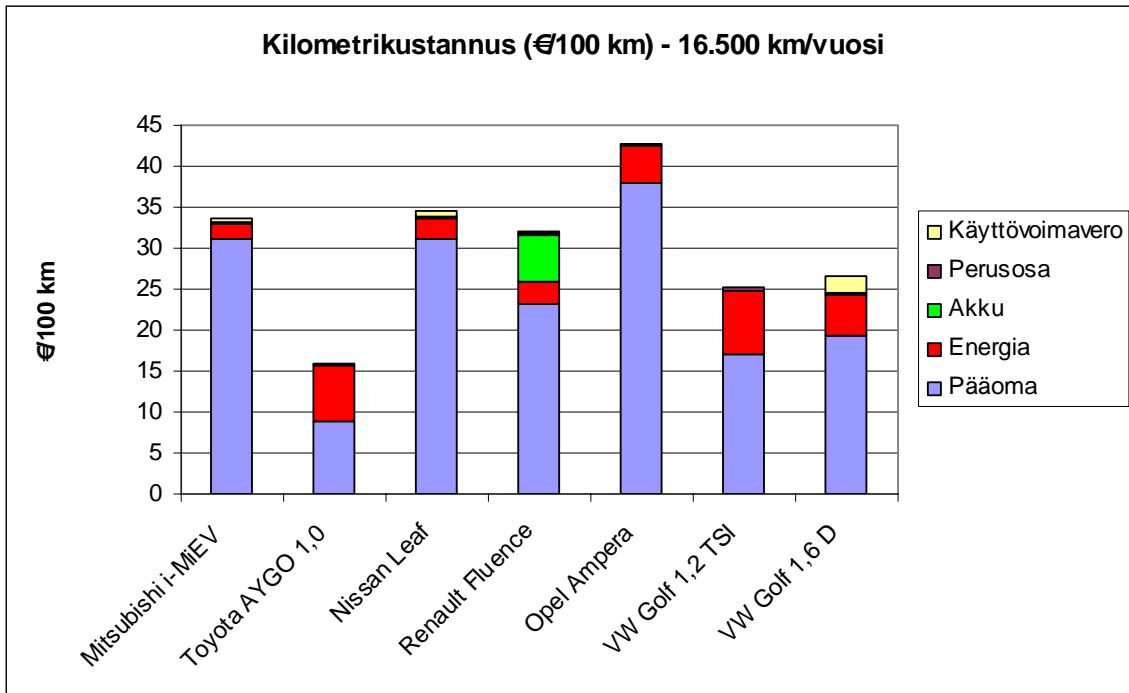
Kustannusten tarkastelussa käytettiin sähköautoille ilmoitettuja ennakkohintoja, soveltaen suomalaista veromallia auto- ja ajoneuvoveroon ja käyttämällä tammikuun 2011 polttoaine- ja sähköhintoja. Vertailut tehtiin autopareittain: Toyota AYGO (verollinen hinta n. 12.000 €) vs. Mitsubishi i-MiEV (arvioitu verollinen hinta n. 40.000 €) ja Volkswagen Golf (n. 23.000 €) vs. Nissan Leaf (arvio n. 40.000 €).

Kokoluokkien sisällä tarkasteltuna täyssähköauto on pikkuluokassa (Mitsubishi i-MiEV/Toyota AYGO) n. 100 % kalliimpi ja keskiluokassa (Nissan Leaf vs. Volkswagen Golf) noin 30 - 35 % kalliimpi (kuva 4).

Tarkasteluun otettiin myös Renault Fluence, jonka kohdalla akut vuokrataan kiinteään kuukausihintaan. Auton hinta on tällöin alempi esim. Nissan Leafiin verrattuna. Laskennassa Nissan Leaf ja Renault Fluence antoivat lähes saman kokonaiskustannuksen. Leafin tapauksessa "akkuriski" on kuluttajalla, Fluencen tapauksessa valmistajalla.

Lisäksi tarkasteltiin Opel Ampera –lataushybridä. Auton veroton hinta on peräti 42.900 €, joten kustannusvertailussa Ampera oli kaikkein kallein vaihtoehto. Yleisen näkemyksen mukaan plug-in hybridit ovat täyssähköautoja kustannustehokkaampia. Tähän väittämään saadaan vastaus vasta siinä vaiheessa kun markkinoille tulee vertailukelpoisia automalleja ja kun myyntihinnat vahvistuvat lopullisesti.

Sähköauton avulla vältetyn CO₂-tonnin hintaa tarkasteltiin niin ikään autoparien avulla: bensiini AYGO vs. i-MiEV ja diesel Golf vs. Leaf. Sähkön osalta tarkasteltiin uusiutuvaa nollapäästöistä sähköä ja keskimääräisen hankinnan mukaista sähköä (221,6 g/kWh). Sähköauton avulla vältetyn CO₂-tonnin hinnaksi tulee 650 – 2000 €, joten sähköauto ei tällä hetkellä ole kustannustehokas keino liikenteen CO₂-päästöjen vähentämisessä (taulukko 1).



Kuva 4. Kokonaiskustannusten vertailu. Ei sisällä huolto- ja akkukustannuksia lukuun ottamatta Renault Fluencen akkuvuokraa.

Taulukko 1. Sähköautolla vältetyn CO₂-tonnin hinta.

	Kust. (€/km)	CO ₂ -päästö WTW (g/km)			Vältetty CO ₂ (g/km)		CO ₂ -hinta (€/tonni)	
		Polttom.	Uusiutuva 0 g/kWh	Keskiarvo 233 g/kWh	Uusiutuva	Keskiarvo	Uusiutuva	Keskiarvo
Mitsubishi i-MiEV	0,34		0	33	123	90	1435	1962
Toyota AYGO 1,0	0,16	123						
Nissan Leaf	0,34		0	45	120	76	645	1027
Volkswagen Golf 1,6 D	0,27	120						

Sähköautot liikennepolitiikan näkökulmasta

Pitkällä aikavälillä sähköautot tulevat vähentämään liikenteen CO₂-päästöjä. Koska sähköautojen markkinoille tulo on hidasta, vaikutukset jäävät vuonna 2020 vielä hyvin rajallisiksi. Henkilöautokaluston sähköistäminen ei myöskään oleellisesti vaikuttaisi taajamien ilman laatuun, koska raskaat dieselkäyttöiset autot ovat merkittävä päästöjen lähde. Sähköautojen melutaso on kaupunkinopeuksilla alhainen. Tämä on kuitenkin kaksipiipainen asia. Toisaalta melusaaste vähenee, mutta turvallisuusriskit lisääntyvät sähköautojen huonon havaittavuuden takia.

Nykytilanteessa sähköautot eivät ole kustannustehokas keino liikenteen CO₂-päästöjen vähentämiseksi, eikä ole perusteltavaa, että liikennepoliittisista lähtökohdista heti alussa pyrittäisiin sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen. Yritykset, jotka tavoittelevat liiketoimintaa sähköautoista, niiden osajärjestelmistä, komponenteista, latausjärjestelmistä ja sähköautojen käyttöä tukevista apujärjestelmistä tarvitsevat kuitenkin erilaisia demoja

tuotekehityspalautteen ja referenssien saamiseksi. Riittävän laajat demonstraatiot voivat lisäksi palvella liikennepolitiikka antamalla palautetta sähköautojen todellisesta suorituskyvystä, potentiaalista ja mahdollisista kehitystarpeista.

Sähköautojen käyttöönotto ei vähennä yksityiskäytössä olevien henkilöautojen lukumäärää, henkilöautoliikennettä tai esim. ruuhkien määrää. Sähköautot voivat jopa lisätä henkilöautojen määrää tai suoritetta. Väärin suunnatut kannustimet (vapaa pysäköinti, joukkoliikennekaistojen käyttöoikeus ja vapautus mahdollisista ruuhkamaksuista) saattavat siirtää matkustajia joukkoliikenteestä sähköhenkilöautojen käyttöön. Jos halutaan välttää automäärien kasvu keskustassa, voisi keskustan pysäköintietuisuuksien tarjoamista parempi vaihtoehto olla sähköautojen suosiminen liityntäpysäköinnissä.

Suomi on pitkien etäisyyksien maa. Niillä alueilla joilla joukkoliikenne on kehno, välimatkat pitkiä ja henkilöauto ainoa käytännöllinen liikkumisen muoto, täyssähköauton suorituskyky on todennäköisesti riittämätön. Jos täyssähköauton suorituskyky kuitenkin olisi riittävä, keskivertokansalaisen maksukyky tuskin mahdollistaa sähköauton ostamisen jos se on hinnaltaan kaksinkertainen tavanomaiseen autoon verrattuna. Täyssähköautojen käytön mahdollistaminen myös pidemmällä matkoilla edellyttäisi pikalatausasemaverkostoon rakentamista. Verkon rakentamiseen tarvittaneen yhteiskunnan tukea, koska energiayhtiöiden lienee vaikea saada pikalatauksesta kannattavaa liiketoimintaa. Tässä vaiheessa sähköautojen hankinnan voimakas tukeminen, joko suoran rahallisen tuen tai verohuojennusten muodossa, voisi johtaa tietynlaiseen epätasa-arvoon.

Plug-in hybridillä on paremmat mahdollisuudet korvata perheen ainoa auto. Plug-in hybridin kohdalla lähimatkat pystytään ajamaan sähköllä, satunnaiset pitemmät matkat ajetaan polttomoottorin voimalla ilman huolta ajomatkan loppumisesta. Plug-in autot ovat lisäksi latauksen kannalta vähemmän haastavia kuin täyssähköautot, koska ladattavat energiamäärät ovat pienempiä ja pikalatauksen tarvetta ei ole.

Ruotsi on päättänyt tukea sähköautojen hankintaa. Ruotsin tapauksessa on merkille pantavaa, ettei tukea myönnetä yksityishenkilöille, vaan tietyt kriteerit täyttävälle yrityksille ja yhteisöille. Tämä on järkevää siinä mielessä, että yrityksille tai yhteisöille suunnattu sähköauton hankinnan tuki todennäköisesti johtaa polttomoottoriauton korvautumiseen sähköautolla, eikä autojen lukumäärän lisääntymisen vaaraa ole. Lisäksi sähköautojen hankintaan ja käytettävyyteen liittyvät riskit kohdistuvat yrityksiin ja yhteisöihin, ei yksityisiin kuluttajiin.

Turvallisuusmielessä sähköautot eivät tuo etuja perinteisiin autoihin verrattuna. Painava, korkeajännitteinen ja paljon energiaa sisältävä akusto voi päinvastoin olla turvallisuusrisikki. Sähköautot tulee huomioida koulutuksessa niin korjaamo- kuin pelastushenkilöstön osalta. Liikenne- ja viestintäministeriö on jo käynnistänyt ohjelman sähköajoneuvojen turvallisuuskysymyksistä.

Toimenpidesuosituks

Sähköautojen käyttöönoton mahdollistaminen edellyttää tiettyjä toimenpiteitä. Liikennepolitiikan ja kustannustehokkuuden näkökulmista Suomessa ei kuitenkaan ole perusteltua välittömästi pyrkiä sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen.

Aikataulullisesti suositukset on jaettu kolmeen ryhmään kiireellisyyden mukaan:

1-luokka (kiireellisin):

- osaamisen kehittäminen
 - tutkimuksen ja tuotekehityksen lisäksi pitäisi muistaa myös korjaamotointi, katsastustoiminta ja pelastushenkilöstön koulutus
- sähköautojen lataukseen valmistautumisen sisällyttäminen erilaisiin viranomaisohjeisiin, mm. rakentamismääräyksiin
 - koskee aluksi hidasta latausta
- julkisia latauspisteitä koskevan informaatiojärjestelmän luominen
- laajojen (1000 – 2000 autoa) demohankkeiden käynnistäminen
 - pitää toteuttaa hyvässä yhteistyössä eri toimijoiden kesken
 - tulee palvella useita tarkoituksia
- sähköautojen turvallisuuden varmistaminen (työ on jo käynnissä LVM:n ja TUKE-Sin toimesta)

2-luokka:

- älykkään latauksen demonstrointi kiinteistötason verkon yläpuolisilla tasoilla
- pikalataukseen varautumisen ohjeistus

3-luokka (vähiten kiireellinen):

- pikalatausverkoston rakentaminen
- mahdolliset kannustimet sähköautojen laajamittaiseen käyttöönottoon

Seuraavassa esitetään esimerkkejä ja suosituksia siitä, miten Suomessa tulisi varautua sähköautojen tuloon ja käyttöönottoon. Suositusten luonne vaihtelee laajasti järjestelmätason asioista teknisiin yksityiskohtiin. Esitysjärjestys ei välttämättä ole prioriteetti- tai aikataulullinen järjestys.

Sähköautojen latauksen huomioiminen rakentamisessa ja rakentamismääräyksissä

- Helsingin Kalasatama on esimerkki uudesta kohteesta, jossa varaudutaan sähköautojen lataukseen. Jotta varautumisesta tulisi kattava, vaatimukset ja määritellyt tulisi viedä rakentamismääräyksiin. Nyt luotava rakennuskanta on varmasti käytössä vielä vuonna 2050, jolloin sähköautojen penetraatio lienee merkittävä. Varautuminen sinällään ei ole kallista niin kauan kun on kyse vain johdotuksista tai putkituksista. Hidas lataus on määriteltä riittävän tarkasti jo nyt, nopean latauksen standardointi ja tekniikkavalinnat ovat vielä osittain auki.

Julkisen latausverkoston suunnittelu ja julkinen tuki verkon rakentamiseen

- Julkinen latausverkosto, varsinkin jos siihen liittyy pikalatausmahdollisuus, ei rakentune liiketaloudellisin perustein ilman yhteiskunnan tukea. Hitaan latauksen pisteen hinnaksi on arvioitu paikasta riippuen 1000 – 8000 €, nopean latauksen pisteen hinnaksi yli 20.000 €. Kaupalliset toimijat rakentavat latauspisteitä mm. kauppakeskusten pysäköintihalleihin. Esiselvitykset tarvittavan verkon kattavuuden ja muiden ominaisuuksien määrittämiseksi voitaisiin aloittaa kohtuullisen nopeasti. Selvityksissä tulisi huomioida käytetyn energian maksutavat. Ilman julkisia latausverkkoja sähköautojen käyttö on mahdollista vain niille, joilla on oma pysyvä autopaikka.

Julkisten latauspisteiden informaatiojärjestelmä

- Suomeen pitäisi nopealla aikataululla saada aikaan informaatiojärjestelmä julkisista latauspisteistä. Tällä hetkellä tietoa ei löydy kootusti mistään. Motiva Oy voisi olla sopiva "kotipesä" informaatiojärjestelmälle, koska Motiva tuottaa jo nyt autoilun ympäristövaikutuksiin liittyvää tietoa.

Varaudutaan sähköautojen tulemiseen koulutuksessa

- Sähköautojen tulemiseen tulee varautua niin korjaamoissa, katsastusasemilla kuin pelastusviranomaisten toiminnassa. Autoalan keskusjärjestö AKL on tehnyt alustavan kartoituksen Fokus 2015 –raportissaan (<http://194.157.221.15/Portals/akl/AKL-Fokus-FINAL.pdf>), ja Tampereen Electricity on järjestänyt ensimmäiset sähköajoneuvoasentajakurssinsa. Sähköautojen turvallisuuteen liittyvä ohjelma käynnistettiin LVM:n ja TUKESin toimesta syksyllä 2010.

Sähköautojen strukturoitu demonstraatio

- Suomeen pitäisi mahdollisimman nopeasti saada aikaan laaja, suuruusluokkaisesti 1000 – 2000 auton sähköautodemonstraatio. Demonstraation tulee palvella useita eri tavoitteita: sähköautoihin liittyvien toimintamallien kehitys ja verifiointi, palautte autojen todellisesta suorituskyvystä, palautetta tuotekehitykseen, palautetta autojen latauksesta ja latauksen vaikutuksista sähköverkon eri tasoihin. Demossa tarvitaan eri toimijoiden hyvää yhteistyötä, ja kuppikuntaisuus on syytä unohtaa. Demoa ei pidä pilkkoa liian pieniin osiin, koska tällöin menetetään kriittinen massa ja esim. tieto siitä, miten suurempi automäärä vaikuttaa sähköverkkoihin. Demo voitaisiin jakaa kahteen tai kolmeen kohteeseen. Yksi voisi olla pääkaupunkiseutu, yksi joku pohjoisen kaupunki, esim. Oulu tai Rovaniemi, ja yksi pienehkö maaseutupaikkakunta. Demo kohdistettaisiin ensisijaisesti yrityksiin ja julkisen sektorin toimijoihin, ei yksityishenkilöihin. Demonstraatio toteutetaan Tekesin EVE-ohjelman puitteissa.

Julkinen tuki kokeiluhankkeisiin

- Laajan kokeiluhankkeen edistämiseksi koehankkeen sähköautoille esitetään harvittavaksi hankintatukea. Jos autoja on 2000, ja tukimäärä on esimerkiksi keskimäärin 5000 €/auto, tuen kokonaisarvoksi tulee 10 miljoonaa €. Edellytys tuelle on, että auto on mukana demonstraatiohankkeessa siten, että sen toiminnasta ja käytöstä kerätään palautetietoa. Lisäksi on huolehdittava siitä, että eri toimijoita kohdellaan yhdenvertaisesti ja EU-oikeudelliset näkökohdat otetaan huomioon päätöksiä tehtäessä. Hankintatuki on hallinnollisesti ja oikeudellisesti helpompi mekanismi kuin esimerkiksi verohuojennus.

Älykkään latauksen demonstrointi

- Em. laaja sähköautodemo pitäisi toteuttaa siten, että sitä voidaan käyttää alustana myös älykkäiden latausjärjestelmien kehittämiseen ja kokeiluun. Tällöin on tarpeen selvittää latauksen vaikutukset myös kiinteistöverkkojen yläpuolella oleviin sähköverkkoihin.

Kiiruhdetaan hitaasti suurten automäärien osalta hitaasti

- Tällä hetkellä ei ole perusteita laajamittaiseen sähköautojen käyttöönottoon ja esim. tavallisille kuluttajille suunnattuihin taloudellisiin kannustimiin. Sähköautot ovat vielä hyvin kalliita, ja niiden todelliseen suorituskykyyn ja talouteen liittyy vielä kysymysmerkkejä. Mahdollisiin edistämishjelmiin voidaan ottaa kantaa esim. siinä vaiheessa, kun em. laajasta demosta on saatu kokemuksia ja kun sähköautojen hinnat ovat tasaantuneet. Aikanaan voitaisiin harkita verotuksen säätöä esim. laskemalla autoveron leikkauspistettä, joka nyt on 60 g CO₂/km, tai vaihtoehtoisesti korottamalla progressiota enemmän päästöjä aiheuttavien autojen osalta.

Kannustimet harkiten käyttöön

- Sellaisia kannustimia, jotka voisivat olla ristiriidassa joukkoliikenteen kehittämisen ja sen kilpailukyvyn kanssa tulisi välttää. Tähän ryhmään kuuluvat esim. joukkoliikennekaistojen avaaminen sähköautoille ja pysäköintietuisuuksien tarjoaminen sähköautoille kaupunkikeskustoissa. Kannustimien osalta voitaisiin suosia sellaisia toimia, jotka järkevällä tavalla linkittävät sähköautot joukkoliikennejärjestelmiin. Käytännön esimerkki voisi olla sähköautojen huomioiminen ja suosiminen liityntä-pysäköinneissä.

Julkinen sektori ja yritykset näyttämään esimerkkiä

- Julkisen sektorin pitäisi puhtaiden ja energiatehokkaiden autojen edistämistä koskevan direktiivin hengessä ottaa käyttöön sähköautoja. Sama pätee tiettyihin yrityksiin. Tuotantokäytössä olevien polttomoottoriautojen korvaaminen sähköautoilla ei lisäisi autojen määrää, vaan saisi aikaan aidon siirtymisen polttomoottoriautoista sähköön. Tuotantokäytössä olevien autojen käyttö on helpommin suunniteltavissa ja ennakoitavissa yksityisautoihin verrattuna. Tuotantokäytössä olevien sähköautojen teknologiariskit kohdistuvat yhteisöihin ja yrityksiin, ei yksittäiseen kuluttajaan.

Kuluttajille mahdollisuus kokeilla sähköautoja

- Perustetaan julkisen rahoituksen turvin joukko sähköautojen lainauspisteitä, joista yksityiset kuluttajat ja myös yritykset voivat edullisesti vuokrata käyttöönsä sähköautoja tutustumista ja arviointia varten esim. viikon jaksoksi.

Suomi-vaatimukset sähköautoille

- Englannissa sähköautojen rahallisen tuen ehdoksi on asetettu tiettyjä suorituskyky- ja turvallisuusvaatimuksia. Suomen osalta voitaisiin harkita vastaavan tyyppistä menettelyä, erityisesti Suomen talvioloja ajatellen. Suomessa autot tulisi varustaa polttoainetoimisilla lämmittimillä. Esim. venepuolelta löytyy hyviä esimerkkejä sprillä (etanolilla) toimivista lämmittimistä. Kotimaisessa Elcat sähköautossa oli aikanaan biodieselkäyttöinen lämmitin. Sähköautojen toimintamatka määritetään noin +23 oC lämpötilassa, joten tulos ei ole mitenkään edustava Suomen talvessa. Ruotsi ja Suomi tekivät aikanaan yhteistyötä polttomoottoriautojen kylmätestauksessa, ja osittain tämän työn ansiosta eurooppalaiseen pakokaasulainsäädäntöön sisältyy -7 oC lämpötilassa tehtävä pakokaasukoe. Nyt onkin käynnistymässä yhteispohjoismainen hanke, RekkEViDde, jossa mm. tutkitaan sähköauto-

jen toimintaa kylmässä. Tavoitteena voisi olla sähköautojen kylmätestauksen sisällyttäminen normeihin ja suorituskykykriteereihin.

Valtionhallinnon yhteistyö sähköautoasioissa

- Työ- ja elinkeinoministeriön "Sähköajoneuvot Suomessa" –työryhmässä oli mukana sähköautojen käyttöönoton kannalta kolme keskeistä ministeriötä: TEM, liikenne- ja viestintäministeriö sekä valtiovarainministeriö. Valtionhallinnon yhteistyötä sähköautoasioissa tulisi jatkaa. Em. ministeriöiden lisäksi sähköautojen seurantar ryhmään tulisi kutsua ainakin kaavoituksesta ja rakentamismääräyksistä vastaava ympäristöministeriö, Liikennevirasto, liikenteen turvallisuusvirasto TraFi ja Tekes. Tämän ryhmän osalta työn painopiste olisi liikennepolitiikassa, sähköautojen käytön mahdollistavassa infrastruktuurissa ja sähköautojen käyttöönotossa. Liiketoiminnan kehittämistä jatkettaisiin edelleen akselilla TEM – Tekes –Finpro.

Alkusanat

Liikenne- ja viestintäministeriö päätti huhtikuussa 2010 teettää selvityksen, jonka tavoitteena on toimia pohjana sähköautojen hankintaa ja käyttöä sekä uuden teknologian edistämistä sekä liikennejärjestelmätason varautumista koskevia päätöksiä varten.

Toimeksiannon mukaan selvityksen tulisi käsitellä mm. seuraavia osa-alueita:

- kansainvälisen kehityksen arviointi lyhyellä ja pitkällä aikavälillä
- julkishallinnon toimet edelläkävijänä sähköautojen käyttöönottamiseksi
- sähköautojen käyttöön tarvittava infrastruktuuri
- sähköautojen käyttöönoton vaikutukset energian kulutukseen ja käyttöön, kasvihuonekaasupäästöihin, liikenteen sujuvuuteen sekä turvallisuuteen
- sähköautot liikennepolitiikan näkökulmasta ja osana toimivaa liikennejärjestelmää

Liiketoiminnan edellytysten luominen rajattiin selvityksen ulkopuolella, koska liiketoimintamahdollisuuksia on selvitetty mm. työ- ja elinkeinoministeriön, Tekesin ja Finpron toimesta.

Selvityksen on laatinut VTT:n tutkimusprofessori Nils-Olof Nylund. VTT:n sisällä noin 10 oman alansa asiantuntijaa, joukossa Juhani Laurikko, Jukka Nuottimäki, Mikko Pihlatie ja Seppo Hänninen, ovat antaneet oman panoksensa selvitykseen. Työn aikana on haastateltu mm. seuraavia tahoja: liikenne- ja viestintäministeriö, valtiovarainministeriö, Tekes, Amperi, Eera, Ensto, European Batteries, Espoon kaupunki, Fortum, Helsingin Energia, Helsingin kaupunki ja Helsingin seudun liikenne.

Tommi Mutanen (AuTom Consulting) on koostanut taustadataa sähköautojen tarjonnasta ja käynnissä olevista kotimaisista sähköautohankkeista. Mm. Green Net Finlandin Arto Haakana ja Metropolia ammattikorkeakoulun Sami Ruotsalainen ovat kommentoineet raportin tekstejä.

Raportin laatija haluaa kiittää kaikkia myötävaikuttaneita tahoja ja henkilöitä.

Espoo 31.1.2011

Nils-Olof Nylund

Sisällysluettelo

Laajennettu tiivistelmä	4
Alkusanat	17
Sisällysluettelo	18
Symboliluettelo	21
Johdanto ja taustat	23
1. Johdanto ja toimeksiannon määrittely	24
2. Vaikuttimet sähköautojen edistämiseen	28
2.1 Yleistä.....	28
2.2 Liikenteen öljyriippuvuus ja energiapohjan laajentaminen	28
2.3 Liikenteen hiilidioksidipäästöjen alentaminen	30
2.4 Sähköautojen energiatehokkuus.....	31
2.5 Lähipäästöt ja melu	32
3. Kehitykseen vaikuttavat määräykset ja linjaukset	33
3.1 Maailman taso	33
3.2 Euroopan unioni	34
3.3 Suomi	38
Sähköautoihin liittyvä tekniikka ja sähköautojen suorituskyky	41
4. Sähköautojen määritelmät ja tekniikka.....	42
4.1 Määritelmät	42
4.2 Täyssähköauton rakenne.....	42
4.3 Teknologiavaihtoehdot sähkön hyödyntämiseksi autoissa	47
5. Akkujen kehitystilanne	53
5.1 Yleistä.....	53
5.2 Akkutyypit.....	54
5.3 Litiumioniakut.....	56
5.3.1 Yleistä.....	56
5.3.2 Litiumioniakkujen kemia.....	57
5.3.3 Mekaaninen rakenne	60
5.3.4 Akkujen apujärjestelmät.....	62
5.4 Akkujen lataus ja purku	63
5.5 Vaihdeettavat akustot.....	64
5.6 Akkujärjestelmien tunnuslukuja	66
5.7 Autonvalmistajien akkuvalinnat.....	66
5.8 Akkujen hinta, kestoikä ja kehitysnäkymät	66
5.8.1 Yleistä.....	66
5.8.2 Hinta ja suorituskyky	67
5.8.3 Akkujen kestävyys.....	70
6. Sähköautojen lataus ja sähköautojen vaikutukset sähköverkkoon	73
6.1 Yleistä.....	73
6.2 Lataus ajoneuvon kannalta.....	74
6.2.1 Johdolla tapahtuva lataus	74
6.2.2 Vaihtoehtoiset lataustavat	82
6.3 Vaikutukset sähköverkkoon ja älykkäät sähköverkot.....	83
7. Sähköautojen standardointi ja turvallisuus	89
7.1 Yleistä.....	89
7.2 Ajoneuvoteknillinen standardisointi.....	89
7.3 Sähkötekniillisen standardisoinnin organisointi.....	90
7.4 Sähköturvallisuus, yhteensopivuus ja mitoitus	91
7.5 Yleisiä turvallisuuskäsitteitä	93

7.5.1 Kolariturvallisuus.....	93
7.5.2 Huurteenpoisto.....	93
7.5.3 Riittävä suorituskyky.....	93
7.5.4 Havaittavuus.....	94
7.5.5 Viranomaistoiminta.....	94
8. Sähköautojen energian kulutus ja ympäristövaikutukset.....	95
8.1 Yleistä.....	95
8.2 Energian kulutus ja toimintamatka.....	98
8.3 Ympäristövaikutukset.....	102
9. Sähköautojen toiminta kylmässä.....	106
9.1 Yleistä.....	106
9.2 Esimerkkejä kylmän vaikutuksesta sähköautojen suorituskykyyn.....	107
Sähköautojen tarjonta, markkinoille tulo ja kuluttajien odotukset.....	110
10. Sähköautojen tarjonta.....	111
10.1 Yleistä.....	111
10.2 Täyssähköautot.....	113
10.3 "Kaksineuvoiset" autot (sähkö ja polttomoottori, EREV ja PHEV).....	126
11. Projektioita sähköautojen yleistymisestä.....	129
12. Edistämiskeinot ja kehitysohjelmat.....	135
12.1 Yleistä.....	135
12.2 Sähköautoilun edistämiseen käytetyt keinot.....	135
12.3 Maakohtaiset kehitysohjelmat.....	137
12.3.1 Yleistä.....	137
12.3.2 Kiina.....	138
12.3.3 USA.....	139
12.3.4 Japani.....	139
12.3.5 Saksa.....	140
12.3.6 Ranska.....	141
12.3.7 Englanti.....	141
12.3.8 Ruotsi.....	143
12.3.9 Norja.....	143
12.3.10 Tanska.....	144
13. Sähköautot kuluttajan näkökulmasta.....	146
13.1 Yleistä.....	146
13.2 Pikalatauksen merkitys.....	147
13.3 Mini E User Study.....	149
13.4 IEA HEV Market Deployment of Electric Vehicles.....	152
Sähköautot Suomessa – mahdollisuudet ja haasteet.....	155
14. Suomen autokanta ja autojen käyttö.....	156
14.1 Yleistä.....	156
14.2 Suomen autokanta ja henkilöautojen valinnan kriteerit.....	156
14.3 Sähköautojen lukumäärän mahdollinen kehitys.....	160
14.4 Liikennepolttoaineiden kulutus ja ajoneuvojen suoritteet.....	162
14.5 Sähköautojen toimintamatkan riittävyys.....	165
15. Sähköautoihin liittyvät selvitys- ja kehityshankkeet.....	169
15.1 Yleistä.....	169
15.2 TEM:in selvitys "Sähköajoneuvot Suomessa".....	169
15.3 SWOT selvitys sähköajoneuvoklusterin liiketoimintamahdollisuuksista.....	170
15.4 Tekesin "Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät" –ohjelma (EVE).....	172
15.5 Finpron selvitykset.....	174
15.6 Muut hankkeet ja aloitteet.....	175
15.6.1 Espoo.....	175

15.6.2 Helsinki	176
15.6.3 Vantaa.....	177
15.6.4 Helsingin seudun joukkoliikennestrategia	179
15.6.5 Pääkaupunkiseudun EVAG sähköautodemo.....	180
15.6.6 Tampere	181
16. Sähköautojen vaikutukset sähkön kysyntään, sähköverkkoon ja muuhun infrastruktuuriin	182
16.1 Yleistä.....	182
16.2 Suomen sähkön kulutus ja sähkön tuotanto.....	182
16.3 Sähköautojen tarvitsema energiamäärä	183
16.4 Sähköverkko.....	185
16.5 Autolämmityspistorasioiden käyttö sähköautojen latauksessa	187
16.6 Fortumin suositus varautumisesta sähköautojen hitaaseen lataukseen	188
17. Sähköautojen ilmastovaikutukset Suomen osalta	190
18. Sähköautojen verokohtelu ja sähköautojen kustannukset.....	194
18.1 Yleistä.....	194
18.2 Suomen autoihin liittyvä verojärjestelmä	195
18.2.1 Yleistä	195
18.2.2 Autovero.....	195
18.2.3 Ajoneuvovero	196
18.2.4 Uusi energia- ja käyttövoimaverojärjestelmä	196
18.2.5 Verokertymät eri tekniikkaa edustavista autoista	198
18.3 Kokonaiskustannusten tarkastelu	200
18.4 Vältetyn CO ₂ -tonnin hinta	201
19. Sähköautot liikennepolitiikan näkökulmasta.....	203
19.1 Yleistä.....	203
19.2 Sähköautojen käytettävyys ja vaikutukset liikennesuoritteisiin	205
19.3 Lähipäästöt ja melu	208
19.4 Turvallisuus	209
20. Yhteenveto.....	211
21. Johtopäätökset ja suositukset.....	217
22. Lähdeluettelo.....	222

LIITE A: Sähköautojen tarjonta

LIITE B: Kotimaiset sähköautohankkeet

Symboliluettelo

W	Tehon yksikkö, Watti (W)
Wh	Energian yksikkö, wattitunti vastaa watin tehoa tunnin ajan
Wh/kg	Energian varastointikyky, wattituntia kilogrammaa kohden
W/kg	Tehon luovutuskyky tai tehotiheys, wattia kilogrammaa kohden
C	Akun virransietokyky lataus- ja purkaustilanteessa. C-arvon ollessa 1 akku voidaan ladataan tai purkaa yhdessä tunnissa
BMS	Battery management system, akun hallintajärjestelmä
LCO	Litium-koboltti
LFP	Litium-rautafosfaatti
LMO	Litium-mangaani
LTO	Litium-titanaatti
NCA	Litium-nikkeli-koboltti-alumiini
NiCd	Nikkeli-kadmium
NiHM	Nikkeli-metallihydridi
Mtoe	Miljoona öljykvivalenttonnia, energiamittayksikkö. Vastaa energiamäärää joka vapautuu poltettaessa miljoona tonnia öljyä
CO ₂	Hiilidioksidi
IEA	International Energy Agency
Barrel	Tilavuusyksikkö, 1 barreli on noin 159 litraa
USD	Rahayksikkö, Yhdysvaltain dollari
OPEC	Öljyntuottajamaiden yhteistyöorganisaatio, Organization of the Petroleum Exporting Countries
Tank-to-wheel	Ketju ajoneuvon energiavarastosta tienpintaan
Well-to-tank	Ketju energian alkulähteeltä ajoneuvon energiavarastoon
Well-to-wheel	Ketju energian alkulähteeltä tienpintaan
CDM	Clean development mechanism, Kioton sopimuksessa määritelty puhtaan kehityksen mekanismi
PPP	Public-private-partnership, ajallisesti rajattu julkisen ja yksityisen toimijan välinen sopimus, jonka puitteissa kehitetään tai hankintaan käyttöön hyödyke jakaen toimintaan liittyvät tulot, riskit ja kustannukset
RES-direktiivi	Euroopan Unionin uusiutuvan energian direktiivi 2009/28/EY, jonka tavoitteena on nostaa uusiutuvan energian osuus 20 %:iin energian loppukulutuksesta EU:ssa vuoteen 2020 mennessä (yleinen tavoite). Suomen osalta tavoite on 38 %. Liikenteen osalta EU tavoite on 10 % uusiutuvaa energiaa v. 2020.
BEV	Battery Electric Vehicle, verkosta ladattava täyssähköauto
PHEV	Plug-in-Hybrid Vehicle, verkosta ladattava ajoneuvo, joka voi käyttää voimanlähteenään sähkö- tai polttomoottoria tai molempia yhdessä
HEV	Hybrid Electric Vehicle, poltto- ja sähkömoottoria rinnan tai sarjassa käytävä ajoneuvo, joka ei ole sähköverkosta ladattavissa
EREV	Extended Range Electric Vehicle, verkosta ladattava sähköauto, jonka toimintasädetä on kasvatettu generaattoria pyörittävällä polttomoottorilla
EV	Electric Vehicle, tarkoitetaan yleensä täyssähköautoa
FCEV, FCV	Fuel Cell Electric Vehicle, Fuel Cell Vehicle, eli polttokennoauto

AC	Alternating current, vaihtovirta on sähkövirtaa, jonka suunta vaihtelee ajan funktiona
DC	Direct current, tasavirta on sähkövirtaa, jonka suunta ei vaihtele
rpm	Revolutions per Minute, kierrosnopeuden yksikkö kierrosta minuutissa
EUROBAT	Association of European Automotive and Industrial Battery Manufacturers, Eurooppalaisten auto- ja teollisuusakkujen valmistajien järjestö
USABC	US Advanced Battery Consortium, Yhdysvaltain akkuteollisuuden yhteenliittymä
CHAdEMO	CHArge de MOve, Japanilainen sähköautojen pikalatauksen edistämisen ja standardoinnin järjestö
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuista etätunnistusta käyttävä menetelmä tiedon etälukuun ja tallentamiseen
V2G	Vehicle-to-grid, energian syöttö ajoneuvon akusta sähköverkkoon
NEDC	New European Driving Cycle, Euroopassa autojen tyyppi hyväksynnässä käytettävä testisykli
ECE15	NEDC –testisyklin kaupunkiajo-osio
EUDC	Extra Urban Driving Cycle, NEDC –testisyklin maantieajo-osio
L6e	Kevyt nelipyörä – ajoneuvoluokan ajoneuvo, kuormittamaton massa ilman akkuja enintään 350 kg, suurin nopeus 45 km/h, nettoteho enintään 4 kW
L7e	Nelipyörä – ajoneuvoluokan ajoneuvo, kuormittamaton massa ilman akkuja enintään 400 kg tai tavarankuljetusajoneuvon osalta 550 kg, nettoteho enintään 15 kW
M1	Henkilöauto – ajoneuvoluokan ajoneuvo, jossa on kuljettajan lisäksi tilaa enintään kahdeksalle henkilölle.
ÖKL	Öljyalan Keskusliitto
HLT	Henkilöliikennetutkimus
M	Kerrannaisyksikkö, mega. Miljoona (1 000 000) kertaa suure
G	Kerrannaisyksikkö, giga. Miljardi (1 000 000 000) kertaa suure
T	Kerrannaisyksikkö, tera. Biljoona (1 000 000 000 000) kertaa suure
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
LVM	Liikenne- ja viestintäministeriö
VM	Valtiovarainministeriö
ILPO	Liikenne- ja viestintäministeriön ilmastopoliittinen ohjelma
TUSE	Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko
TN-C-järjestelmä	Sähköverkko, jossa on yhdistetty nolla- ja suojamaajohdin
TN-S-järjestelmä	Sähköverkko, jossa käytetään erillistä suojajohdinta ja nollajohdinta koko järjestelmässä
LIISA	VTT:n laskentajärjestelmä tieliikenteen päästöjen ja polttoaineenkulutuksen laskemiseen
JRC	Joint Research Centre, EU:n Yhteinen tutkimuskeskus
HLJ	Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma
HSL	Helsingin seudun liikenne

Johdanto ja taustat

1. Johdanto ja toimeksiannon määrittely

- Edellytykset sähköautojen laajamittaiselle tulemiselle ovat paremmat kuin aikaisemmin.
- Akkutekniikassa on tapahtunut edistystä ja suuret autonvalmistajat ovat tuomassa sähköautoja sarjatuotantoon.
- Eräät skeptikot väittävät kuitenkin että sähköautot ovat yksi kupla muiden joukossa.
- Pitkän aikaväin ilmastotavoitteiden saavuttaminen ja liikenteen öljyriippuvuuden vähentäminen edellyttävät varmuudella sähköautojen käyttöönottoa.
- Sähköautojen tulon on syytä varautua jo nyt mm. infrastruktuurin suunnittelun osalta.
- Täyssähköautojen suurimmat haasteet tällä hetkellä ovat korkea hinta, lyhyt toimintamatra ja toimivuus kylmissä olosuhteissa.
- Nopeat toimijat maksavat sähköautojen markkinoille tuonnista korkean hinnan.
- Käsillä oleva raportti luo katsauksen sähköautojen kehitystilanteeseen, kehitysnäkymiin ja siihen, mikä asema sähköautoilla voisi olla suomalaisessa liikennejärjestelmässä.

Sähköautoihin on säännöllisen väliajoin kohdistunut huomattavaa mielenkiintoa. Autoilun alkuaikoina 1800-luvun lopussa ja 1900-luvun alussa sähköautot kilpailivat menestyksekkäästi polttomoottoriautojen kanssa. On sanottu, että sähkökäynnistimen tuominen polttomoottoriautoihin vuonna 1912 käänsi tilanteen polttomoottoriauton hyväksi (Advanced Automotive Batteries 2010).

Edellinen sähköautohuuma ajoittui 90-luvulle, jolloin Kaliforniaan suunniteltiin nollapäästöisten autojen (ZEV= Zero Emission Vehicle) velvoitetta. Vuonna 1990 säädetyssä määräyksen mukaan vuonna 1998 2 % uusista autoista olisi pitänyt olla nollapäästöautoja (Electric Auto Association). Kaliforniassa sähköautojen edistäminen perustui ilmanlaatuongelmiin ja haluun vähentää paikallisesti haitallisia päästöjä. General Motors (GM) rakensi Kaliforniaa varten varta vasten sähkökäyttöiseksi suunnitellun EV1-mallinsa, jota valmistettiin yhteensä noin 1100 kappaletta vuosina 1996 – 1999 (Green Car 2008). Muut tarjolla olleet sähköautot perustuivat käytännössä muunnettuihin polttomoottoriautoihin. Myös Euroopassa oli kiinnostusta sähköautoihin. Suomessakin tehtiin Elcat-muunnossähköautoja pienen Subaru pakettiauton pohjalle (Elcat). Elcat-autoja valmistui yhteensä 249 kappaletta.

2010-luvun alussa kiinnostus sähköautoihin on taas kova, jopa niin kova, että tietyt tahot puhuvat sähköauto-hypestä. Aivan kaikki tahot eivät usko sähköautojen nopeaan tulemiseen. Edellytykset sähköautojen laajamittaiselle tulemiselle ovat kuitenkin nyt paremmat kuin kertaakaan aikaisemmin. Vaikuttavina tekijöinä voidaan luetella mm.:

Tekniikka:

- akkutekniikan/tuotannon kehittyminen kannettavien laitteiden myötä, akkujen ominaisenergia (Wh/kg) on 3-4 -kertaistunut 90-luvulta
- informaatiotekniikan kehittyminen (vaikuttaa niin sähköautojen käyttöön kuin älykkäisiin latausjärjestelmiin)
- suurien autonvalmistajien panostus massamarkkinoille suunnattuihin, varta vasten sähköautoiksi suunniteltuihin malleihin

Politiikka:

- strategiat ja päätökset liikenteen hiilidioksidipäästöjen ja lähipäästöjen vähentämiseksi
- liikenteen öljyriippuvuuden vähentäminen
- sähköautoihin kohdistuvan kehitystyön käyttö autoteollisuuden elvytyskeinona
- eri maiden kansalliset tukitoimet sähköautojen markkinoille tuomiseksi

Sähköautojen tarjonta on lähdössä kunnolla käyntiin 2011 – 2012, ja tarjolla tulee olemaan kymmeniä malleja. Pelkkä tarjonnan syntyminen ei kuitenkaan takaa sähköautojen läpilyöntiä. Alkuvaiheessa akkusähköauton hinta tulee olemaan suuruusluokkaisesti kolminkertainen vastaavaan polttomootoriautoon verrattuna. Akkusähköauton toimintamatka on tyypillisesti 100 – 150 km, joten sähköauto ei suinkaan pysty korvaamaan polttomootoriautoa kaikissa sovelluskohteissa. Auton sähköistäminen nähdään usein vain moottorin vaihtamisena ja akkujen lisäämisenä nykyisen kaltaisiin autoihin. Esim. pyörämoottoriratkaisut tuovat uusia mahdollisuuksia sähköautojen muotoiluun ja tilankäyttöön.

Sähköautojen ilmastovaikutukset riippuvat ensisijaisesti autoissa käytetyn sähkön tuotantotavasta ja sähköautojen penetraatiosta ajoneuvokannassa. Sähköautojen vastustajat väittävät usein, että sähköautojen tarvitsema sähkö tuotetaan hiililauhteella, sähköautojen puolestapuhujat taas, että sähköautoissa tullaan käyttämään uusiutuvaa sähköä. Keskimääräisellä suomalaisella sähkön tuotannon rakenteella sähköautot alentavat hiilidioksidipäästöjä merkittävästi polttomootoriautoihin verrattuna. Edellyttäen, että sähköautojen lataus ohjataan järkevästi, Suomen sähköntuotantorakenteeseen mahtuu kymmeniä tuhansia, jopa satoja tuhansia sähköautoja ilman lisäkapasiteetin tarvetta.

Yleinen näkemys on, että sähköautojen osuus uusien autojen myynnistä vuonna 2020 on tasolla 10 %. Koska tarjonta on vasta käynnistymässä, sähköautojen osuus autokannasta ja ajosuoritteista on vuonna 2020 vielä vaatimaton, eikä sähköautojen käyttöönotolla ehditä juurikaan vaikuttaa vuoden 2020 ilmastotavoitteisiin. Eri yhteyksissä on esitetty tavoitteeksi liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen 80 % vuoteen 2050 mennessä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi vaaditaan ilman muuta henkilöautokaluston sähköistämistä ja hiilineutraalin sähkön tuotannon lisäämistä.

Sähköautojen latauksen vaatiman infrastruktuurin osalta pohjoismaat, ehkä Tanskaa lukuun ottamatta, ovat hyvässä asemassa, koska sähköautojen hitaaseen lataukseen voidaan alkuvaiheessa pienin modifikaatioin käyttää olemassa olevia lohkolämmitinpistorasioita ja –tolppia. Laajamittainen sähköautojen käyttöönotto ja tasapuolinen sähköautojen käytön mahdollistaminen edellyttävät kuitenkin julkisen latausjärjestelmän rakentamista, mukaan lukien tietty määrä ns. pikalatausasemia. Sähköautojen lataukseen tarvitaan älykästä ohjausta, muuten sähköautot lisäävät sähköverkon kuormituspiikkejä.

Älykäs liikennejärjestelmä ei edellytä sähköautojen käyttöönottoa, mutta sähköautot puolestaan tarvitsevat tuekseen älykkäitä järjestelmiä, jotta sähköauton käyttäjä saa tarvitsemansa tiedot sähköauton optimaalisesta käyttötavasta, todellisesta toimintamatkasta ja käytettävissä olevista latauspisteistä. Lataukseen tarvitaan älykkäitä laskutusjärjestelmiä, esim. matkapuhelimista tuttuja roaming-järjestelmiä, joilla laskutukset voidaan kohdistaa oikeisiin osoitteisiin.

Yhdyskuntarakenteen muokkaaminen ja rakentaminen, niin uustuotanto kuin korjausrakentaminen, ovat pitkäjänteistä toimintaa. Tänä vuonna valmistuva rakennus on hyvin suurella todennäköisyydellä käytössä vuonna 2050, jolloin sähköautojen pitäisi dominoida henkilöautomarkkinoita. Tästä syystä varautuminen sähköautojen tulemiseen tulisi käynnistää jo nyt. Esim. kaapelointeihin varautuminen on suhteellisen halpaa rakennusvaiheessa.

Maailmalta löytyy lukuisia esimerkkejä erilaisista sähköautojen niin taloudellista kuin liikennepoliittisista edistämiskeinoista. Huonoimmasta päästä ovat ne keinot, jotka ovat ristiriidassa joukkoliikenteen edistämisen kanssa (Glötz-Richter 2010). Joukkoliikennekaistojen avaaminen sähköautoille ja ilmaisen pysäköinnin tarjoaminen saattavat jopa lisätä henkilöautojen määrää ja vähentää joukkoliikenteen käyttöä. Alussa sähköautojen suorituskyvyn ollessa toimintamatkan osalta vaatimaton, sähköauto on perheikäytössä lähinnä kakkosauto. Maissa, joissa sähköautojen hankintaa tuetaan voimallisesti, on useimmiten vahvaa omaa autoteollisuutta, jolloin tuet ainakin osittain hyödyntävät paikallista autoteollisuutta.

Tämän liikenne- ja viestintäministeriön tilaaman selvityksen tehtävänä on tarkastella sähköautoja Suomessa liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta. Sähköajoneuvoihin liittyviä liiketoimintamahdollisuuksia on tarkasteltu mm. Työ- ja elinkeinoministeriön, teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskuksen Tekesin ja Finpron toimesta. Niinpä suomalaisten yritysten liiketoimintamahdollisuudet on rajattu tämän raportin ulkopuolelle.

Perusedellytys sille, että sähköautoilla olisi merkitystä liikenne- ja ilmastopolitiikan kannalta on, että sähköautoja saadaan liikenteeseen. Koska sähköautot ainakin aluksi ovat kalliita, tarvitaan jonkinlaisia kannustimia sähköautojen käytön mahdollistamiseksi.

Käsillä olevassa raportissa on neljä osaa:

- yleismaailmalliset vaikuttimet sähköautojen käyttöönottoon sekä kehitystä ohjaavat määräykset ja linjaukset
- sähköautojen tekniikka ja suorituskyky, ml. sähköautojen latauksen tekniikka
- sähköautojen tarjonta, markkinoille tulo ja kuluttajien odotukset
- sähköautot Suomessa, haasteet ja mahdollisuudet

Tekniikkaosuudessa akkuja on käsitelty varsin laajasti. Akku on täyssähköauton keskeisin ja kallein komponentti, ja suurimmat kehityspaineet liittyvän nimenomaan akkuihin.

Raportti pyrkii vastaamaan mm. seuraaviin kysymyksiin:

- miksi sähköautoja halutaan edistää?
- mikä on sähköautojen tekniikan nykytaso ja kehitysnäkymät?
- minkälaisia autoja on tulossa markkinoille ja mihin hintaan?
- mitä kuluttajat odottavat sähköautoilta ja miten sähköautot vastaavat kuluttajien tarpeisiin?
- miten eri maissa tuetaan sähköautojen käyttöönottoa?
- miten sähköautot voisivat toimia liikennejärjestelmän osana Suomessa?
- miten Suomessa pitäisi varautua sähköautojen tulemiseen?
- minkälaiset sähköautojen edistämistoimenpiteet saattaisivat sopia Suomeen?

Täyssähköauto ei vielä tänä päivänä tavallisen kuluttajan näkökulmasta ole kilpailukykyinen polttomoottoriauton kanssa. Tärkeimmät ongelmat ja haasteet tällä hetkellä ovat tiivistetysti:

- lyhyt toimintamatka (100 – 150 km)
- korkea hinta (suuruusluokkaisesti 2 – 3 -kertainen vastaavaan polttomoottoriautoon nähden)
- sähköauton toiminta ja lämmitys kylmissä olosuhteissa lyhentävät toimintamatkaa entisestään
- sähköauton käyttö edellyttää omaa pistorasialla varustettua pysäköintipaikkaa
- julkinen latausverkosto on olematon
- pikalatauksen standardointi on vielä osittain kesken

2. Vaikuttimet sähköautojen edistämiseen

- Sähköautoja halutaan edistää monista eri syistä.
- Taustalla voi olla esim. energiapolitiikka, ilmastopolitiikka ja teollisuuspolitiikka.
- Jos liikenteen CO₂-päästöjä halutaan leikata 80 % vuoteen 2050 mennessä, sähköautoja tarvitaan varmasti.
- Sähköajoneuvot mahdollistavat laajan primäärienergian kirjon, mukaan lukien erilaiset uusiutuvan energian muodot, hyödyntämisen liikenteessä
- Sähköautot mahdollistavat kestäväen kehityksen mukaiseen hiilineutraaliin liikennejärjestelmään uusiutuvaa energiaa käytettäessä
- Sähköautot mahdollistavat energiatehokkuuden parantamisen.
- Sähköautot vähentävät ihmisille haitallisia paikallisia ilmansaasteita ja aiheuttavat vähemmän melua kuin polttomoottoriautot.
- Sähköautot nähdään mahdollisuutena uudistaa ja elvyttää autoteollisuutta.

2.1 Yleistä

Autojen sähköistäminen kiinnostaa useasta eri syystä. Kampman et al. (2010) luettelevat seuraavat vaikuttimet siirtymiseen polttomoottorikäyttöisistä autoista sähköautoihin:

- sähköajoneuvot mahdollistavat laajan primäärienergian kirjon, mukaan lukien erilaiset uusiutuvan energian muodot, hyödyntämisen liikenteessä
- mahdollisuus kestäväen kehityksen mukaiseen hiilineutraaliin liikennejärjestelmään uusiutuvaa energiaa käytettäessä
- mahdollisuus energiatehokkuuden parantamiseen
- vähemmän ilmansaasteita tai jopa ilmansaasteiden eliminointi (sähkön tuotantotavasta riippuen) ja sähköautojen polttomoottoriautoja alhaisempi melutaso

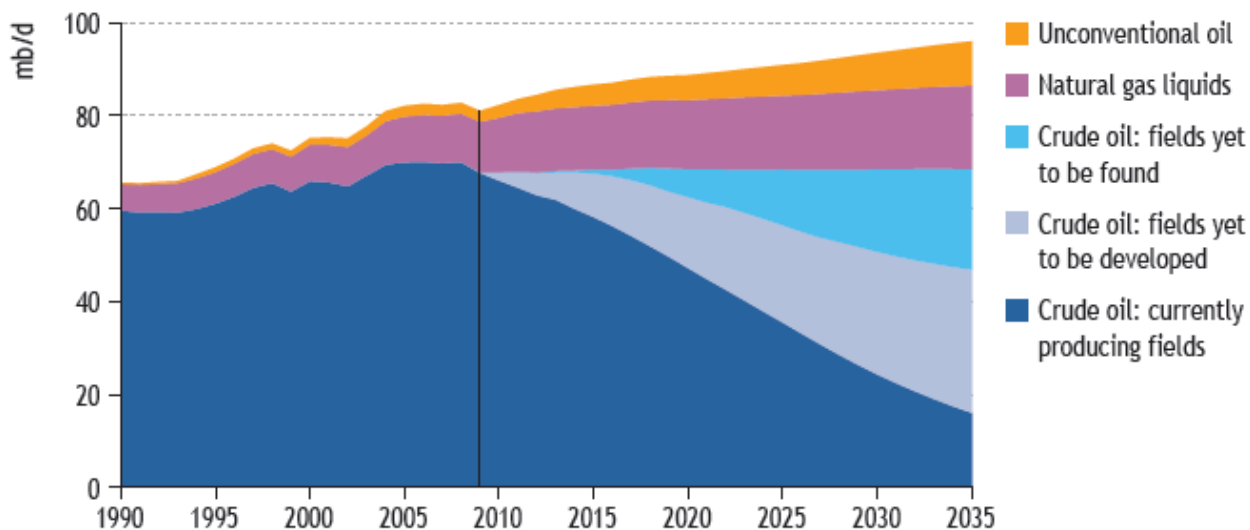
Luetteloon voi myös lisätä mm. sähköautojen polttomoottoriautoja yksinkertaisemman rakenteen. Pyörämoottoreihin siirtyminen mahdollistaisi uusia vapausasteita autojen suunnittelussa ja tilankäytössä.

2.2 Liikenteen öljyriippuvuus ja energiapohjan laajentaminen

Kansainvälisen energijärjestön IEA:n mukaan liikenteessä käytetty energiamäärä vuonna 2009 oli noin 2300 Mtoe. Tästä tieliikenteen osuus oli noin 1700 Mtoe. IEA:n mukaan maailman tasolla öljyn osuus tieliikenteen energiasta oli noin 95 %. Muu osuus jakautuu melko tasan biopolttoaineiden ja kaasumaisten polttoaineiden (maa- ja nestekaasu) välille. Sähkö ei vielä näy tieliikenteen luvuissa. (WEO 2010).

IEA:n perusskenaariossa ("Current Policy Scenario") kasvavat liikennemäärät ensisijaisesti Kiinassa ja muissa kehittyvissä Aasian talouksissa lisäävät öljyn kysyntää liikennesektorilla ainakin vuoteen 2035 asti.. IEA:n "New Policies Scenario" –projektiossa öljyn kulutuksen kasvu on varsin maltillista. Tässäkin skenaariossa tarjonnan ja kysynnän välille syntyy epätasapainoa, koska perinteinen öljyntuotanto vaikeutuu. "New Policies Scenario" –projektiossakin nyt tuotannossa olevat öljykentät kattavat vain noin 15 % vuoden 2035 kysynnästä (kuva 2.1). Muu osuus joudutaan kattamaan ottamalla käyttöön

uusia öljykenttiä, tehostamaan öljynetsintää sekä lisäämällä maakaasukondensaatteihin, öljyhiekkaan ja jopa kivihiileen perustuvan öljyn tuotantoa.



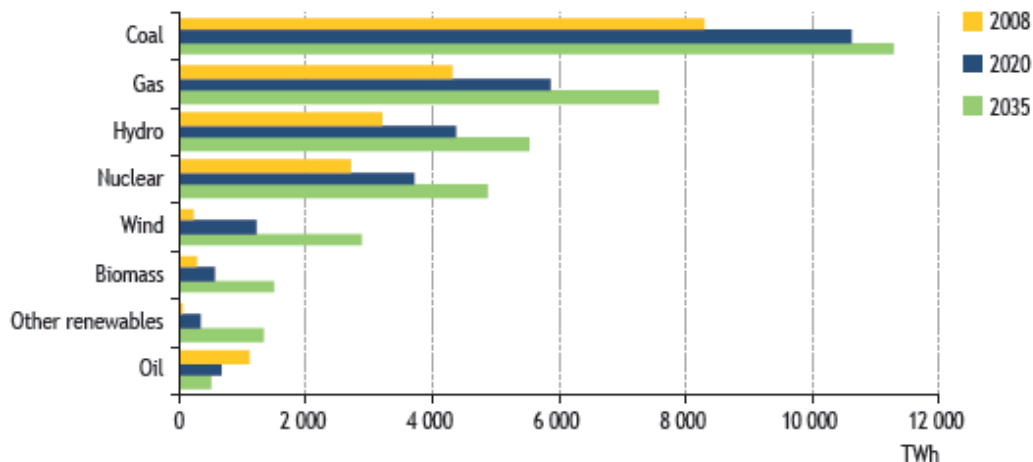
Kuva 2.1. Öljyn lähteet vuoteen 2035. (WEO 2010)

Ennustetusta kehityksestä syntyy väkisin huolta öljyn riittävyydestä ja hintakehityksestä. Yhdysvaltain energiaministeriön alainen U.S. Energy Information Administration (EIA) tekee IEA:n tapaan projektioita kansainvälisistä energianäkymistä. Kuvassa 2.2 on EIA:n projektioita öljyn hintakehityksestä. Referenssiskenaariossa öljyn hinta on 133 USD/barrel vuonna 2035. Epätodennäköinen halvan öljyn skenaario perustuu siihen että Venäjä, Kaspianmeren alue ja OPEC pystyvät lisäämään öljyn tuotantoa merkittävästi. Kalliin öljyn skenaario taas perustuu siihen, että OPEC rajoittaa tuotantomääriä merkittävästi nykyisistä (IEO 2010). Tammikuussa 2011 raakaöljyn hinta on jo tasolla 100 USD/barrel.

Sähköä tuotetaan jo nyt useista primäärienergian lähteistä. Öljyn osuus sähköntuotannossa on maailman tasolla pieni, ja osuuden oletetaan edelleen vähentyvän. Kuvassa 2.3 on eri primäärienergian lähteistä tuotetun sähkön määrät vuonna 2008 sekä projektiot vuosille 2020 ja 2035. Projektiot ovat IEA:n "New Policies" –skenaariolle. Öljy on ainoa energianlähde, jonka osuus pienenee, ja suhteellisesti eniten kasvavat tuulivoima, biomassasta tuotettu sähkö ja muu uusiutuva sähkö (WEO 2010). Siirtyminen liikenteessä öljystä sähköön ei kuitenkaan automaattisesti alenna hiilidioksidipäästöjä. Kuvasta 2.3 nähdään, että nyt ja tulevaisuudessa hiili on tärkein sähkön tuotantolähde. Sähköntuotannon rakenteen ja sähköautojen hiilidioksidipäästöjen välistä yhteyttä tarkastellaan luvussa 8.



Kuva 2.2. Yhdysvaltain energiaministeriön ennusteita öljyn hintakehityksestä. (IEO 2010)



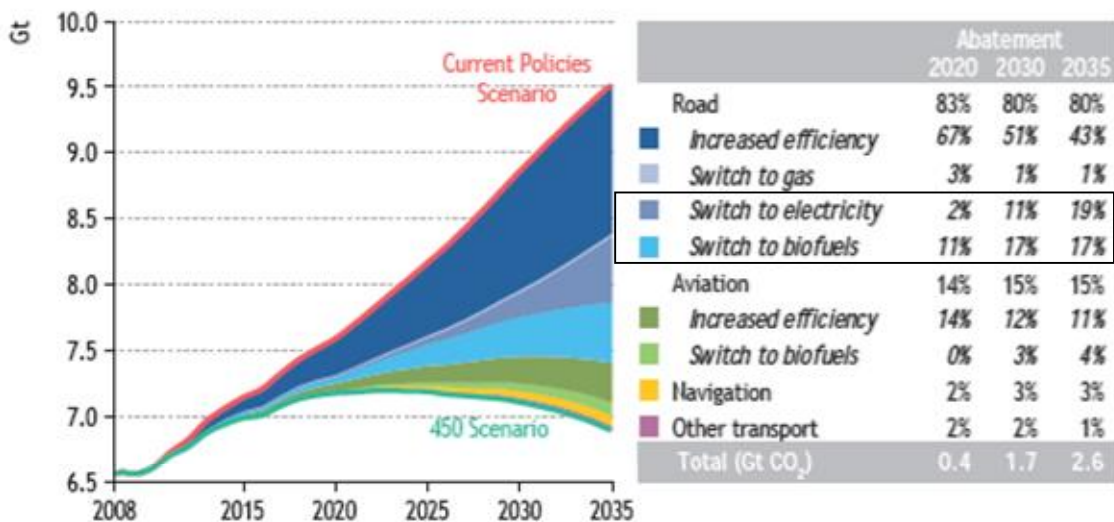
Kuva 2.3. Eri primäärienergian lähteistä tuotetun sähkön määrät 2008 ja IEA:n "New Policies" skenaarion mukaiset ennusteet vuoteen 2020 ja 2035. (WEO 2010)

2.3 Liikenteen hiilidioksidipäästöjen alentaminen

Sähkö, vety ja parhaimmat biopolttoaineet voivat kaikki myötävaikuttaa liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen. Energiatehokkuuden parantaminen ja energian säästö ovat kuitenkin tärkeimmät toimenpiteet päästöjen vähentämiseksi.

Sekä sähkön että vedyn osalta edellytys on, että tuotanto tapahtuu uusiutuvasta tai vähähiilisestä primäärienergiasta. Sähköautoissa käytetty kivihiiileen perustuva sähkö lisää hiilidioksidipäästöjä tavanomaisiin polttomoottoriautoihin verrattua. Maakaasuun perustuva sähkö taas laskee päästöjä hieman. Merkittäviä päästövähennyksiä saavutetaan joko ydinsähköllä tai uusiutuvalla sähköllä (vesivoima, tuulivoima, aurinkovoima, biomass). Suomalaisella ja varsinkin pohjoismaisella keskimääräisellä sähkön tuotantorakenteella sähköautojen käyttöönotto alentaisi hiilidioksidipäästöjä merkittävästi.

Kuvassa 2.4 on liikenteen eri toimenpiteiden CO₂-vähennyspotentiaalit IEA:n 450 – skenaariossa (lämpötilan nousu rajoitetaan 2 oC:seen). Suurin osa päästöistä leikataan tieliikenteestä, 80 – 83 %. Tieliikenteen sisällä energiatehokkuuden parantaminen on tärkein toimenpide. Vuonna 2020 progressiivisessa skenaariossa sähköautojen oletettu kontribuutio tieliikenteen hiilidioksidipäästöihin on noin 2,5 % (2/83). Luku kasvaa 24 %:iin vuonna 2035, ja tieliikenteen sähköistäminen ohittaa biopolttoaineiden merkityksen hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä vasta vuoden 2030 jälkeen. (WEO 2010)



Kuva 2.4. Eri toimenpiteiden potentiaali liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. IEA:n 450-skenaario. (WEO 2010)

Jos liikenteen hiilidioksidipäästöjä halutaan leikata 80 % vuoteen 2050 mennessä, käytännössä valtaosan henkilöautoista tulisi tuolloin olla sähköautoja, ja että maailman ta-solla sähkön tuotantorakenteen pitäisi muuttua merkittävästi nykyisestä.

2.4 Sähköautojen energiatehokkuus

Ajoneuvojen sähköistäminen parantaa energiatehokkuutta. Tämä pätee niin tavanomaisiin polttomoottoriautoihin, hybrideihin kuin varsinaisiin sähköautoihin (määritelmät kts. luku 3). Tavanomaisissa autoissa apulaitteiden sähköistäminen, yksinkertaiset jarrutusenergian talteenottojärjestelmät ja "start-and-stop" –järjestelmät vähentävät polttoaineen kulutusta. Varsinaisissa hybrideissä jarrutusenergia saadaan talteen tehokkaasti, ja sähköavusteisen kiihdytyksen ansiosta polttomoottori voidaan mitoittaa normaalia pienemmäksi, ja sitä voidaan helpommin ajaa korkeimman hyötysuhteen alueella. Täyssähköauto pystyy niin ikään hyödyntämään jarrutusenergian.

Polttomoottorikäyttöisessä autossa loppukäytön hyötysuhde (tank-to-wheel) on 15 – 20 %, eli tämä osuus polttoaineen sisältämästä lämpöenergiasta voidaan muuntaa autoa eteenpäin vieväksi mekaaniseksi energiaksi. Sähkömoottorien ja tehoelektroniikan hyötysuhteet, kuten myös akkujen lataus/purkuhyötysuhde, ovat korkeat. Niinpä täyssähköauton osalta loppukäytön hyötysuhde on yli 50 % %. Suurin osa akkuun varastoidusta energiasta saadaan hyötykäyttöön (Kampmann et al. 2010).

Pelkästään loppukäyttöä tarkasteltaessa polttomoottoriauton energian kulutus on siis luokkaa nelinkertainen sähköautoon verrattuna. Tässä verrataan kuitenkin toisiinsa kahta eri energiamuotoa, polttoaineessa olevaa lämpöenergiaa ja akuissa olevaa energiaa ja-loimmassa/jalostetuimmassa muodossa, eli sähköä.

Polttoprosesseihin perustuvassa sähkön tuotannossa sähköntuotannon hyötysuhde on tyypillisesti 35 – 50 %. Tavanomaisten liikennepolttoaineiden tuotanto ja jalostus on varsin energiatehokasta. Energiaketjun alkupään (well-to-tank) hyötysuhde on tyypillisesti 83 %. Kokonaisenergian (well-to-wheel) tarkastelussa tilanne siis tasaantuu merkittävästi verrattaessa polttoprosesseilla generoitua sähköä sähköautoissa ja tavanomaisia polttomoottoriautoja. Kampmann et al. (2010) mukaan polttomoottoriauton osalta kokonaisyötysuhde on suuntaa antavasti 12 – 15 %, ja sähköauton 25 – 30 %. Luvussa 8 on tarkempi hiilidioksidipäästö- ja energiatehokkuusvertailu.

2.5 Lähipäästöt ja melu

Loppukäytön osalta täyssähköauto on nollapäästöinen, eli siitä ei synny mitään paikallisia päästöjä. Poikkeuksena tähän voivat olla mahdollisen polttoainekäyttöisen lisälämmittimen aiheuttamat päästöt ja sähköautojen renkaiden nostattama katupöly.

Maailmalta löytyy useita esimerkkejä sähköajoneuvojen hyödyntämisestä päästöjen kannalta herkillä alueilla. Näitä ovat esim. hiihtokeskus Zermatt Sveitsissä, Rooman historiallisen keskustan akkusähköbussit ja Caprin saari.

Sähköautojen edut polttomoottoriautoihin ovat kuitenkin kaventumassa niin lähipäästöjen kuin melun osalta. Uusi bensiiniauto on säänneltyjen päästöjen osalta (hiilimonoksidi, hiilivedyt, typen oksidit ja hiukkaset) erittäin vähäpäästöinen, ja sama pätee esim. kaasuautoihin. Myös melutaso on varsin alhainen, ja kaupunkinopeuksilla melu syntyy pääosin renkaista.

Dieselautojen osalta hiukkassuodattimet ovat poistaneet hiukkasongelman. Dieselautojen pakokaasujen jälkikäsittelystä on kuitenkin syntynyt uusi ilmanlaatuongelma. Dieselautojen suuret typpidioksidipäästöt vaikeuttavat ilmanlaadun raja-arvojen saavuttamista esim. Helsingin keskustassa. Tämä ilmenee Ilmatieteen laitoksen ja HSY Helsingin seudun ympäristöpalveluiden yhteistutkimuksesta (HSY 2010).

Polttoon perustuvassa sähköntuotannossa syntyy hiilidioksidin lisäksi myös epäpuhtauspäästöjä kuten hiukkasia ja typen oksideja. Vaatimukset voimalaitospäästöille yhdistettynä korkeaan päästökorkeuteen (korkeat piiput) takaavat kuitenkin sen, etteivät voimalaitokset altista ihmisiä haitallisille päästöille.

3. Kehitykseen vaikuttavat määräykset ja linjaukset

- Kehittyneiden maiden tulisi leikata CO₂-päästöjään 60 – 80 % vuoteen 2050 mennessä.
- Sähköautot ovat osa tulevaisuuden vähähiillistä tai hiilineutraalia liikennejärjestelmää.
- EU:n vuoden 2020 sitovat energia- ja ilmastotavoitteiden täyttäminen ei vielä edellytä sähköautojen käyttöönottoa.
- Sähköautot on kuitenkin sisällytetty EU-tason strategioihin, ja direktiiveihin ja asetuksiin sisältyy tiettyjä epäsuoria kannustimia sähköautoille.
- Sähköautot sisältyvät vuoden 2008 talouden elvytyspakettiin (Green Car Initiative).
- Suomessa valtioneuvoston vuoden 2009 tulevaisuuselonteko ottaa kantaa sähköautoihin.

3.1 Maailman taso

Ilmastonmuutoksen uhkaa käsitellään maailmanlaajuisesti Yhdistyneiden Kansakuntien ilmastomuutosta koskevassa puitesopimuksessa (United Nations Framework Convention on Climate Change= UNFCCC). UNFCCC:n pitkän aikavälin tavoite on "saada aikaan kasvihuonekaasujen pitoisuuksien vakiintuminen ilmakehässä sellaiselle tasolle, ettei ihmisen toiminnasta aiheudu vaarallista häiriötä ilmastojärjestelmässä". Kioton pöytäkirja on tämän saavuttamiseksi ensimmäinen askel. Siinä asetetaan päästöjen vähennystavoitteet monille teollistuneille maille, myös useimmille EU:n jäsenvaltioille, ja rajoitetaan päästöjen lisäyksiä muissa maissa:

EU:n 15 vanhalla jäsenvaltiolla on yhteinen tavoite vähentää päästöjä kahdeksan prosenttia alle vuoden 1990 tason vuosina 2008 – 2012. EU:n sisäisen sopimuksen mukaisesti toisille EU:n jäsenvaltioille sallitaan päästöjen lisäyksiä, kun taas toisten on vähennettävä päästöjään.

Useimpien uusien jäsenvaltioiden tavoite on vähentää päästöjä kuudesta kahdeksaan prosenttia perusvuodesta (yleensä 1990). Amerikan Yhdysvallat, jonka kasvihuonekaasupäästöt ovat suuret, ei ole ratifioinut pöytäkirjaa.

Maiden odotetaan saavuttavan tavoitteensa kansallisen politiikan ja kansallisten toimenpiteiden avulla. Niiden on mahdollista täyttää osa päästöjen vähentämisen tavoitteestaan investoimalla päästöjä vähentäviin hankkeisiin kehittyvissä maissa (puhtaan kehityksen mekanismi, clean development mechanism CDM) tai kehittyneissä maissa (yhteistoteutus). CDM:n tavoitteena on tukea myös kestävää kehitystä muun muassa rahoittamalla uusiutuvan energian hankkeita.

Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli kehottaa vähentämään päästöjä maailmanlaajuisesti noin 50 % 2000-luvun puoliväliin mennessä. Tämä edellyttää, että kehittyneiden maiden on vähennettävä päästöjään 60–80 %. Kehittyvien maiden, joiden päästöt ovat suuret, kuten Kiinan, Intian ja Brasilian, on rajoitettava päästöjen kasvua. (Euroopan ympäristökeskus).

UNFCCC:n sisällä neuvotellaan vuoden 2012 jälkeisestä kansainvälisestä sopimuksesta, viimeksi Mexican Cancunissa joulukuussa 2010 (UNFCCC 2010)

3.2 Euroopan unioni

Keväällä 2007 Eurooppa-neuvosto eli EU:n huippukokous määritteli EU:n ilmastopolitiikan yleiset suunnat ja tavoitteet. Eurooppa-neuvosto sopi yhteisestä, kaikkia jäsenmaita koskevasta tavoitteesta vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä vuoteen 2020 mennessä 20 %:lla vuoteen 1990 verrattuna. Tavoitetta voidaan tiukentaa edelleen, jos saadaan aikaan uusi Kioton sopimuksen jälkeinen maailmanlaajuinen ilmastopoliittinen järjestelmä.

Eurooppa-neuvosto käsitteli ilmastotavoitteita yhdessä EU:n energiapolitiikan kehittämisen kanssa. Eurooppa-neuvosto mm. sitoutui lisäämään vuoteen 2020 mennessä uusiutuvan energian osuuden 20 prosenttiin EU:n energiankulutuksesta ja biopolttoaineiden osuuden ajoneuvopolttoaineista 10 prosenttiin. Lisäksi huippukokous asetti tavoitteeksi parantaa energiatehokkuutta viidenneksellä (Euroopan unionin ilmastopoliittikka).

Yleisesti puhutaan EU:n 20/20/20 –tavoitteista vuodelle 2020:

- kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 20 %
- uusiutuvan energian osuus 20 % (liikenteessä 10 %)
- energiatehokkuuden parantaminen 20 %

Sittemmin Eurooppa-neuvoston ilmastopoliittikkaa koskevia päätöksiä on viety direktiiveihin ja asetuksiin. Liikennesektorin kannalta merkittäviä direktiivejä ja asetuksia ovat mm. (Jääskeläinen 2010):

- Direktiivi 2009/28/EY uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämistä (ns. RES-direktiivi)
 - 10 % uusiutuvaa energiaa liikenteessä vuonna 2020 (pakollinen vaatimus)
- Päätös 406/2009/EY jäsenvaltioiden pyrkimyksistä vähentää kasvihuonekaasupäästöjään yhteisön kasvihuonekaasupäästöjen vähentämissitoumusten täyttämiseksi vuoteen 2020 mennessä
 - Suomen tulee vähentää ei-päästökauppasektorin, ml. liikenne, kasvihuonekaasupäästöjä 16 % vuoteen 2020 mennessä (vertailuvuosi 2005)
- Asetus 443/2009/EY päästönormien asettamisesta uusille henkilöautoille osana yhteisön kokonaisvaltaista lähestymistapaa kevyiden hyötyajoneuvojen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi
 - uusien henkilöautojen hiilidioksidipäästöt on vuoteen 2015 mennessä pu-dotettava keskimäärin arvoon 130 g/km
 - alustava tavoite vuodelle 2020 keskimäärin 95 g/km
- Direktiivi 2009/33/EY puhtaiden ja energiatehokkaiden tieliikenteen moottori-ajoneuvojen edistämistä
 - määrittelee ajoneuvon elinkaarenaikaisten energia- ja ympäristövaikutusten, mukaan lukien energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöt ja tietyt epäpuhtauspäästöt, laskentaperiaatteet

Kaikki edellä esitellyt määräykset ja säännökset ovat tekniikkaneutraaleja, eivätkä sinällään edellytä sähköautojen käyttöönottoa. Kaikki vuoden 2020 tavoitteet voidaan lisäksi saavuttaa ilman verkosta ladattavia sähköautoja. Jo nyt markkinoilta löytyy hybridiautoja tai pienehköjä dieselautoja jotka alittavat 95 g CO₂/km päästötason.

Yllä oleviin direktiiveihin ja asetuksiin sisältyy kuitenkin tiettyjä kannustimia sähköautoille. Direktiivin 2009/28/EY mukaan laskettaessa maantieajoneuvoissa käytetyn uusiutuvan energian osuutta uusiutuvista energialähteistä tuotetun sähkön määrä saadaan laskea hyväksi kertoimella 2,5. Asetus 443/2009/EY puolestaan sisältää kannustimen ("superbonus") autoille, joiden CO₂-päästö on alle 50 g/km (käytännössä täyssähköautoille, mahdollisesti lataushybrideille):

"Laskettaessa keskimääräisiä hiilidioksidipäästöjä kukin uusi henkilöauto, jonka hiilidioksidipäästöt ovat alle 50 g CO₂/km, vastaa:

- 3,5:tä autoa vuonna 2012
- 3,5:tä autoa vuonna 2013
- 2,5:tä autoa vuonna 2014
- 1,5:tä autoa vuonna 2015
- yhtä autoa vuonna 2016"

EU:n komissio on aloittanut vuosien 2030 ja 2050 ilmastotavoitteiden ja "Low-carbon economy 2050" –tiekartan työstämisen (Euractiv 2010). Tiekartassa vuoden 2050 päästölennustavoitteeksi on alustavasti asetettu 80 – 95 % vuoden 1990 tasoon verrattuna (Roadmap 2010). Tieliikenteen osalta tämä tulee edellyttämään todella merkittäviä muutoksia ja sähkö- tai polttokennoautojen laajamittaista käyttöönottoa.

Huhtikuussa 2010 Komissio antoi tiedonannon eurooppalaisesta puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen strategiasta. Strategialla halutaan edistää puhtaiden ja energiatehokkaiden ("vihreiden") raskaiden (linja- ja kuorma-autojen) ja kevyiden ajoneuvojen (henkilö- ja pakettiautojen) sekä kaksi-, kolmi- ja nelipyörien kehittämistä ja käyttöönottoa. "Vihreiksi" ajoneuvoiksi määritellään esimerkiksi sellaiset ajoneuvot, jotka käyttävät käyttövoimanaan sähköä, vetyä, biokaasua tai nestemäisiä biopolttoaineita runsaasti sisältävää polttoaineseosta. Strategiassa todetaan, että nämä ajoneuvoryhmät antavat todennäköisesti merkittävän panoksen Eurooppa 2020 -strategian hyväksi. (KOM(2010)186 lopullinen)

Sähköautoista strategiassa todetaan mm. seuraavaa:

- *Sähköajoneuvojen markkinasegmentti saattaa pysyä kapeana lähitulevaisuudessa, mutta myyntimäärien odotetaan kasvavan akkuteknologian kehittyessä. Sähköajoneuvojen hinta vaikuttaa olennaisesti niiden tuomiseen yleisille kulutusmarkkinoille. Markkinaosuuden kasvattaminen vaatii sitä, että teknologian parantuminen ja suurtuotannon edut pudottavat kuluttajahintoja selvästi.*
- *Sähköajoneuvoteknologialla on huomattavaa potentiaalia puuttua radikaalilla tavalla erinäisiin haasteisiin, joita Euroopan unionilla on vastattavanaan. Niitä ovat esimerkiksi ilmaston lämpeneminen, riippuvuus fossiilisista polttoaineista, paikalliset ilmansaasteet sekä uusiutuvista lähteistä tuotetun energian varastointi ajoneuvojen akkuihin älykkäiden sähköverkkojen kautta.*

- *Täyssähköautot vaikuttaisivat lupaavimmalta vaihtoehdolta kaupunkiliikenteeseen. Taustalla on se, että niiden akut tarjoavat suhteellisen pienen toimintasäteen ja että voi olla kustannuksiin nähden kannattavampaa rakentaa latausinfrastruktuuria ensiksi kaupunkeihin. Sitä paitsi saaste- ja melupäästöjen pienentymisen sosiaaliset hyödyt, myös terveyteen liittyvät, ovat suurimmat juuri kaupunkialueilla.*

Sähköautot nähdään siis lupaavana tulevaisuuden vaihtoehtona. Samalla kuitenkin todetaan, että sähköautojen yleistymiseen liittyy haasteita. Strategiaan on kirjattu laaja joukko toimenpiteitä sähköautoihin liittyen, mm.:

- Komissio huolehtii siitä, että eurooppalaista tutkimusta kohdennetaan jatkossakin vähähiilisiin polttoaineisiin sekä puhtaaseen ja energiatehokkaaseen liikenteeseen, kuten perinteisten moottorien ja sähköiseen voimansiirtoon liittyvien vaihtoehtoisten akku- ja vetyteknologioiden kehittämiseen, ja että tuissa keskitytään teemoihin, joilla on selvää EU:n tason lisäarvoa
- Komissio selvittää Euroopan investointipankin kanssa tuen jatkamista tutkimus- ja innovaatiohankkeille, joilla edistetään puhtaiden ja energiatehokkaiden autoteollisuuden tuotteiden käyttöä, tarkoituksena tukea alan muutoksen toteutumista.
- Komissio esittää ohjeet kuluttajille suunnattuja vihreiden autojen hankintaan rohkaisevia kannustimia varten vuonna 2010, edistää kysyntäpuolelle suunnattujen jäsenvaltioiden toimenpiteiden koordinoitua ja varmistaa, että teollisuudelle koitua hyöty on voimassa olevien valtioneuvostojen mukaista
- Komissio käynnistää vuonna 2011 EU:n laajuisen sähköön perustuvaa liikennettä esittelevän hankkeen, joka toteutetaan osana vähäpäästöisiä ajoneuvoja koskevaa eurooppalaista aloitetta ja jolla arvioidaan kuluttajien käyttäytymistä ja käytötottumuksia ja lisätään tietoja kaikentyyppisestä sähköön liittyvästä teknologiasta sekä testataan uusia suuntauksia sähköajoneuvoihin liittyvässä standardoinnissa; voi esittää toimia, jotka koskevat nimenomaan sellaisia kaupunkialueita, joilla ilmanlaatua mittaavat raja-arvot ovat ylittyneet pitkäaikaisesti.

Lisäksi strategiassa mainitaan mm.:

- sähköautojen tyyppihyväksyntämenettelyt
- latausliityntöjen standardointi
- latausinfrastruktuurin rahoituksen järjestäminen

Komissio varautuu siis edistämään sähköautojen kehittämistä ja käyttöönottoa kokonaisvaltaisesti.

Myös EU parlamentti on käsitellyt sähköautoja. Parlamentti antoi 6.5.2010 sähköautoja koskevan päätöslauselman (Electric cars 2010). Sähköautoihin liittyvinä haasteina luetellaan:

- sähköautojen korkea hinta, ensisijaisesti akuista johtuen
- tutkimus- ja kehitystyön jatkaminen tavoitteina autojen suorituskyvyn parantaminen ja kustannusten alentaminen
- hyväksyttävyyden kuluttajilla hinnan, toimintamatkan ja lataukseen tarvittavan ajan osalta

- riittävä latausinfrastruktuuri
- standardisointi Euroopan tasolla ja maailmanlaajuisesti, esimerkkinä ajoneuvon ja latausinfrastruktuurin välinen kommunikaatio
- sähköautojen well-to-wheel päästöt

Viimeinen haaste liittyy siihen, että Euroopan tasolla hiilen osuus sähkön tuotannossa on merkittävä, ja että hiilidioksidipäästöjen merkittävä vähentäminen sähköautojen avulla edellyttäisi muutoksia sähkön tuotantorakenteeseen.

Päätöslauselmassa on yhteensä 24 kohtaa. Kohdassa 4 Parlamentti kehottaa ministerineuvostoa ja Komissiota seuraaviin toimiin sähköautojen osalta:

- mahdollisuuksien mukaan kansainväliset tai vähintään eurooppalaiset standardit infrastruktuureille ja lataustekniikoille, mukaan lukien älykkäät energiaverkot, avoimet tietoliikennestandardit sekä ajoneuvossa oleva energian mittaustekniikka ja yhteensopivuus
- tutkimuksen ja innovaatiotoiminnan tukeminen, painopisteenä ensisijaisesti akku- ja moottoritekniikan parantaminen
- sähköverkkojen parantaminen ottamalla käyttöön älykkäitä sähköverkkoja, vähähiilisen sähköntuotannon käyttöönotto, erityisesti uusiutuvia energialähteitä hyödyntäen
- sellaisten aloitteiden tukeminen, joilla turvataan yhtenäismarkkinat, sekä lisäksi säännösten laatiminen toisaalta energiatehokkaiden, puhtaiden autojen tyyppihyväksyntää varten ja toisaalta liikenneturvallisuuden alalla
- sähköajoneuvoja koskevien kansallisten tukitoimien ja aloitteiden koordinointi
- sellaisten toimenpiteiden edistäminen, joilla varmistetaan energiatehokkaita ja puhtaita ajoneuvoa valmistavan teollisuuden kilpailukyky
- vahvojen ennakoivien toimien käyttöönotto sosiaali- ja työllisyyskysymyksissä

EU:n talouden elvyttämiseksi Komissio esitti marraskuussa 2008 merkittävää n. 200 miljardin €:n elvytyspakettia. Komissio halusi mm. luoda vaikeuksiin joutuneelle auto- ja rakennusteollisuudelle uusia kannustimia vähäpäästöisten autojen ja energiatehokkaiden rakennusten kehittämiseksi (Euroopan komissio 2008).

Elvytyspaketin puitteissa muodostettiin kolme public-private-partnership (PPP) – kokonaisuutta. Yksi näistä on autoteollisuuteen suunnattu Green Car Initiative. Green Car Initiativen tavoitteena on tukea uusiin läpimurtoihin tähtäviä tutkimus- ja kehityshankkeita uusiutuvaan ja saastuttamattomaan energiaan, turvallisuuteen ja liikenteen sujuvuuteen liittyen. Nimestään huolimatta Green Car Initiative ei keskity pelkästään henkilöautoihin, vaan se kattaa myös raskaat ajoneuvot, polttomoottorit, biokaasun ja uudet logistiikkaratkaisut. Kiistattomia painopistealueita ovat kuitenkin hybridi- ja sähköautot.

Green Car Initiative saa päärahoituksensa 7. puiteohjelmasta. Green Car Initiativen ensimmäinen hakukierros laajuudeltaan 108 miljoonaa € avattiin heinäkuussa 2009, ja toinen hakukierros avautui heinäkuussa 2010. Vuoden 2011 haussa sähköautoihin liittyviä teemoja ovat (Green Car Initiative):

- sähköautoihin liittyvät turvallisuusasiat
- sähköauton voimansiirron ja itse ajoneuvon lämmönhallinta (ml. matkustamon lämmitys ja jäähdytys)
- sähköajoneuvojen hyödyntäminen logistiikkaketjuissa
- ERA-NET Plus Electromobility
- keveiden tavara-autojen sähköistys

ERA-NET Electromobility –hankehaku on syntynyt kansallisia liikenteen tutkimusohjelmia verkottavan ERA-NET Transport yhteistyön aloitteesta ja siinä on mukana 13 Euroopan maata sekä EU. Ohjelman arvioitu kokonaisvolyymi on runsaat 30 M€. Suomesta ovat rahoittajapartnereina mukana Tekes (2 M€) sekä Liikennevirasto (0,5 M€). Lisäksi hankkeen rahoitukseen osallistuu Liikenneviraston kautta Liikenne- ja viestintäministeriö.

Sähköisen liikkumisen edellytyksiä ja vaikutuksia koskevien tutkimus- ja kehitysprojektien rahoitushaku on ajoitettu alkavaksi 14.12.2010. ja päättyväksi 31.3.2011. Projektit ajoittuvat vuosille 2012 - 2015. Hankkeen yleistavoitteena on analysoida ja luoda edellytyksiä kestäväälle sähköiselle liikkumiselle Euroopassa tähtäimenä vuosi 2025. Hankkeella pyritään osaltaan löytämään keinoja liikenteen päästötavoitteiden saavuttamiseksi. (Liikennevirasto 2010)

3.3 Suomi

Suomessa liikennesektoria koskevia linjauksia ja tavoitteita on kirjattu mm. Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittiseen ohjelmaan (ILPO 2009), Valtioneuvoston pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008) ja Valtioneuvoston tulevaisuusselontekoon ilmasto- ja energiapolitiikasta (TUSE 2009).

ILPO:ssa tavoitteet ovat vuodessa 2020. Liikenteessä otetaan käyttöön biopolttoaineita. Tämän lisäksi liikenteen päästöjä leikataan 2,8 miljoonalla tonnilla vuoden 2020 arviotuun päästötasoon verrattuna. Keinovalikoiman osalta luetellaan 6 päätoimenpidettä:

1. Henkilöautokantaa uudistetaan
2. Liikenteen energiatehokkuutta parannetaan
3. Kaupunkiseutujen henkilöliikenteen kasvu ohjataan ympäristön kannalta edullisempiin kulkumuotoihin
4. Tietoyhteiskunta- ja viestintäpolitiikalla tuetaan Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamista
5. Liikenteen taloudellisista ohjauskeinoista päätetään v. 2012
6. Ilmastonmuutokseen sopeudutaan

Ylivoimaisesti tärkein toimenpide on henkilöautokannan uudistaminen. Tällä saavutetaan 2,1 – 2,4 miljoonan tonnin päästövähennykset, eli suurusluokkaisesti n. 80 % kokonaisvähennyksestä. ILPO olettaa, että päästövähennykset saavutetaan ensisijaisesti perinteisellä ajoneuvotekniikalla, ja että sähköautot alkavat yleistyä vasta 2020-luvulla.

ILPO:n ensimmäinen seurantaraportti valmistui marraskuussa 2010. Autokannan uusiumisesta seurantaraportissa todetaan seuraavasti (ILPO 2010):

"Jotta koko autokantaa koskevaan ILPO-ohjelman tavoitteeseen (137,9 g/km v. 2020) päästäisiin, autokannan tulisi uusiutua 7 % vuosivauhtia. Tämä tarkoittaa noin 150 000 uutta myytyä autoa joka vuosi. Vuonna 2009 uusia henkilöautoja myytiin taloudellisen taantumun vuoksi kuitenkin vain noin 90 000 kappaletta. Toisaalta sama taantuma vähensi myös liikennesuoritteita ja liikenteen päästöjä, joten automyyntiin hitaus ei vielä tällä erää vaaranna koko päästövähennystavoitteen saavuttamista."

Valtioneuvoston vuoden 2008 pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa pääpaino oli linjauksissa vuoteen 2020 ja niiden edellyttämässä toimenpiteissä. Tämän lisäksi esitettiin visioita aina vuoteen 2050. Tieliikenteen osalta vuodelle 2020 esitetyt tavoitteet vastasivat pääpiirteittäin hieman myöhemmin ILPO:ssa esitetyjä tavoitteita. Vuoden 2050 osalta ei-päästökauppasektorille (johon liikennekin kuuluu) esitettiin visio n. 70 %:n päästöleikkauksista perusuraan verrattuna. (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008)

Vuoden 2009 tulevaisuusselonteossa esitetään visioita vuoteen 2050. Autoilun päästöjen vähentämiskeinoista todetaan yleisellä tasolla (TUSE 2009):

- parannetaan ajoneuvoteknologialla energiatehokkuutta ja siirrytään vähäpäästöisiin energianlähteisiin
- vähennetään liikennetarvetta
- ohjataan käyttöä joukko- ja kevyeen liikenteeseen
- otetaan käyttöön taloudellisia ohjauskeinoja

Selonteon mukaan keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä yksi lupaavimmista keinoista päästöjen vähentämisessä on autokannan sähköistäminen. Sähköautojen käyttöönotosta todetaan seuraavaa:

"Sähköautojen nopea käyttöönotto edellyttää julkisen vallan toimia. Taloudellisella ohjauksella voidaan sähköautojen hankinta tehdä nykyistä houkuttelevammaksi. T&K-rahoituksella voidaan edistää teknologian kehittämistä ja yritysten ja kaupunkien kumppanuuksilla lataus- tai akkujenvaihtoverkon rakentamista. Käynnistämällä ripeästi pilottihankkeita Suomi voi olla eturintamassa ja hyödyntää saatuja kokemuksia vientimarkkinoilla. Vuoteen 2050 mennessä autokanta ehtii uusiutua useamman kerran, joten edellytykset päästöttömiin ajoneuvoihin siirtymiselle ovat olemassa."

Tieliikenteen osalta esitetään myös numeraalisia tavoitteita:

"Suomessa asetetaan suuntaa antavaksi tavoitteeksi, että henkilöautokannan suorat ominaispäästöt ovat vuonna 2030 enintään 80–90 g CO₂/km. Tästä päästöjen tulee edelleen laskea niin, että ne ovat enintään 50–60 g vuonna 2040 ja 20–30 g vuonna 2050. Tavoitteisiin lasketaan päästöt fossiilisten polttoaineiden käytöstä liikenteessä, kun taas autoissa käytetyn sähkön ja biopolttoaineiden päästöt lasketaan niiden tuotannon taseisiin. Myös sähkön ja biopolttoaineiden tuotannon päästöjä tulee vähentää määrätietoisesti."

Taso 80 – 90 g/km voidaan saavuttaa fossiilisia polttoaineita käyttävillä tavanomaisilla autoilla, kun taas taso 20 – 30 g/km edellyttää sähköistystä tai hyvien biopolttoaineiden käyttöä.

Suomessa on päätetty edetä biopolttoaineissa EU-vaatimuksia nopeammin. RES-direktiivi sisältää em. 10 %:n pakollisen vaatimuksen uusiutuvasta energiasta (biopolttoaineet +

uusiutuva sähkö) liikenteessä vuonna 2020. Eduskunta hyväksyi joulukuussa 2010 hallituksen esityksen biopolttoaineiden jakeluelvoitelain muutoksesta (HE 197/2010 vp, laki 1420/2010).

Muutetun lain mukaan Suomessa biopolttoaineiden jakeluelvoite on 6,0 %. Vuoden 2014 jälkeen jakeluelvoitetta nostetaan vuosittain tasaisesti. Vuonna 2020 ja sen jälkeen jakeluelvoite on 20,0 %. Prosenttiluvut tarkoittavat energiaosuutta, ei tilavuusosuuksia.

Koska Suomessa on päätetty kiihdyttää biopolttoaineiden käyttöä, Suomessa liikenteen vuoden 2020 uusiutuvan energian tavoitteen saavuttamiseksi ei tarvita sähköautoja. Sähköautoille ei ole esitetty mitään vastaavaa "kiihdytysohjelmaa", eikä sähköautojen käyttöönottoon ja edistämiseen ole toistaiseksi olemassa strategiaa.

Sähköautoihin liittyvä tekniikka ja sähköautojen suorituskyky

4. Sähköautojen määritelmät ja tekniikka

- Sähköautolla tarkoitetaan autoa, johon syötetään energiaa auton ulkopuolelta sähköverkosta, joten sähköautoilla on heijastumia sähköverkkoon.
- Täyssähköauto on rakenteeltaan yksinkertainen ja käytössä sen hyötysuhde on hyvä.
- Myös plug-in hybridit/lataushybridit lasketaan sähköautojen ryhmään.
- Akku (jota tarkastellaan tarkemmin luvussa 5) on täyssähköauton kallein ja kriittisin komponentti.

4.1 Määritelmät

Työ- ja elinkeinoministeriön vuoden 2009 selvityksessä ”Sähköajoneuvot Suomessa” sähköajoneuvo määriteltiin seuraavasti (Sähköajoneuvot Suomessa 2009):

”Vakiintumassa olevan terminologian mukaan sähköautoiksi nimitetään sellaisia autoja, joihin voidaan syöttää energiaa auton ulkopuolelta sähköverkosta. Ladattavat sähköautot voivat olla joko täyssähköautoja (Battery Electric Vehicles) tai hybridejä (Plug-in Hybrid Vehicles), joissa yhdistyy perinteinen polttomoottori ja sähköinen voimalinja. Sähköautojen ohella muita sähköajoneuvoja ovat esimerkiksi sähkökäyttöiset varastotrukit, johdinautot sekä sähkömopot.”

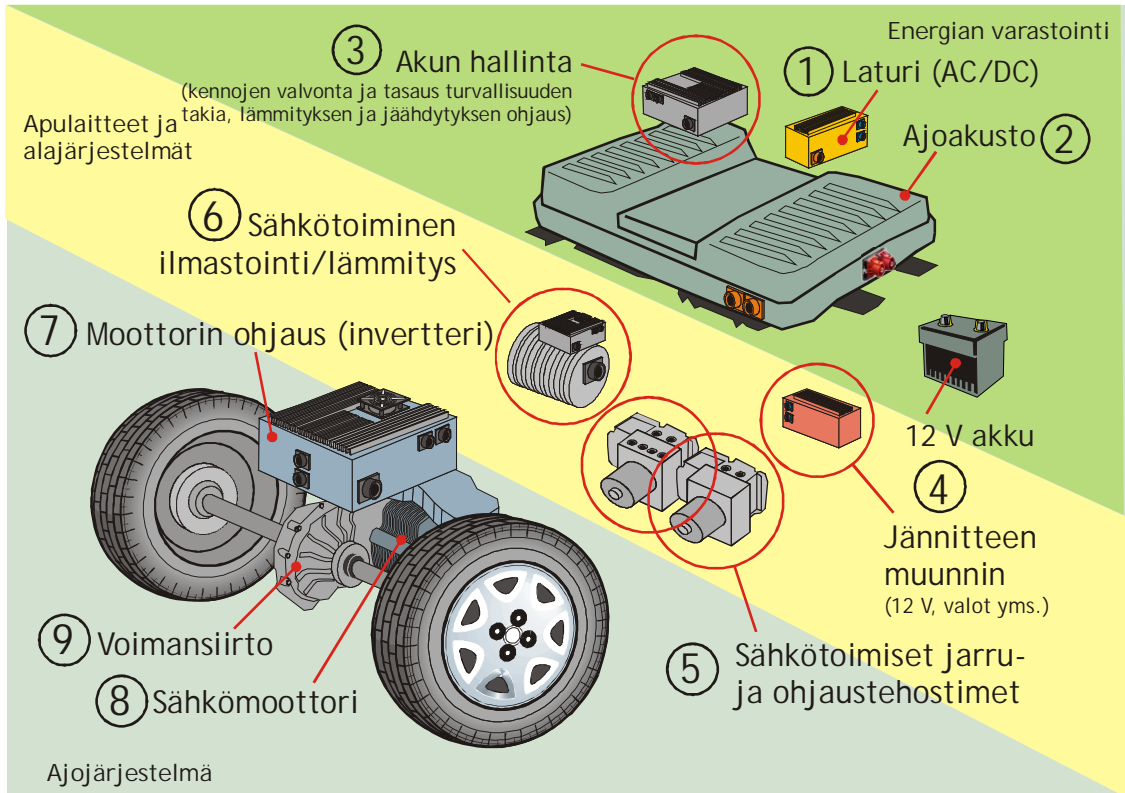
Määrittely on järkevä, ja lähtee siitä, että sähköautolla on heijastumia sähköverkkoon ja käytettävään energiamuotoon: sähköautossa normaalin auton käyttämä polttoaine korvautuu joko kokonaan tai osittain verkosta ladattavalla sähköllä. Tämän määritelmän mukaan tavanomainen (autonominen) hybridi ei ole sähköauto, koska auton käyttämä energia on kokonaan peräisin polttoaineesta. Tässä tapauksessa hybridijärjestelmä on ensisijaisesti järjestelmä, joka mahdollistaa energian kulutuksen alentamisen ottamalla talteen auton liike-energiaa hidastettaessa (jarrutusenergian sähköinen talteenotto). Hybridissä kulutusta alentaa myös normaalia pienempi polttomoottori ja sen operointi hyötysuhteen kannalta edullisella kuormitusalueella.

4.2 Täyssähköauton rakenne

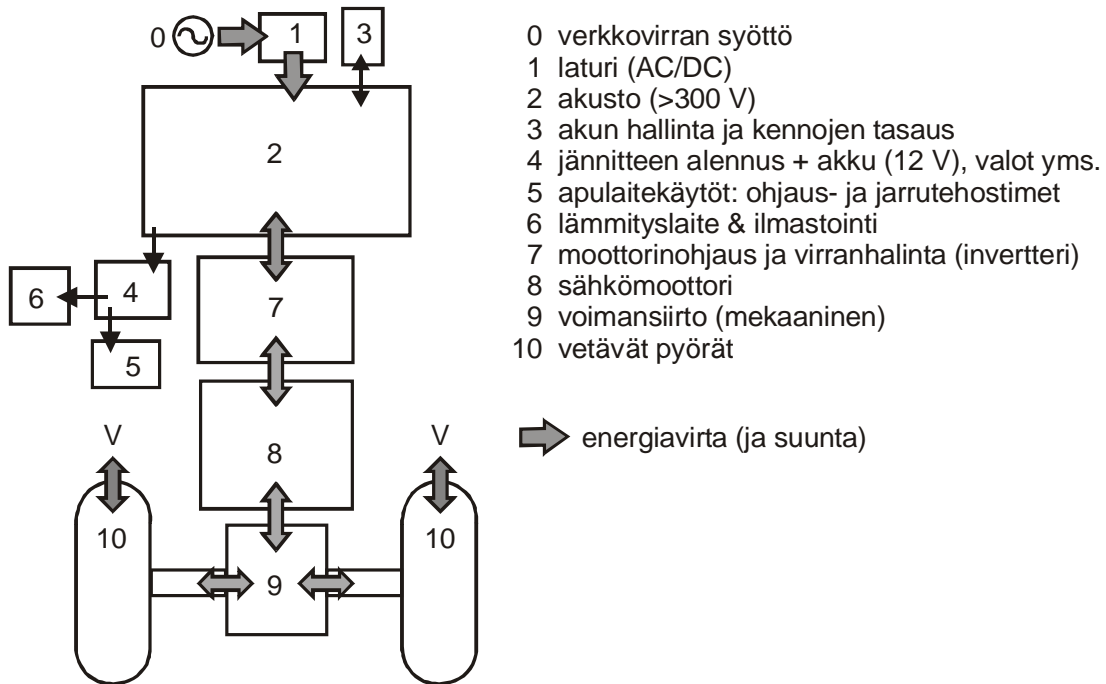
Täyssähköauton rakenne on periaatteellisella tasolla varsin yksinkertainen. Sen pääkomponentit ovat:

- energiavarasto (akusto) hallintajärjestelmineen
- tehoelektronikka ja ohjausjärjestelmä
- sähkömoottori (ajomoottori joka jarrutusilanteessa toimii myös generaattorina)
- laturi akuston lataamiseen

Kuvissa 4.1 (havainnekuva) ja 4.2 (kaaviokuva) on esitetty täyssähköauton ajojärjestelmän pääkomponentit.



Kuva 4.1. Täyssähköauton ajojärjestelmä. Kuva Juhani Laurikko.



Kuva 4.2. Täyssähköauton ajojärjestelmä/kaaviokuva. Kuva Juhani Laurikko.

Akusto on sähköauton kallein yksittäinen osakokonaisuus. Energiavaraston suuruus on tyypillisesti 15 – 30 kWh. Täyssähköautoissa käytetään tänä päivänä pääasiassa litiumioniakkuja. Yksittäisen kennon jännitetaso on suuruusluokkaisesti 3 - 4 V. Akkukennot kytketään toisiinsa niin, että akkupaketin jännite on tyypillisesti 300 – 400 V. Akkuja käsitellään tarkemmin luvussa 5.

Akku varastoi sähköenergiaa kemiallisesti, ja se sekä ladataan että puretaan tasasähköllä (DC). Yksinkertaisella säädöllä toimiva perinteinen harjallinen tasasähkömoottori vaatii mekaanisen sähkökontaktin roottorille, eikä moottorityyppi sovellu kovinkaan hyvin suurille tehoille jatkuvaan käyttöön suuren huollon tarpeen vuoksi. Niinpä sähköautoissa käytetään harjattomia vaihtosähkökoneita, joiden etuihin kuuluu myös parempi hyötysuhde. Moottoreita löytyy eri tyyppejä. Kaikki vaihtovirtamoottorit perustuvat kuitenkin paikallaan olevan kuoren staattoriin johdettavaan vaihtelevaan virtaan, joka saa aikaan vaihtuvan, käytännössä pyörivän magneettikentän, jota pyörivä osa eli roottori sitten seuraa. (Suomela ja Sainio 2010)

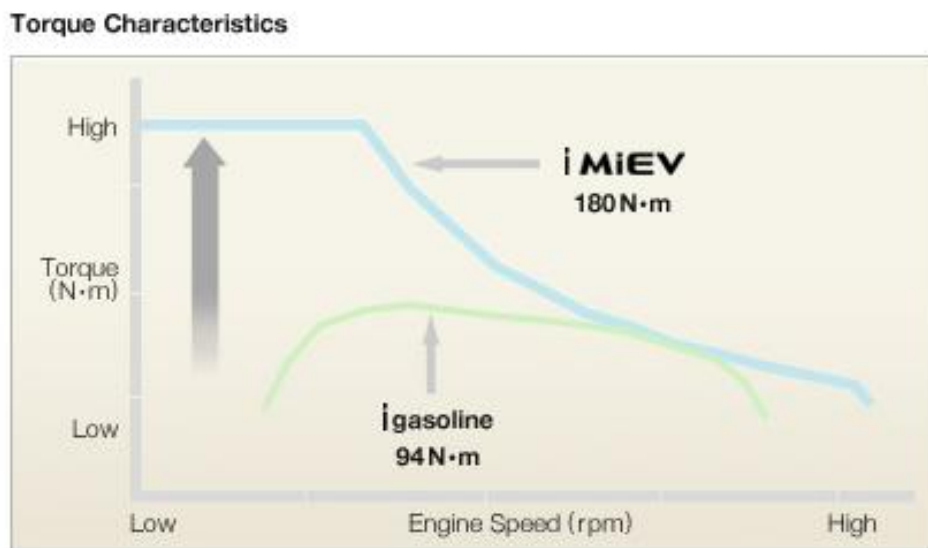
Sähkömoottorin suurimmat edut polttomoottoriin verrattuna ovat korkea hyötysuhde, parhaimmillaan yli 95 %, täysi vääntömomentti nolapyörintäluvusta alkaen sekä kompakti koko. Kompakti koko syntyy korkeasta maksimikierrosluvusta, joka voi olla jopa tasolla 10.000 – 15.000 rpm (Suomela ja Sainio 2010). Suuren käynnistysmomentin ja laajan pyörimisnopeusalueen ansiosta täyssähköauto ei välttämättä tarvitse portaallista tai portaattonta vaihteistoa. Kuvassa 4.3 on kompakti etuvetoisen auton sähkömoottori-alennusvaihte-tasauspyörästä -yhdistelmä.



Kuva 4.3. Etuvetoisen auton sähkömoottori-alennusvaihte-tasauspyörästä -yhdistelmä. (Honda 2011)

Sähkömoottoreiden koko ja hinta pienenevät pyörintänopeuden kasvaessa. Vastaavasti tehoelektronikka halpenee jännitteen kasvaessa ja virran pienentyessä. Näistä syistä moottorien pyörintänopeudet ja akustojen jännitetasot ovat noususuunnassa. (Haakana 2011)

Kuvassa 4.4 on sähkömoottorin ja polttomoottorin vääntökarakteristiikoiden vertailu. Kyseinen auto on Japanin minicar (kei car) –luokkaan kuuluva Mitsubishi i, josta on olemassa sekä polttomoottori- että sähköversio (iMiEV). Molemmissa maksimiteho on 47 kW, mutta sähkömoottori antaa noin kaksinkertaisen vääntömomentin turboahdettuun bensiinimoottoriin verrattua. Minicar-luokassa polttomoottorin iskutilavuus on rajattu 660 cm³:iin. (Mitsubishi 2008)



Kuva 4.4. Sähkömoottorin ja polttomoottorin vääntökarakteristiikoiden vertailu. Autoina Mitsubishi iMiEV (sähköauto) ja ahdetulla 660 cm³:n bensiinimoottorilla varustettu tavallinen "i". Sähkömoottori antaa noin kaksinkertaisen vääntömomentin bensiinimoottoriin verrattuna. (Mitsubishi 2008)

Sähkömoottoreiden sijoittaminen pyöriin on yksi tulevaisuuden vaihtoehto, jota kehittävät mm. SIMDrive sekä rengasvalmistajat Michelin ja Bridgestone. Michelinin ratkaisu on kuvassa 4.5. Pyörään sijoitetut moottorit mahdollistavat mekaanisten voimansiirtokomponenttien kuten vetoakseleiden pois jättämisen, ja antavat näin ollen uusia vapausasteita autojen muotoiluun ja tilankäyttöön. Suurin haaste on jousittamattoman massan kasvu, joka haittaa pyörän kontaktia tiehen epätasaisella pinnalla.



Kuva 4.5. Michelinin pyörämoottoriratkaisu. Sähkötönnöörin teho on 30 kW. (Michelin 2008)

Edullisen vääntömomenttikarakteristiikan ansiosta sähköauto kiihtyy aluksi paikalta lähdeittäessä usein ripeämmin kuin polttomoottoriauto. Maantienopeuksissa "tavallinen" sähköauto saattaa joutua antamaan tasoitusta polttomoottoriautolle, ovathan nykyiset polttomoottoriautot hyvinkin suorituskykyisiä.

Taulukossa 4.1. on neljän "tavallisten" sähköauton ja Tesla Roadster sähköurheiluauton teho, vääntömomentti, kiihtyvyys- ja huippunopeusarvot sekä ilmoitettu maksimi toimintamatka. Auton tarvitsema teho kasvaa nopeuden kolmannessa potenssissa, ja huippunopeuden rajoittaminen on yksi tapa sähköauton toimintamatkan lisäämiseksi. Tesla Roadsterin kiihtyvyyssarvo 0 – 100 km/h on todella kova arvo.

Taulukko 4.1. Sähköautojen suoritusarvoja Suunta antavia arvoja, kerätty eri lähteistä.

Auto	Teho (kW maks.)	Vääntömom. (Nm) ^{*)}	Kiihtyvyys (s)	Huippunopeus (km/h)	Toimintamatka (km)
Think City	30	?	16 (0-80 km/h)	110	160
Mitsubishi i-MiEV	47	180	13,5 (0-100 km/h)	130	160
Nissan Leaf	80	280	11,9 (0-100 km/h)	144	160
Renault Fluence	70	226	?	134	160
Tesla Roadster S	215	400	3,7 (0-100 km/h)	200	390

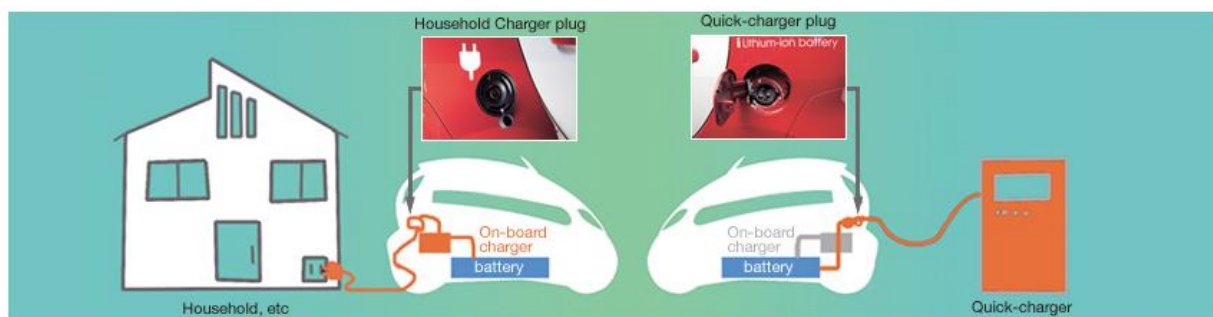
^{*)} Valmistajat ilmoittavat usein moottorin vääntömomentin. Koska moottori normaalisti kytketään voimansiirtoon välityksen avulla, teho on periaatteessa informatiivisempi arvo kuin vääntömomentti.

Vaihtosähkömoottoreiden nopeutta säädetään taajuutta muuttamalla. Momentti määräytyy virran säädöllä. Tehoelektroniikkayksikkö muuttaa akuston tasasähkön moottorille sopivaksi vaihtosähköksi. Tehoelektroniikkayksikkö ja siihen liittyvä ohjaus säätelee niin moottorille menevää taajuutta kuin virtaa. Pehmeä liikkeellelähtö asettaa haasteita säätöjärjestelmälle.

Jarrutustilanteessa moottori toimii generaattorina, jolloin tehoelektroniikkayksikkö toimii tasasuuntaajana syöttäen energiaa takaisin akkuun.

Sähköautossa on lisäksi DC/DC –jännitemuunnin, joka muuttaa akun korkean jännitteen ajoneuvon muille sähköjärjestelmille sopivaksi jännitteeksi (henkilöautoissa 12 V). Nykyiset autojen sähkökomponentit on tyypillisesti suunniteltu 12 tai 24 V jännitteelle.

Hidasta latausta varten sähköautossa on kiinteä laturi (AC/DC tasasuuntaaja), joka muuttaa verkkovirran (vaihtosähkö) akustolle sopivaksi tasasähköksi. Varsinaisen pikalatauksen vaatima laturi on niin järeä, että tasasuuntaaja on normaalisti kiinteänä latausasemassa, ja autoa ladataan suoraan korkeajännitteisellä tasasähköllä, jonka jännite on noin 350 – 500 V (kuva 4.6) Sähköautojen latausjärjestelmiä ja sähköautojen vaikutuksia sähköverkkoon tarkastellaan tarkemmin luvussa 6.



Kuva 4.6. Hitaan ja nopean latauksen periaatteet. (Mitsubishi 2008)

4.3 Teknologiavaihtoehdot sähkön hyödyntämiseksi autoissa

Sähköä hyödynnetään käytännössä kaikissa autoissa erilaisissa apulaitteissa ja ohjausjärjestelmissä. Pyrittäessä energian säästöön ja sähköiseen liikkumiseen ratkaisut vaihtelevat ns. "stop-and-start" –järjestelmistä ja yksinkertaisista laturilla toteutetuista jarrutusenergian talteenottojärjestelmistä varsinaisiin hybrideihin ja täyssähköautoihin. Taulukossa 4.2 on yhteenveto eri ratkaisuista. Järjestelmien nimiä tarkasteltaessa on huomioitava, että terminologia ei ole täysin vakiintunutta eikä yksiselitteistä.

Eriasteisten hybridisointien toteuttamiseen on lisäksi olemassa vaihtoehtoisia toteutustapoja. Rinnakkaishybridissä voi tilanteesta riippuen olla käytössä sähköinen voimalinja, mekaaninen voimalinja tai nämä yhdessä. Sarjahybridiratkaisussa ajo tapahtuu aina sähkömoottorin avulla. Polttomoottori ei ole mekaanisessa yhteydessä voimansiirtoon tai vetäviin pyöriin, vaan se kehittää sähköä generaattoria pyörittämällä. Sarjahybridiratkaisuja on käytetty pääasiassa hyötyajoneuvoissa, ja nyt tämä tekniikka on tulossa henkilöautoihin ladattavissa hybrideissä, esimerkkinä Fisker Karma.

"Stop-and-start" –järjestelmät yleistyvät nopeasti henkilöautoissa. Tekninen ratkaisu on suhteellisen yksinkertainen, mutta vaatii kuitenkin normaalia järeämmän käynnistimen ja akun. Järjestelmä vähentää polttoaineen kulutusta jonkin verran kaupunkiajossa.

Taulukko 4.2. Katsaus hybridi- ja sähköajoneuvoihin. (Ricardo 2010)

Hybrid and Electric Vehicle Overview

	Stop-Start	Mild Hybrid	Full Hybrid	Plug-in Hybrid	Electric
Description	<ul style="list-style-type: none"> • Uprated starter motor / belt starter generator + uprated battery. Shuts off engine when vehicle stationary, restarts on pullaway 	<ul style="list-style-type: none"> • Small motor that supplements engine power, usually used together with a down-sized engine 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 or 2 electric motors of significant power • Wheels can be driven either by the IC engine or the electric motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Combination of electric vehicle with a small IC engine as a range extender. Vehicle is plugged in to charge 	<ul style="list-style-type: none"> • Vehicle driven by an electric motor, where energy is from a battery, which requires plugging in to charge
Benefits	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Low cost ✓ Minimal change from baseline ✓ Good FC benefit in heavy urban traffic 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Enables engine downsizing ✓ Improved refinement & performance ✓ Increased generating power 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Enables downsized engine and better performance ✓ Best balance in FC and emissions savings ✓ Electric only mode possible 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Allows further engine downsizing resulting in lower CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Zero emission vehicle (ZEV) at tailpipe ✓ Low noise
Limits	<ul style="list-style-type: none"> ✗ No downsizing possibility ✗ No improvement of performance ✗ Limited FC benefit in highway operation 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Expensive ✗ No electric only mode ✗ Space / cooling for electronics & batteries 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Very expensive ✗ Increased transmission losses from series-parallel ✗ Ltd trailer tow ability 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Expensive due to battery requirements ✗ Vehicle charging infrastructure required 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Expensive battery requirements ✗ Vehicle charging infrastructure ✗ CO₂ emissions depend on energy source
Current Applications	<ul style="list-style-type: none"> • Urban delivery vans, gasoline/diesel cars 	<ul style="list-style-type: none"> • Urban delivery vans, gasoline cars 	<ul style="list-style-type: none"> • Cost-effective gasoline or diesel family vehicles with mixed usage & CVs 	<ul style="list-style-type: none"> • No vehicles yet in the market 	<ul style="list-style-type: none"> • Niche city cars and urban delivery vehicles, currently limited up to 12t

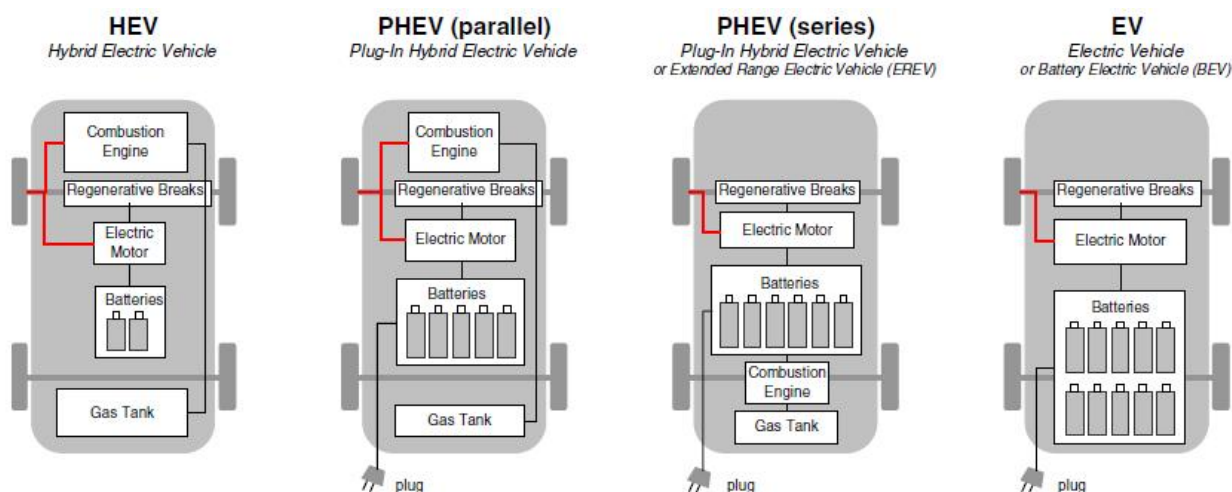
Seuraava askel on "mild hybrid" järjestelmä. Tässä polttomoottorin rinnalla käytetään pienehköä erillistä sähkömoottoria, teholtaan henkilöautossa tyypillisesti 10 – 15 kW. Sähkömoottori avustaa kiihdytyksissä, ja mahdollistaa niin polttomoottorin koon pienentämisen kuin jarrutusenergian talteenoton. Honda Insight on esimerkki tästä autokategoriasta. "Mild hybrid" –ratkaisu ei pääsääntöisesti mahdollista ajoa pelkällä sähköllä. Rakenteellisesti "mild hybrid" on rinnakkaishybridi.

Taulukon 4.2 "full hybrid" –määritelmä tarkoittaa järjestelmää, missä sähköjärjestelmän teho on merkittävä, ja ajaminen pelkällä sähköllä on mahdollista. "Full hybrid" –järjestelmä voidaan toteuttaa joko rinnakkaishybridinä tai sarjahybridinä.

Täyshybridi (full hybrid) on teknisenä terminä epätarkka. Markkinoinnissa tätä termiä on käytetty erottamaan Toyotan Hybrid Synergy Drive –järjestelmä yksinkertaisemmista "mild hybrid" –ratkaisuista. HSD-järjestelmä mahdollistaa ajon sekä polttomoottorin että pelkän sähkömoottorin voimin. HSD-järjestelmä on periaatteessa rinnakkais- ja sarjahybridijärjestelmän yhdistelmä, ja se on käytössä mm. Auris ja Prius hybridimalleissa. Järjestelmään sisältyvä planeettavaihteisto mahdollistaa portaattoman voiman jaon poltto- ja sähkömoottorille (Toyota 2010).

Plug-in hybridi (lataushybridi) on auto johon tuodaan energiaa ulkopuolelta sekä polttoaineen että sähkön muodossa. Koska tarkoituksena on pystyä ajamaan pelkällä sähköllä, plug-in auto täyttää "full hybrid" määritelmän.

Kuvassa 4.7 on havainnekuva eri rakennevaihtoehdoista. Tässä tapauksessa hybridi (HEV) on "full hybrid" –tyyppiä. Plug-autoista on kaksi versiota, "parallel" (rinnakkais) ja "series" (sarja).



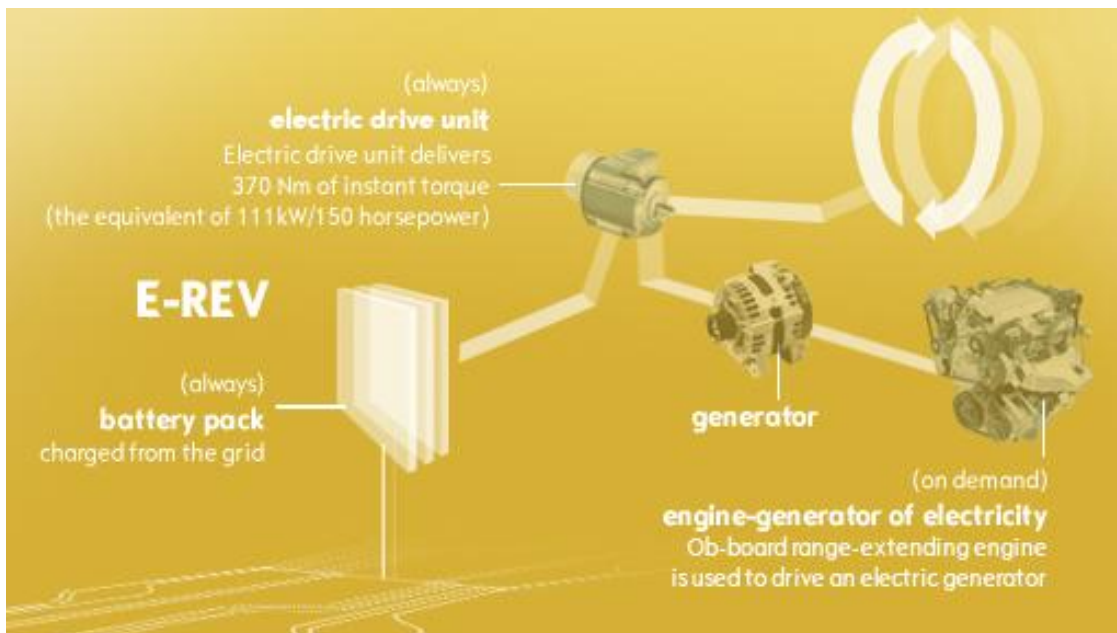
Kuva 4.7. Havainnekuva hybridi- ja sähköautojen rakenteesta. Kuvassa oleva laatikko "Regenerative Brakes" (jarrutusenergian talteenotto) ei ole fyysinen komponentti vaan toiminto. (Korhonen 2010)

Opel Ampera/Chevrolet Volt (GM) ja Fisker Karma ovat esimerkkejä sarjahybridiratkaisuun perustuvista plug-in ratkaisuista. Opelin mukaan Amperan "Voltec"-nimeä kantava voimajärjestelmä on ns. E-REV (extended range electric vehicle) -tyyppiä, ja Opel haluaa tällä tähdentää sitä, että ajo tapahtuu aina sähkömoottorin avulla (kuva 4.8¹). Amperassa generaattoria käyttää 1,4-litrainen bensiinimoottori (Opel 2011).

Fisker Karma saavuttaa täyden suorituskyvyn polttomoottorigeneraattorin ja akuston yhdistelmällä (Sport Mode). Ajomoottorien yhteenlaskettu teho on 403 hv. Pelkällä sähköllä (Stealth Mode) suorituskyky on hieman vaatimattomampi (Fisker 2010). Suorituskykyä pelkällä polttomoottorigeneraattorilla akun ollessa tyhjä ei ole ilmoitettu. Koska polttomoottorin teho on 260 hv (191 kW), lienee suorituskyky kohtuullinen tyhjiälläkin akuilla.

Toyota on ilmoittanut tuovansa Prius-malliin ja sen HSD-järjestelmään perustuvan plug-in version vuonna 2012 (Skogster 2010).

¹ Tammikuussa 2011 kiertää huhu, että Opel Amperassa/Chevrolet Voltissa on myös mekaaninen yhteys polttomoottorista vetäviin pyöriin. Opelin virallisilla verkkosivuilla sanotaan "it uses electricity to drive the car's wheels at all times and speeds" (http://www.opel-ampera.com/index.php/mas/news_events, luettu 18.1.2011).



Kuva 4.8. Opel Amperan sähköinen voimansiirtojärjestelmä. Ajo tapahtuu aina sähkömoottorin avulla, polttomoottori/generaattoriyhdistelmä tuottaa sähköä tarvittaessa. (Opel 2011)

Range extender -generaattori ei yksinkertaisimmillaan takaa täyttä auton suorituskykyä, mutta mahdollistaa autolla ajamisen akun energian loppuessa tai vaihtoehtoisesti akkujen lataamisen auton seistessä. Ranskassa Dassault-yhtymään kuuluva Cleanova tarjoaa plug-in hybridijärjestelmää, jota on sovellettu mm. pieneen Renault Kangoo – pakettiautoon (Cleanova). Järjestelmään kuuluu pieni kaksisylinterinen polttomoottori. Polttomoottori on kytketty sekä generaattoriin että mekaaniseen voimansiirtoon, eli sitä voidaan käyttää joko akkujen lataamiseen tai auton eteenpäin viemiseen mekaanisesti. Kyse on oikeastaan apumoottorilla varustetusta sähköautosta (hybride à prédominance électrique).

Taulukkoon 4.3 on kerätty hybridi- ja sähköautoista käytettyjä lyhenteitä ja niiden selityksiä.

Useissa projektioissa plug-in hybridien/EREV-tyyppisten autojen ennustetaan yleistyvän täyssähköautoja nopeammin. Nykytekniikalla pitkän ajomatkan aikaansaaminen pelkillä akuilla tulee erittäin kalliiksi. Polttomoottori taas on suhteellisen halpa. Yhdistämällä kohtuullisen kokoinen akku ja polttomoottori saadaan täyssähköautoa kustannustehokkaampi auto, joka voi toimia pelkällä sähköllä lyhyemmillä matkoilla ja jolla ei ole täyssähköauton rajoitteita pitkillä matkoilla. Täyssähköautojen osalta englannin kielessä käytetään termiä "range anxiety" kuvaamaan kuluttajien huolta rajoitetusta toimintamatkasta ja tielle jäämisen uhasta akun tyhjentyessä. Lataushybridit ovat yksi mahdollisuus välttää tielle jäämisen uhka, toinen on riittävän tiheä, myös pikalatauspisteitä sisältävä julkinen latausverkosto.

Taulukko 4.3. Hybrideistä ja sähköautoista käytetyt lyhenteet ja termit sekä niiden selitykset.

Lyhenne		Käännös/selite
BEV	battery electric vehicle	akkusähköauto, täyssähköauto, ladataan verkosta
EREV	extended range electric vehicle	generaattorilla (polttomoottori tai polttokenno) varustettu sähköauto, ajo mahdollista akun tyhjennettyä, voidaan myös luokitella PHEV:iksi
EV	electric vehicle	tarkoitetaan yleensä täyssähköautoa
FCEV, FCV	fuel cell electric vehicle, fuel cell vehicle	polttokennoauto, useimmiten hybridisoitu
HEV	hybrid electric vehicle	hybridiauto (polttomoottori ja sähkö), autonominen, ei latausta verkosta
PHEV	plug in hybrid electric vehicle	lataushybridi, ladataan myös verkosta
	full hybrid	täyshybridi, ajo polttomoottorilla tai sähköllä
	parallell hybrid	rinnakkaishybridi, sähkömoottori polttomoottorin rinnalla
	series hybrid	sarjahybridi, ajo aina sähköllä
	range extender	toimintamatkan jatkaja= apugeneraattori (polttomoottori tai polttokenno)

Myös polttokennoauto kuuluu tavallaan sähköautojen tai hybridien joukkoon, ja yhdistävä tekijä on sähköinen voimansiirto. Teknisesti polttokennoauto on sarjahybridiauto, jossa vedyllä toimiva polttokenno toimii sähkön lähteenä, eli käytännössä sähkövaraston latarina. Kuvassa 4.9 on Honda Clarity polttokennoauton rakenne. Itse sähköä tuottava polttokenno näkyy kuvassa heti etupyörän takana, punainen kaasumaisen vedyn säiliö on auton takaosassa.



Kuva 4.9. Honda Clarity polttokennoauton rakenne. Kuvan 4.3 sähkömoottori-alennusvaihte-tasauspyörästä –yhdistelmä on myös Honda Clarity –autosta. (Honda 2011)

Toinen esimerkki polttokennoautosta on Mercedes-Benz B F-Cell (Mercedes-Benz 2009). Hondan ja Mercedes-Benzin polttokennoautoihin ei ladata sähköenergiaa verkosta. Mercedes-Benz B F-Cell’issä akun kapasiteetti on 1,4 kWh, vastaten tavanomaisen hybridin akkukapasiteettia.

Taulukkoon on 4.4 on koottu eri sähköautotyyppien (henkilöautot) suuntaa antavia akkukapasiteetti- ja toimintamatka-arvoja. Sähköauton energiankulutus on auton koosta riippuen suuruusluokkaisesti 0,15 – 0,25 kWh/km. Sähköistä toimintamatkaa ei pysty aivan suoraan johtamaan akkukapasiteetista, koska esim. hybridautojen kohdalla vain pieni osa akuston nimelliskapasiteetista on käytössä.

Taulukko 4.4. Eri sähköautotyyppien (henkilöautot) suuntaa antavia akkukapasiteetti- ja toimintamatka-arvoja sähköllä suotuisissa olosuhteissa.

Autotyyppi	Akkukapasiteetti (kWh)	Sähköinen toimintamatka (km)
HEV	1 – 2	0 – 2
PHEV	5 – 10	20 - 50
EREV	15 - 20	50 – 100
BEV	15 – 30	100 – 150 (200)

5. Akkujen kehitystilanne

- Akku on täyssähköauton kriittisin komponentti, sekä auton hinnan että sen suorituskyvyn kannalta.
- Keskeisiä parametreja akkujen suorituskykyä arvioitaessa ovat energian varastointikyky (ominaisenergia, Wh/kg), tehon luovutuskyky (W/kg), latausvirran sieto (C), kestävyys (lataussyklien lukumäärä, kalenteriaika) ja turvallisuus.
- Autonomisissa hybrideissä vaaditaan ensisijaisesti tehon vastaanotto- ja luovutuskykyä, ja vallitseva akkuteknikka on NiMH-akut.
- Energian varastoinnissa (täyssähköautot ja plug-in hybridit) litiumioniakut dominoivat.
- Akkukemia vaikuttaa suuresti litiumioniakun ominaisuuksiin, ja valinta on usein suorituskyvyn ja turvallisuuden kompromissi.
- Tällä hetkellä litiumioniakkujärjestelmä maksaa noin 800 €/kWh, hinnan odotetaan laskevan tasolle 200 €/kWh vuoteen 2020 mennessä.
- Energian varastointikyvyn osalta tavoite kehitystavoite on n. 300 Wh/kg (nykyisin 100 – 150 Wh/kg kennojen tasolla).
- Litiumioniakkujen todellinen kestoikä on vielä kysymysmerkki, autonvalmistajat antavat yleensä akuille 5 vuoden takuun, tavoite on yli 10 vuoden kestoikä.
- Jos akkuteknologiassa ei tapahdu merkittävää kehitystä, täyssähköautot saattavat jäädä merkitykseltään marginaalisiksi taajama-ajoneuvoiksi tai kakosautoiksi.
- Sähköautojen yleistyessä joudutaan miettimään akkujen toisiokäyttöä ja kierrätystä.

5.1 Yleistä

Täyssähköautojen todellinen läpimurto riippuu toisaalta akkujen suorituskyvyn kehityksestä ja toisaalta niiden hintakehityksestä. Advanced Automotive Batteries (2010) toteaa, että akkujen huono energiatiheys ja korkea hinta rajoittavat lähitulevaisuudessa täyssähköautojen sovellukset rajoitetun toimintamatkan omaaviin taajama-ajoneuvoihin. Vastaavanlainen kommentti on Komission kevään 2010 tiedonannossa eurooppalaisesta puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen strategiasta (KOM(2010)186 lopullinen).

Litiumioniakkujen ominaisenergia (specific energy) on suuruusluokkaisesti 0,1 – 0,15 kWh/kg. Vastaavasti yhden bensiini- tai dieselpolttoainekilon sisältämä energiamäärä on noin 12 kWh, eli satakertainen akkuihin verrattuna. Hyötysuhde-erokin huomioiden tietylle ajomatkalle tarvittava akkumäärä painaa noin 20 - 25 kertaa enemmän kuin polttomoottoriauton tarvitsema bensiini- tai dieselpolttoaine.

Akkujen ja akkukennojen suorituskykyä kuvaavia parametreja ovat mm. (Energy Storage Compendium 2010):

- energian varastointikyky (ominaisenergia, Wh/kg tai Wh/dm³)
- tehonluovutuskyky tai tehotiheys (W/kg tai W/dm³)
- jännite (kennotasolla, V)
- syklikesto (purku- ja lataussyklien määrä)
- ajallinen kesto (kalenterivuosina)
- lämpötila-alue (oC)
- latauksen kesto (C-suhde)
- hinta (€/kWh)

Lisäksi turvallisuus- ja ympäristötekijät on huomioitava akkuteknologioiden valinnassa. Jotkut akkutyypit ylikuumentuvat tai syttyvät palamaan väärän käsittelyn seurauksena, toiset taas sisältävät myrkyllisiä yhdisteitä jotka voivat vapautua ongelmatilanteessa.

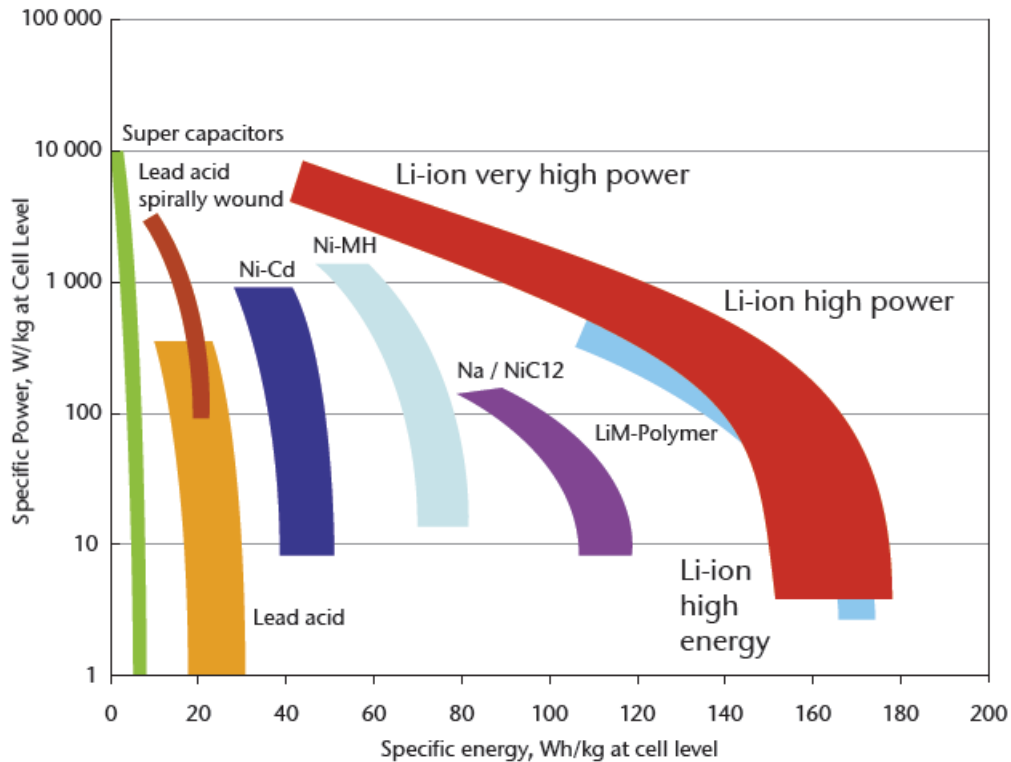
5.2 Akkutyypit

Lyijyakkuihin perustuvat sähköautot eivät ole kyenneet laajaan läpimurtoon. Rajoittavina tekijöinä ovat alhainen energiatiheys (20 – 40 Wh/kg) ja rajoitettu kestoikä. Lyhyestä käyttöiästä johtuen käyttökustannukset ovat olleet korkeat. Nikkeli-kadmiumakut tarjoavat lyijyakkua paremman suorituskyvyn, mutta ongelmana on kadmiumin myrkyllisyys. Hybridiautoissa käytetyt nikkeli-metallihydridiakut (NiMH) antavat vastaavan tai jopa paremman suorituskyvyn kuin nikkeli-kadmiumakut. NiMH-akkujen tehonluovutuskyky on hyvä. Täyssähköautot tarvitsevat kuitenkin ensisijaisesti energianvarastointikykyä, ja tässä suhteessa litiumioniakut ovat NiMH-akkuja parempia (Advanced Automotive Batteries 2010). Löytyy myös esimerkkejä litiumioniakkujen soveltamisesta hybridiajoneuvoihin.

Vuorilehdon (2010) mukaan akkuteknikka on luonteeltaan hyvin hitaasti kehittyvää. Sony toi ensimmäisenä litiumioniakut markkinoille vuonna 1991. Ne olivat olennaisesti samanlaisia kuin nykyiset akut. Parinkymmenen vuoden aikana on yksityiskohdissa kuitenkin tapahtunut edistystä, joten litiumioniakkujen energiatiheys on kaksinkertaistunut alkuperäisestä. Vuorilehto toteaa yleistyksenä, että 10 % parannukset suorituskyvyssä ovat suuria harppauksia.

Kuvassa 5.1 on eri akkutyypin energia- ja tehotiheydet. Kuvaan on lyijyakkujen, nikkeli-kadmium, NiMH-akkujen ja litiumioniakkujen lisäksi merkitty myös natriummetallikloridi korkealämpötila-akku (Zebra, käytetty myös Think-sähköautossa), litiummetalli-polymeeriakku ja superkondensaattorit (super capacitors). Kondensaattorien tehonluovutuskyky on erinomainen, mutta energian varastointikyky lyijyakkuakin selvästi huonompi. Kuvasta käy myös ilmi, että litiumioniakut voidaan optimoida joko energiatihyteen tai tehonluovutuskykyyn.

Taulukossa 5.1 on eri akkutyypin vertailu. Verrattaessa perinteistä lyijyakkua ja rautafosfaattityypistä litiumioniakkua nähdään, että litiumioniakun energiatiheys on noin 3,5-kertainen ja syklinkesto yli 10-kertainen lyijyakkuun verrattuna. Litiumioniakku on kuitenkin 3-4 kertaa hyvää pitkäaikaista lyijyakkua kalliimpi.



Kuva 5.1. Eri akkutyypin energia- ja tehotehiys. (IEA 2009)

Taulukko 5.1. Eri akkutyypin tunnuslukuja. Turvallisuuden (relative safety) ja ympäris-
tövaikutusten (relative environmental) osalta 1 on paras ja 4 huonoin (Alatalo 2010 a)

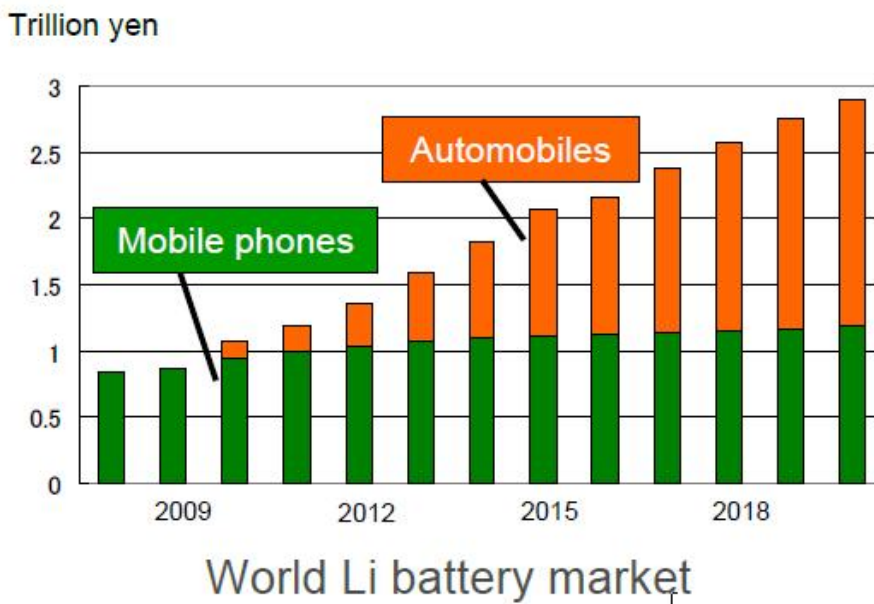
	Lead Acid	NiCd	NiMH	Li - ion LiCoO ₂	Li - ion LiFePO ₄
Battery/pack specific energy, Wh/kg	30-50	45-80	60-110	110-200	100-180
Cycles	200-300	1500	300-500	500-1000	3000+
Charge time, hr	2-5	1	2-3	1-3	1 - 2
Self discharge/mo, %	5	20	30	3	2
Avg operating Voltage	2	1.2	1.2	3.6	3.2
Relative battery/pack cost	1X	3-4X	3-4X	4-5X	3-4X
Relative safety	2	1	1	4	1
Relative environmental	3	4	2	2	1

5.3 Litiumioniakut

5.3.1 Yleistä

Litiumioniakuissa on kolme pääkomponenttia: positiivinen litiumia sisältävä metallioksidi- tai fosfaattielektrodi (katodi), negatiivinen yleensä hiilipohjainen elektrodi (anodi) ja elektrolyytti (yleensä neste). Kennojännite muodostuu elektrodeina käytettyjen materiaalien potentiaalierosta. Energian varastoinnin tehokkuuden kannalta korkea jännite on eduksi. (Advanced Automotive Batteries 2010)

Suurin osa litiumionikennojen ja -akkujen tuotannosta tapahtuu Aasiassa. Viisi suurinta valmistajaa on tunnettuja viihde-elektronikasta, japanilaiset Sanyo, Sony ja Panasonic ja korealaiset Samsung ja LG. Maittain litiumioniakkujen tuotanto jakautuu Japani noin 40 % ja Korea ja Kiina kumpikin noin 30 % (Advanced Automotive Batteries 2010). Yoshida (2010) ennustaa, että sähköautot ohittavat matkapuhelimet litiumioniakkujen käyttökoh- teena vuoden 2017 paikkeilla (kuva 5.2).



Kuva 5.2. Ennuste litiumioniakkujen käytöstä matkapuhelimissa ja sähköautoissa. (Yoshida 2010)

Suurten sähköautoihin sopivien energia-akkujen tuotanto on vasta käynnistysvaiheessa. Ajoneuvoihin tarkoitettujen järjestelmien valmistajia ovat mm. AESC (Nissan), Altair Nanotechnologies, a123systems, EnerDel, Hitachi, Johnson Controls – Saft, K2 Energy Solutions, LG Chem (GM), Li-Tec Battery, Lithium Energy Japan (Mitsubishi), Magna Steyr, Panasonic, SB LiMotive, Thundersky, Toshiba ja Valence (Advanced Automotive Batteries 2010, Energy Storage Compendium 2010). Kotimainen European Batteries Oy on käynnistänyt K2:n LFP-rautafosfaattiteknologiaan perustuvan akkutehtaan Varkauteen. (Alatalo 2010 b).

5.3.2 Litiumioniakkujen kemia

Ajoneuvoihin tarkoitettuja litiumioniakkuja voidaan tehdä eri kemioilla elektrodien ja elektrolyytin koostumuksesta riippuen. Anodin osalta vaihtoehdot ovat (Energy Storage Compendium 2010):

- grafiitti (yleisin)
- kova hiili (koksi)
- litiumtitanaatti (LTO)

Katodin osalta pääasialliset vaihtoehdot ovat:

- litium-nikkeli-koboltti-alumiini (NCA)
- litium-mangaani (LMO)
- litium-rautafosfaatti (LFP)

Elektrolyyttivaihtoehdot ovat:

- nestemäiset orgaaniset liuottimet
- geelit
- polymeerit
- ioniset nesteet

Näistä syntyy taulukossa 5.2 luetellut päävaihtoehdot. Kaikilla vaihtoehdoilla on hyvät ja huonot puolensa, eikä pelkän kemian perusteella voida nimetä selvää voittajaehdokasta (Energy Storage Compendium 2010).

*Taulukko 5.2. Eri litiumioniakkujen ominaisuuksia. (Energy Storage Compendium 2010)
Huom.: Litiumtitanaattiakulle ilmoitettu poikkeuksellisen korkea energian varastointikyky, muissa lähteissä ~80 Wh/kg.*

Chemistry	Energy Density Wh/Kg	Advantages	Disadvantages
Lithium Nickel Cobalt Aluminum (NCA)	170	Most Proven High Energy Density High Power	Safety Cost (Cobalt and Nickel) Life expectancy Range of charge
Lithium Manganese Spinel (LMO/LTO)	150	Cost	Life expectancy Safety Low Temperature Perform.
Lithium Titanate (LTO)	150	Safety Life expectancy Discharge time Range of charge	Cost vs. LMO Energy density
Lithium Iron Phosphate (LFP)	140	Safety Life expectancy Range of charge Cost	Low Temperatures Perform.

Negatiivielektrodina käytetään pääasiassa grafiittia. Grafiitti antaa korkean ja tasaisen jännitteen (3,6 V kobolttioksidin kanssa), ja on raaka-aineena melko edullista. Tästä selvästi poikkeava vaihtoehto on litiumtitanaatti. Se antaa vain noin 2,2 V jännitteen, mutta mahdollistaa erittäin suuret lataus- ja purkausnopeudet. Lisäksi litiumtitanaatti on käytössä lähes kulumatonta, mikä mahdollistaa akulle erittäin pitkän käyttöiän. (Vuorilehto 2010)

Pienissä akuissa positiivielektrodina käytetään perinteisesti kobolttioksidia LiCoO_2 (LCO). Sen etuna on korkea jännite (em. 3,6 V grafiitin kanssa), mutta haittana kobolttin korkea hinta ja myrkyllisyys sekä turvallisuusongelmat. Kobolttioksidi soveltuu matkapuhelinakuihin, mutta raaka-aineen hinta ja riittävyys rajoittavat sen käyttöä suurissa sovelluskohteissa. Kobolttioksidia voidaan laimentaa mm. nikkellillä, mangaanilla ja alumiinilla. Vaihtoehtoina ovat taulukossa 5.2 mainittu nikkeli-koboltti-alumiini (NCA) ja lisäksi nikkeli-mangaani-koboltti (NMC). Mangaanioksidin perustuva katodi on turvallisempi ja ympäristöystävällisempi vaihtoehto kuin kobolttiin ja nikkeliin perustuva katodi. (Energy Storage Compendium 2010, Vuorilehto 2010)

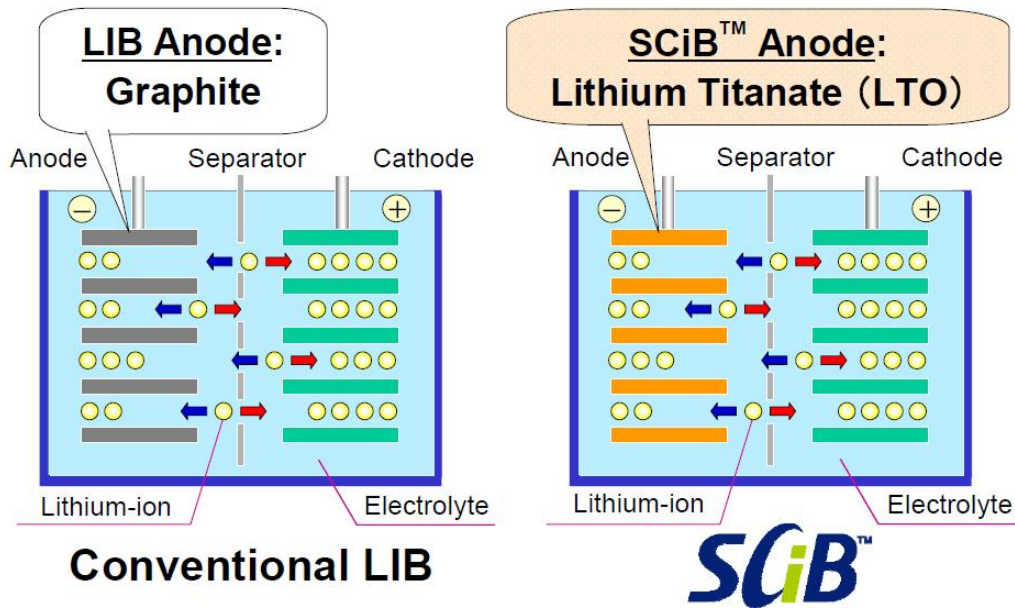
Ajoneuvosovelluksissa myös rautafosfaatti LiFePO_4 on varteenotettava vaihtoehto. Se antaa kobolttioksidia alemman jännitteen (3,2 V grafiitin kanssa), mutta on turvallinen ja pitkäikäinen. Rautafosfaatti on myös nopeasti ladattavissa ja purettavissa. Vaikka raaka-aineet rauta ja fosfori ovat helposti saatavissa, hinta on melko korkea vaikean valmistusprosessin ja sotkuisen patenttitilanteen takia. (Vuorilehto 2010, Advanced Automotive Batteries 2010)

Sekä katodin että anodin valmistuksessa käytetään ohuen kalvon pinnoitusta lietteellä tai suspensiolla. Anodissa kalvona on kuparifolio, katodissa alumiinifolio. Pinnoitteen sitomiseen käytetään polymeeripohjaisia sideaineita. Katodi on litiumioniakun kriittisin komponentti (Advanced Automotive Batteries 2010):

- se on kennon kallein komponentti
- se on kennon painavin komponentti
- suorituskyvyn heikkeneminen johtuu yleensä katodin muuttumisesta
- ongelmatilanteissa katodi on merkittävä lämmön lähde

Elektrolyytinä käytetään lähes kaikissa litiumioniakuissa litiumheksafluorofosfaattia LiPF_6 , joka on liuotettu orgaaniseen karbonaattiseokseen. Heksafluorofosfaatti hajoaa kosteuden vaikutuksesta muodostaen fluorivetyhappoa, joka on erittäin syövyttävää. Tämä pakottaa valmistamaan litiumioniakut äärimmäisen kuivissa oloissa. Pienissä ja litteissä akuissa voidaan käyttää teollisestikin geelimäisiä elektrolyyttejä, jolloin akkua kutsutaan litium-polymeeriakuiksi. Geelimäisyys vähentää elektrolyytinesteeseen valumisen riskiä. Suurissa akuissa ei yleensä käytetä geelejä. (Vuorilehto 2010)

Kuvassa 5.3 on esitetty litiumioniakun periaatteellinen rakenne. Kuvassa on kaksi vaihtoehtoa, grafiittianodilla varustettu akku ja litiumtitanaattianodilla (LTO) varustettu akku.



Kuva 5.3. Litiumioniakkujen rakenne. Vasemmalla grafiittianodi, oikealla litiumtitanaattianodi SCiB on Toshibaan tuotemerkki. (Honda, K. 2010)

Akkuihin liittyy aina tiettyjä riskejä. Silloin tällöin uutisoidaan matkapuhelin- tai tietokoneakkujen paloista ja räjähdyksistä. Sähköautojen akkujen kohdalla on kyse suurista energiamääristä, ja niinpä autojen akut ovat lähtökohtaisesti riskialttiita. Niinpä kobolttioksidi ei ole ensisijainen valinta autoakkuihin, vaan dominoivat kemiat ovat mangaanioksidi ja rautafosfaatti.

Anodin riski on litiummetallin saostuminen grafiitin pinnalle. Normaalisti litium esiintyy akussa vain ionina, ei metallina. Pieni häiriö latauksessa, esimerkiksi liian nopea lataus, aiheuttaa herkästi litiummetallin saostumista. Tämä voi sytyttää koko akun palamaan. Toinen riski on grafiitin palaminen. Litiumioniakun tiukkaan puristettu grafiitti ei syty herkästi, mutta jos akku syttyy palamaan, grafiitti on erinomaista polttoainetta. Toisin kuin grafiitti, litiumtitanaatti on liki täysin turvallista, eikä metallista litiumia synny ilman vakavaa väärinkäyttöä. Litiumtitanaatti ei myöskään pala. (Vuorilehto 2010)

Katodin riski on kobolttioksidin hilarakenteen romahtaminen yllilatauksen seurauksena. Tällöin vapautuu happea, joka puolestaan polttaa grafiitissa olevan litiumin. Tämä voi pahimmillaan aiheuttaa räjähdysriskin. Kobolttin laimentaminen nikkeliillä ja mangaanilla pienentää tätä riskiä, mutta ei poista sitä. Mangaanioksidin hila ei romahda vastaavalla tavalla, mutta kuumassa sekin vapauttaa happea tuhoisin seurauksin. Rautafosfaatti on liki täysin turvallista. Sen voi ladata ongelmitta aivan täyteen, eikä se vapauta happea missään realistisissa olosuhteissa. (Vuorilehto 2010)

Akkukemiaa ei siis voi optimoida pelkästään kennojännitteen perusteella, myös turvallisuus ja latauksen kesto on huomioitava. Vuorilehdon (2010) mukaan turvallisimmin akku sisältäisi litiumtitanaatti-anodin ja rautafosfaatti-katodin. Koska molemmat alentavat jännitettä, saataisiin akkukennosta enää noin 1,8 V jännite. Käytännössä joudutaan tekemään kompromisseja. Ajoneuvokäytössä turvallinen litiumtitanaatti voidaan yhdistää korkean jännitteen mangaanioksidisiin, tai turvallinen rautafosfaatti korkean jännitteen grafiittiin.

Akkujen ja sähköautojen latausta käsitellään kohdassa 5.4 ja luvussa 6.

5.3.3 Mekaaninen rakenne

Perinteinen litiumionikemien rakennemuoto on sylinterimäinen. Prismaattisia kennoja käytetään mm. matkapuhelimissa. Suuriin energia-akkuihin on kehitetty pussimainen rakenne (kuva 5.4).

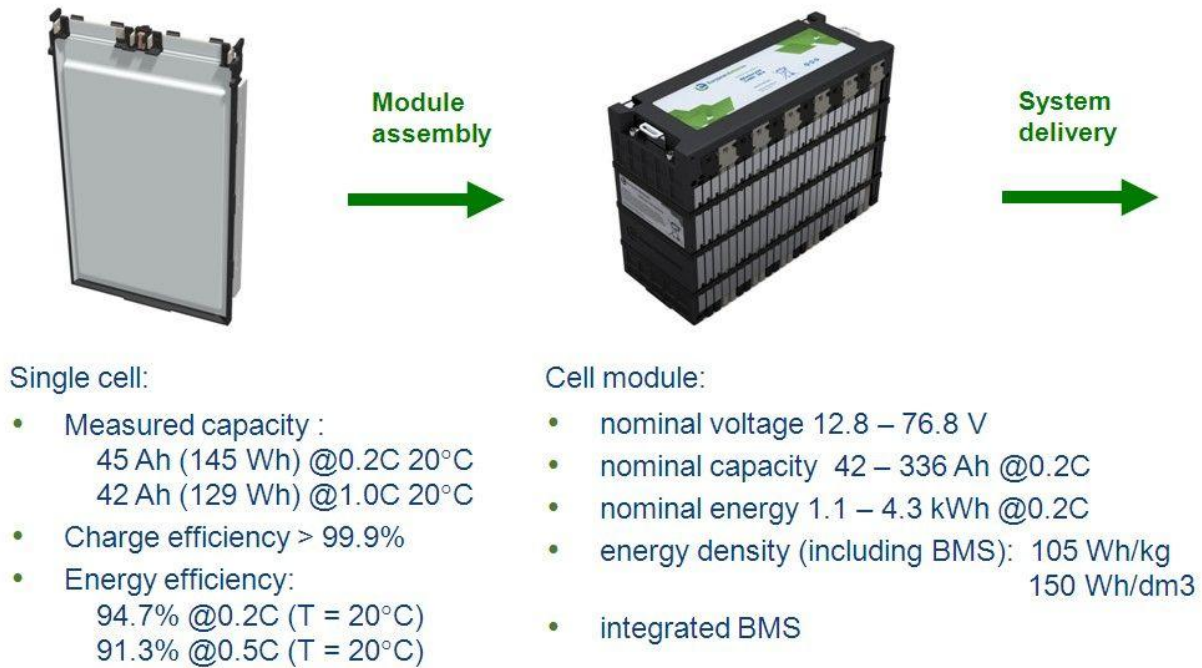


Kuva 5.4. Litiumakkukemien rakennemuotoja (sylinterimäinen, prismaattinen, pussimainen rakenne). (Energy Storage Compendium 2010)

Sopivan jännitetason ja kapasiteetin aikaansaamiseksi yksittäisiä kennoja kytketään sarjaan ja rintaan. Omanlaisensa ennätyksen muodostaa Tesla Roadster, jossa on yhteensä 6831 kappaletta kannettavissa tietokoneissakin käytettyjä sylinterimäisiä akkukemioja (Tesla 2010). Teslan akuston jännite on 366 V, ja kapasiteetti 53 kWh. Teslan järjestelmässä yhden yksittäisen kemion vaurioituminen ei lamaannuta järjestelmän toimintaa (Advanced Automotive Batteries 2010).

European Batteries (EB) on käynnistänyt rautafosfaattiin pohjautuvien akkukemien ja akkujen tuotantoa Varkaudessa (European Batteries 2010). EB:n kemiot ovat litteitä pussikemioja. Yhden kemion nimelliskapasiteetti on 42 Ah. Nimellisjännite on 3,2 V ja yhden kemion energiamäärä 129 – 145 Wh purkausvirrasta riippuen. Yksi kenno painaa noin 1 kg. Kemioista kootaan moduuleja, joiden nimellisjännite on 12,8 - 78 V ja nimellisenergia (noin) 1, 2 3 tai 4 kWh (kuva 5.5). Moduuleissa on 8 – 32 kennoa. Suuremmat järjestelmät tehdään kytkemällä moduuleja sarjaan.

Nissan Leaf sähköautossa käytetään Nissanin ja Nippon Electric Companyn (NEC) yhteisyrityksen AESC:n (Automotive Energy Supply Corporation) pussityyppisiä kennoja. Kemiojännite on 3,7 V ja kapasiteetti 33 Ah. Kemiot on koottu neljän kemion moduuleihin kytkemällä ne 2 rintaan ja 2 sarjaan. Yhden moduulin energiamäärä on 0,485 kWh (Advanced Automotive Batteries 2010). Nissan Leafin akkuratkaisu on kuvassa 5.5. Moduulit muistuttavat säilykepurkkeja.



Kuva 5.5. European Batteriesin litiumrauta-fosfaattikemmo ja akkumoduulit. (Väyrynen 2011)



Kuva 5.5. Nissan Leafin akkuratkaisu. Oikealla reunassa oleva moduuli on leikattu auki paljastaen pussimaiset kennot. Kuva Nils-Olof Nylund.

5.3.4 Akkujen apujärjestelmät

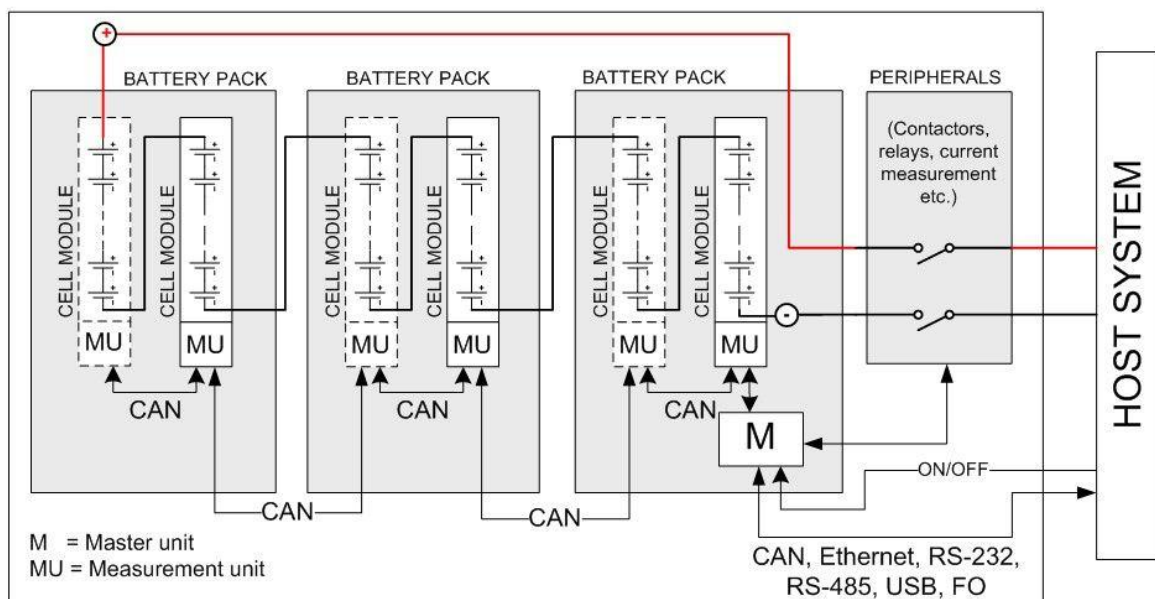
Kehittyneet akut tarvitsevat tuekseen apujärjestelmiä. Näistä tärkeimmät ovat sähköinen akunhallintajärjestelmä (Battery Management System BMS) ja akuston jäähdytys/lämmitysjärjestelmä.

Akunhallintajärjestelmä on akuston "aivot". Järjestelmään kuuluu mm. seuraavat toiminnot (Advanced Automotive Batteries 2010):

- akuston jännitteen, virran ja lämpötilan hallinta
- akkujärjestelmän tilaa kuvaavien signaalien generointi (esim. lataustilan State of Charge SOC määrittely)
- releiden ohjaus (suojaus, puhaltimien ohjaus jne.)
- lämmönhallintajärjestelmän ohjaus
- kommunikointi ajoneuvojärjestelmien kanssa

Eräs akunhallintajärjestelmän tärkeimmistä tehtävistä on yksittäisten akkukennojen valvonta ja valvonta ja sähköinen tasapainottaminen. Akkukennoissa esiintyy aina valmistusprosessista johtuvia vaihteluja. Jos kennoja kytkettäisiin yhteen ilman kompensointia, yksittäiset kennot saattaisivat ajan myötä ylikuormittua ja tuhoutua esim. lataustilanteessa, ja tämä taas johtaisi koko akun vaurioitumiseen. Sähköinen kennokohtainen akunhallintajärjestelmä on kustannustehokkaampi ja järkevämpi tapa kuin akkukennojen valmistaminen erittäin tiukkoihin toleransseihin.

Kuvassa 5.6 on European Batteries Oy:n akunhallintajärjestelmän lohkokaavio. Jokaisella moduulilla on oma mittausyksikkönsä (measurement unit, MU), joka huolehtii kennojen jännitteiden ja moduulin lämpötilan valvonnasta sekä kennojen varaustilojen tasaamisesta. Pääyksikkö (master unit, M) puolestaan ohjaa moduulikohtaisia yksiköitä ja tämän lisäksi kommunikoi ajoneuvon muiden järjestelmien kanssa ja ohjaa esim. releitä.



Kuva 5.6. Akunhallintajärjestelmän rakenne. (Värynen 2011)

Sähköajoneuvojen akustot varustetaan yleensä lämmönhallintajärjestelmillä. Kuumissa olosuhteissa akut saattavat vaatia jäädytystä kestoian, luotettavuuden ja turvallisuuden takaamiseksi. Kylmissä olosuhteissa taas saatetaan tarvita lämmitystä tehonluovutuskyvyn ja latauksen varmistamiseksi. Jäädytysjärjestelmät toteutetaan joko nestekierrolla, ilmapuhalluksella tai erilaisilla konvektiojäädytysratkaisuilla. Kahdesta paljon huomiota saaneesta sähköautomallista, Mitsubishi i-MiEV:istä ja Nissan Leafistä (kuva 5.5) jäädytys puuttuu kuitenkin kokonaan. (Advanced Automotive Batteries 2010)

Ajon aikana tapahtuva jäädytys vaatii energiaa ja lyhentää toimintamatkaa. Akkujen lämmitys kylmässä vie sekin energiaa, mutta parantaa samalla akkujen tehonluovutuskykyä. Latauksen yhteydessä tapahtuva lämmitys ei verota toimintamatkaa (sähkö otetaan verkosta).

5.4 Akkujen lataus ja purku

Akun purkaus- ja latausvirta vaikuttaa oleellisesti akun suoritusarvoihin ja kestoikään. Purkutilanteessa pienempi purkuvirta tarkoittaa suurempaa käytettävissä olevaa energiamäärää. Suuret purku- ja latausvirrat lyhentävät akkujen käyttöikä. Myös syvät purkaussyklit lyhentävät akkujen kestoikää. Hybridisovelluksissa suuri tehon luovutus- ja vastaanottokyky on tärkeää, ja tämä johtaa suuriin virtoihin. Kestoian takaamiseksi hybridiautoissa käytetään vain osaa akkukapasiteetista. Täyssähköautoissa joudutaan syvempiin purkauksiin riittävän ajomatkan takaamiseksi, ja kestoiastä taas huolehditaan virtoja rajoittamalla.

Akkujen yhteydessä käytetään usein kirjainta C kuvaamaan akun virransietokykyä lataus- tai purkutilanteessa (Tikka 2010). C-arvon ollessa 1 (1C) akku voidaan ladata tai purkaa yhdessä tunnissa. Sähköauton akku mitoitetaan tyypillisesti 3C:n hetkelliselle purkausvirralle. Tämä tarkoittaa, että täyssähköauton kohdalla esim. 30 kWh:n akustosta saadaan hetkellisesti 90 kW:n teho. Vastaavalla teholla tai virralla ladattaessa lataus kestäisi 1/3 tuntia eli 20 minuuttia. Mm. akkujen lämpeneminen saattaa kuitenkin rajoittaa latausnopeutta. Yleensä akuille sallitaan suurempia virtoja purettaessa kuin ladattaessa.

Tesla-urheiluautossa on poikkeuksellisen iso akusto, 53 kWh. Normaaliajossa jatkuva keskiteho on 15 – 20 kW, joten purkuvirta on keskimäärin tasolla 0.3C, joka vastaa kannettavien tietokoneiden purkuvirtaa (akku tyhjenee 3 tunnissa). Jos akkua puretaan keskimäärin tätä nopeammin, tämä vaikuttaa negatiivisesti akun jännitetasoon, kapasiteettiin, lämpenemiseen ja kestoikään. (Advanced Automotive Batteries 2010)

Esim. European Batteries ilmoittaa akkumoduulin energian varastointikyvyn 0.2C purkausvirralla (kuva 5.3). Maksimi latausvirta on 1C, ja suositeltava latausvirta noin 0.5C. Hetkellisen purkausvirran osalta arvot ovat vastaavasti 4C (maksimi) ja 3C (suositeltava). (Alatalo 2010 b)

Toshiban litiumtitanaattiakuille (kuva 5.3) C-arvoksi ilmoitetaan jopa 12 (Honda, K. 2010). Tämä tarkoittaa että akun varausaika on 1/12 tuntia eli 5 minuuttia.

5.5 Vaihdeettavat akustot

Pikalatauksen vaihtoehdoksi on kehitetty akkujen vaihtojärjestelmiä. Kotimainen Puro Oy on kehittänyt Roclan trukkeihin automatisoidun akunvaihtojärjestelmän (Puro 2008). Autopuolella tunnetuin toimija lienee oleva Better Place –yritys, joka tekee yhteistyötä mm. Nissanin ja Renaultin kanssa (Better Place 2010).

Better Place on yhteistyössä Tokion suurimman taksirytyksen kanssa demonstroinut akunvaihtoa taksikäytössä (Green Car Congress 2010). Auton alta toimiva akunvaihtojärjestelmä on esitetty kuvissa 5.7 ja 5.8. Akunvaihtojärjestelmällä on kuitenkin merkittäviä rajoitteita ja haasteita. Näitä ovat mm.:

- järjestelmän kalleus
- tarve akkupakettien standardoinnille
- auto tulee alun perin suunnitella vaihdettavaa akkupakettia varten
- heijastumat auton tilankäyttöön
- korkeita jännitteitä ja suuria virtoja siirtävien liittimien toiminta
- vaihtojärjestelmän luotettava toiminta likaisissa, lumisissa ja jäisissä olosuhteissa (haaste jos akut vaihdetaan alakautta)



Kuva 5.7. Akkujen vaihtoasema. (Better Place 2010)



Kuva 5.8. Akkupaketti ja auton alla toimiva akkupaketin nostojärjestelmä. (Green Car Congress 2010)

Renault Fluence sähköautosta on tulossa vaihdettavalla akulla varustettu versio. Fluence on neliovinen sedan-mallinen perheauto. Akkupaketti on sijoitettu tavaratilan etuosaan välittömästi takaistuimen selkänojan taakse. Akun vaihdon pitäisi onnistua n. 3 minuutissa. (Renault 2010)

Lienee melko epätodennäköistä, että autonvalmistajat pääsisivät yhteisymmärrykseen standardoitujen akkupakettien käytöstä. Lienee myös mahdotonta, että akunvaihtopisteessä olisi tarjolla paljon erityyppisiä akkupaketteja. Optimaalisen tilankäytön kannalta vaihdettava akkupaketti on huono vaihtoehto. Jo esitellyissä sähköautoissa valmistajat ovat pyrkineet tilankäytön optimointiin "hajasijoittamalla" akkumoduuleja ja esim. hyödyntämällä auton keskitunnelia. Suomessa talviaikana käytettävä tiesuola ja autojen alustoihin kertyvä lumi ja jää muodostaisivat erityisten haasteen. Arvaus tässä vaiheessa on, että akunvaihtojärjestelmät tulevat rajoittumaan hyötyajoneuvoihin, esim. pakettiautoihin, busseihin tai Tokion esimerkin mukaisesti takseihin.

Esim. akkujen omistusjärjestelyiden ja uusiokäytön kannalta vaihdettavat akut olisivat hyvä ratkaisu. Tässä tapauksessa palvelun tarjoaja omistaisi akut, ja kuluttaja maksaisi palvelusta ja akkujen käytöstä, eikä auton ostaja joutuisi maksamaan kallista akkua autoa ostaessaan.

5.6 Akkujärjestelmien tunnuslukuja

Advanced Automotive Batteries –raporttiin (2010) on esitetty tunnuslukuja sähköautojen akkukennojen ja akkujärjestelmistä. Taulukossa 5.3 on esimerkkejä akkujärjestelmien tunnusluvuista.

Taulukko 5.3. Esimerkkejä sähköautojen litiumioniakkujärjestelmien tunnusluvuista. (Advanced Automotive Batteries 2010)

Auto	Chevrolet Volt/ Opel Ampera	Mitsubishi i-MiEV	Tesla Roadster
Auton tyyppi	EREV	BEV	BEV
Kennojen lukumäärä	288	88	6831
Jännite (V)	370	330	411/297
Energiamäärä (kWh)	16 (8 [*])	16	53 ^{**}
Paino (kg)	190	200	450
Energian varastointikyky (Wh/kg)	84 (42)	80	120
Maks. tehonluovutuskyky (kW)	110 (7C)	60 (4C)	215 ^{***} (4 C)
Maks. tehonluovutuskyky (W/kg)	580	300	480
Keskim. tehonluovutuskyky (kW)	?	?	53 (1C)
Maks. latausteho (kW)	?	40 (2.5C)	70 (1.3C)

^{*}) käytettävissä oleva energiamäärä 50 % nimelliskapasiteetista = 8 kWh

^{**}) Teslan oma ilmoitus 56 kWh ^{***}) johdettu moottorin tehokemasta

5.7 Autonvalmistajien akkuvalinnat

Taulukossa 5.4 on lueteltu eri autonvalmistajien akkuvalintoja. Luettelossa on sekä autonomisia hybridejä, plug-in hybridejä että täyssähköautoja. Kaikissa taulukon esimerkeissä käytetään litiumioniakkuja.

5.8 Akkujen hinta, kestoikä ja kehitysnäkymät

5.8.1 Yleistä

Täyssähköautot eivät vielä tällä hetkellä ole kilpailukykyisiä johtuen akkujen kalleudesta ja suhteellisen vaatimattomasta suorituskyvystä. IEEE:n (Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE) keskustelupalstalla todetaan joulukuussa 2010 seuraavaa (IEEE Spectrum 2010):

"Miten sähköautosta tulee kilpailukykyinen? Kaikki riippuu akuista. Tarvitaan akku, joka kestää vähintään 15 vuotta syviä purkaussyklejä. Energian varastointikykyyn pitää parantua minimissään kertoimella viisi, mieluiten kertoimella kuusi tai seitsemän, ja hinta pitää saada alentumaan kertoimella kolme. Näin saadaan aikaan keskikokoinen sähköauto, jonka kiihtyvyyden ja toimintamatka kohtuudella vastaavat polttomoottoriautojen suoritusarvoja."

Taulukko 5.4. Esimerkkejä autonvalmistajien akkuvalinnoista. Kaikki esimerkit ovat litiumioniakkuja. (Köhler 2010)

Platform	SoP	power train	battery manufacturer
Mercedes S-Class hybrid	SoP 2009	Mild – HEV	JCS / Conti
GM Volt – Plug In Hybrid	SoP 2010	PHEV	CPI / LG Chem
Mitsubishi i-MiEV	SoP 2010	EV	GS Yuasa
BMW 7 Series ActiveHybrid	SoP 2010	Mild - HEV	JCS / Conti
Nissan LEAF	SoP 2010	EV	AESC
BYD	SoP 2010	PHEV	BYD
Toyota Prius Plug-In	SoP 2010	PHEV	PEVE
Azure Dynamic's Balance HEV	SoP 2010	HEV	JCS
Ford Transit Connect	SoP 2011	EV	JCS

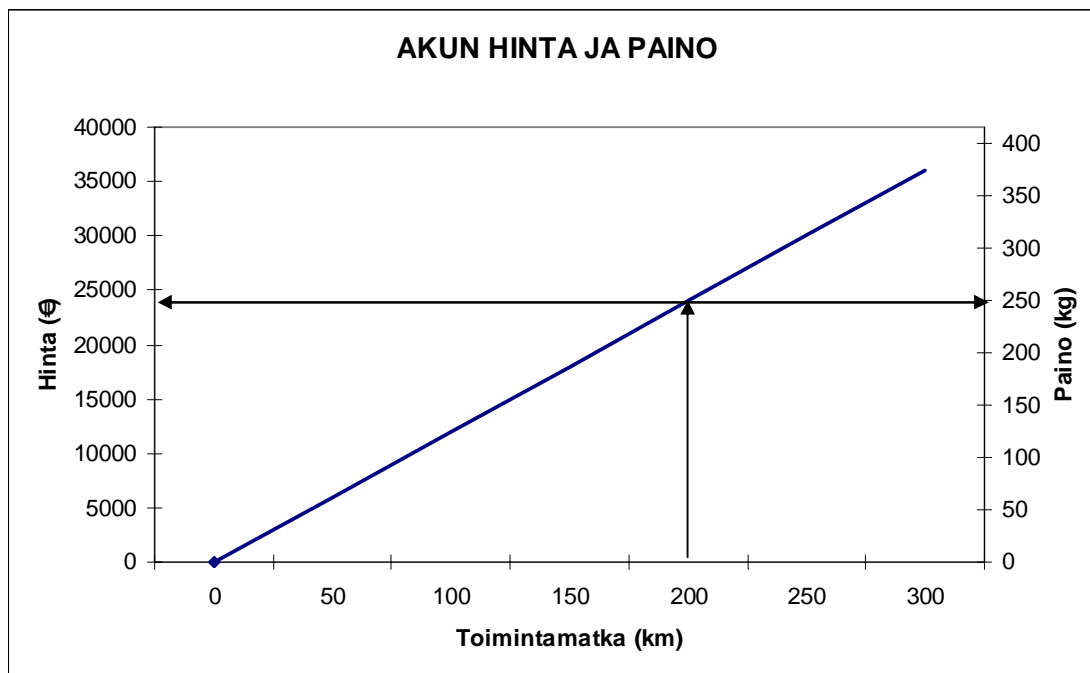
Keskustelupalstalla todetaan, että ilman selviä teknologiaharppauksia litiumioniakkujen energian varastointikyky voi kaksinkertaistua. Tämä ei kuitenkaan riitä antamaan tyydyttävää suorituskykyä. Apuja toivotaan mm. akkuihin sovellettavasta nanoteknologiasta. (IEEE 2010)

Todellisuudessa akkujen energian varastointikyvyn kaksinkertaistuminen ja hinnan lasku kolmanteen osaan nykyisestä lisääisivät sähköautojen kilpailukykyä aivan oleellisesti nykytilanteeseen verrattuna. Uusina mahdollisina teknologioina on mainittu mm. litium-rikki ja piinanokuidut.

5.8.2 Hinta ja suorituskyky

Vuonna 2010 täydellisen akkujärjestelmän hinta oli suuruusluokkaisesti 800 - 1000 €/kWh. Nykyhetkellä sähköauton akku on siis kallis. Kuvassa 5.9 on esitetty akuston likimääräinen hinta ja paino sähköisen ajomatkan funktiona nykytilanteessa. Kuvan 5.9 mukaan pienehkön sähköauton 200 km:n toimintamatkaan vaadittava akusto maksaa noin 24.000 € ja painaa noin 250 kg.

Kuvassa 5.10 on ennuste litiumioniakkujen hintakehityksestä. Kuvaan on sisällytetty sekä EUROBAT:in että US Advanced Battery Consortiumin (USABC) hintatavoitteet. EUROBAT:in vuonna 2005 laaditussa Strategic Research Agendassa hintatavoite energian varastointikyvyille vuodelle 2020 on 200 €/kWh ja tehonluovutuskyvyille 20 €/kW (EUROBAT 2005). USABC:n pitkän aikavälin tavoitteet ovat vuodessa 2030. USABC esittää kaksi tavoitetasoa, varsinaisen tavoitetason ja kaupallistumisen mahdollistavan tavoitetason. Jälkimmäisen osalta tavoitehintataso energian varastointikyvyille on 150 USD/kWh, eli runsaat 100 €/kWh.



Kuva 5.9. Täyssähköauton akuston hinta ja paino nykytilanteessa. Oletukset: akun hinta 800 €/kWh, energiatiheys 120 Wh/kg ja auton energiankulutus 0,15 kWh/km (pieni auto).

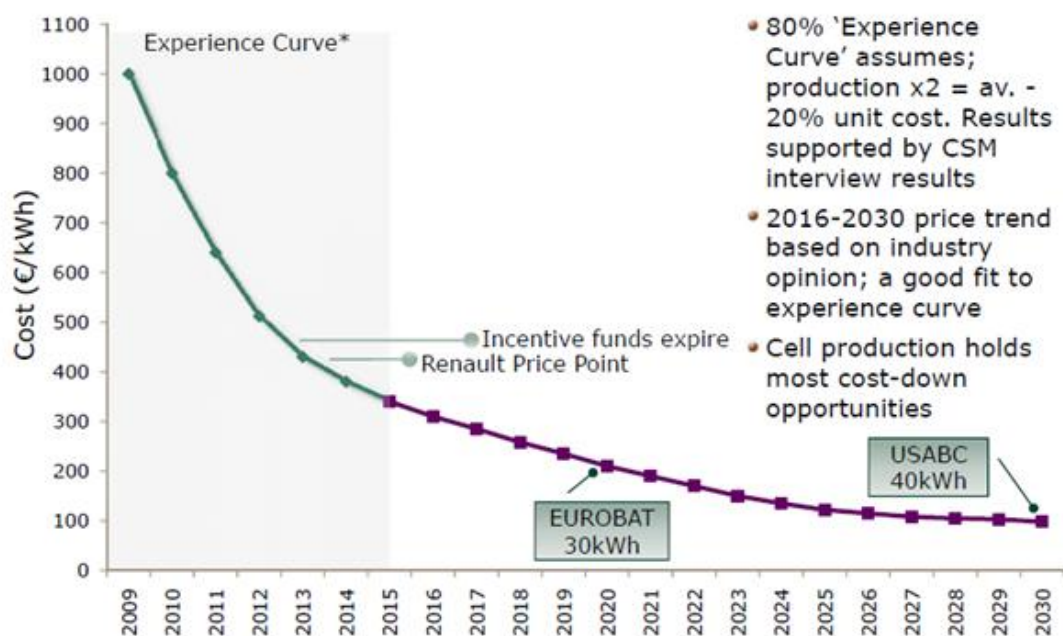
Deutsche Bank ennusti marraskuussa 2009, että akut maksavat 350 USD/kWh vuonna 2020. Joulukuun 2010 ennusteessa hinta on enää 250 USD/kWh, eli noin 190 €/kWh (cars21 2011).

Sekä EUROBAT:in että USABC:n dokumenteissa on hintatavoitteiden lisäksi esitetty myös suorituskykytavoitteita. EUROBAT:in tavoitteet on esitetty taulukossa 5.5. Jos EUBAT:in tavoitteet toteutuisivat, 200 km kulkevan täyssähköauton akku maksaisi vuonna 2020 enää 6000 € ja painaisi vajaa 100 kg, ts. hinta tippuisi neljännekseen ja paino kolmannekseen. Takuita tästä positiivisesta kehityksestä ei tietenkään ole.

Taulukossa 5.5 esitetty tehonluovutuskyky (1500 – 2000 W/kg) pätee itse akkukennolle, ei kokonaiselle akkujärjestelmälle, jossa kaapeloinnit, jäähdytys ja muut tekijät rajoittavat virtoja ja tehonluovutuskykyä. Taulukon 5.3 mukaan nykyisten sähköautoihin tarkoitettujen akkujärjestelmien tehonluovutuskyky on 300 – 600 W/kg.

USABC:n tavoitetasot ovat tehon luovutuskyvyn osalta 450 - 600 W/kg ja 300 - 400 Wh/kg energian varastointikyvyille. (USABC 2006)

Kuvassa 5.11 on Johnson Controls-Saft:in yhteenveto litiumioniakkujen kehityshaasteista. Kuvassa on sähkökemian lisäksi mainittu modulaariset komponentit, standardisointi ja massatuotannon hyödyntäminen.

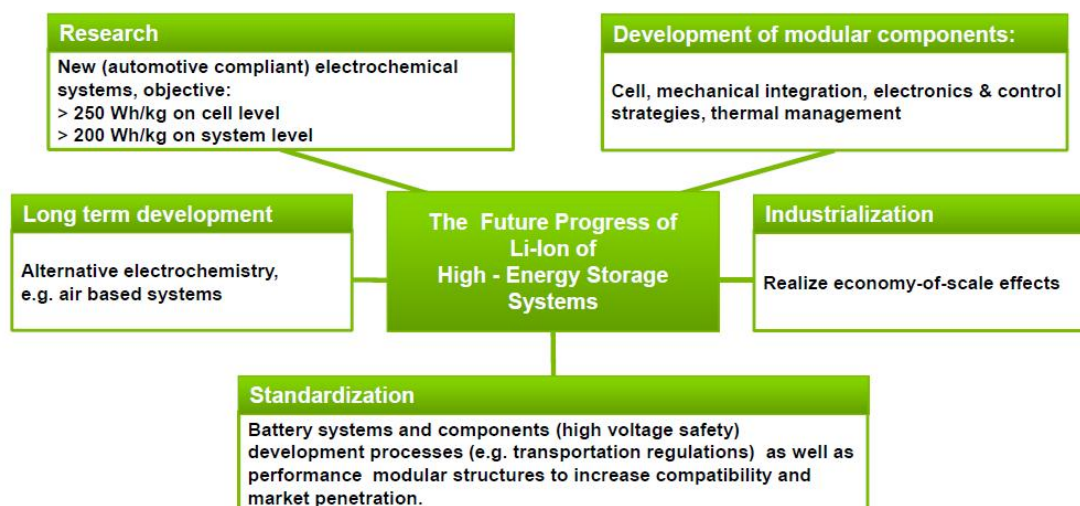


Kuva 5.10. CSM Worldwiden ennuste litiumioniakkujen hintakehityksestä. Käyrä on sovittu EUROBAT:in ja USABC:n kehitystavoitteisiin. (Fulbrook 2009)

Taulukko 5.5. EUBAT:in kehitystavoitteet litiumioniakuille. (EUBAT 2005)

Main Issues	Characteristics		State of the art	Objectives
Performances	Energy density	Wh/kg Wh/l	100 -120 120 - 150	300 400
	Power density (in discharge)	W/kg W/l	1500 -2000 1500 - 2000	> 5 000 > 5 000
	Charge ability	Recharge regen	1 hour for 80 % of capacity up to 30C/10s but depending state of charge (SOC)	some minutes for 80% of capacity > 50 % whatever SOC
	Operating temperature		-30°C/+ 50°C	-40°C/+ 80°C
Reliability	Life (years)		10	> 20
	Safety		Safe in normal operation In abuse conditions, sometimes fumes or flames	No fumes, no flames whatever conditions
Industrial processes control			Pilot equipments for small series of production both for high energy and high power products	Go to industrial stage for equipments and processes compliant with new battery technologies
Environmental compliance	Energetic efficiency (%)		> 95 % low rate > 90 % high rate	> 95 % in any case
	Battery production	Energy consumption CO ₂ emission	1500 MJ/kWh of battery 70 kg/kWh of battery	Reduction by a factor 2 to 3
Cost	(€/kWh)		700 - 1500 (small series - prototypes)	200
	(€/kW)		70 - 300 (small series - prototypes)	20

Future Challenges – Li-Ion Battery Technology



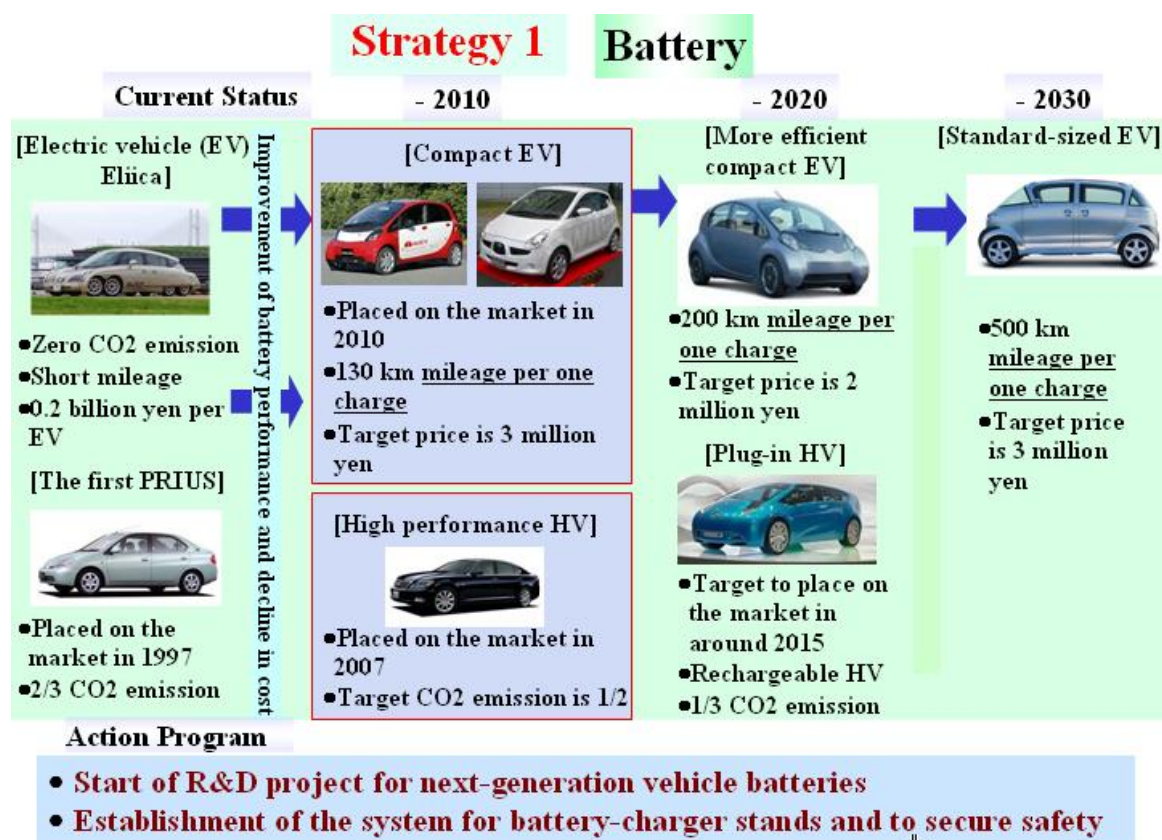
Kuva 5.11. Litiumioniakkukehityksen eri ulottuvuudet. (Köhler 2010)

Kuvassa 5.12 on japanilaisen NEDO:n (The New Energy and Industrial Technology Development Organization) näkemys sähköautojen kehitysnäkymistä. Kuva on vuodelta 2008. Kuvan mukaan pienikokoiset sähköautot tulevat markkinoille 2010. Hintataso on 3 miljoonaa yeniä, noin 30.000 €, ja toimintamatka 130 km. Arvot täsmäävät kohtuullisesti kuvassa olevaan Mitsubishi i-MiEV –autoon. Vuonna 2020 toimintamatka yhdellä latauksella on 200 km, ja kooltaan hieman kasvaneen auton hinta on 2 miljoonaa yeniä (20.000 €). Vasta 2030 olisi odotettavissa perhekokoluokan auto, jonka toimintamatka on 500 km yhdellä latauksella. Hinta on tällöin samalla tasolla kuin pikkuauton hinta 2010. (Iwai 2008)

5.8.3 Akkujen kestävyys

Akut vanhenevat sekä kalenteriajan että lataus- ja purkaussyklien myötä. Kannettavissa tietokoneissa akut mitoitetaan 2 -3 vuoden kalenteriajalle ja luokkaa 500 lataussyklille. Nämä ovat kuitenkin aivan liian vaatimattomia arvoja isoille ja kalliille sähköautojen akuille.

Henkilöautojen normaali käyttöikä on aikana 10 – 15 vuotta (Suomessa korkeampi) ja ajomatkana 250.000 – 300.000 km. Hinta huomioiden olisi kohtuullista odottaa myös sähköautojen akuilta 10 vuoden kalenteri-ikä ja 250.000 km:n ajomatkaa. Jos oletetaan, että yhdellä latauksella pystytään ajamaan noin 100 km, 250.000 km vastaa noin 2500 lataussykliä. Syklikestävyyttä voidaan arvioida nopeutetuilla lataus- ja purkutesteillä, mutta kalenteri-ian arviointiin on vaikea kehittää nopeutettuja menetelmiä. Niinpä kaikkien uusien akkutyypin kalenteriajan kestosta ei välttämättä ole vielä luotettavaa tietoa. (Advanced Automotive Batteries 2010)

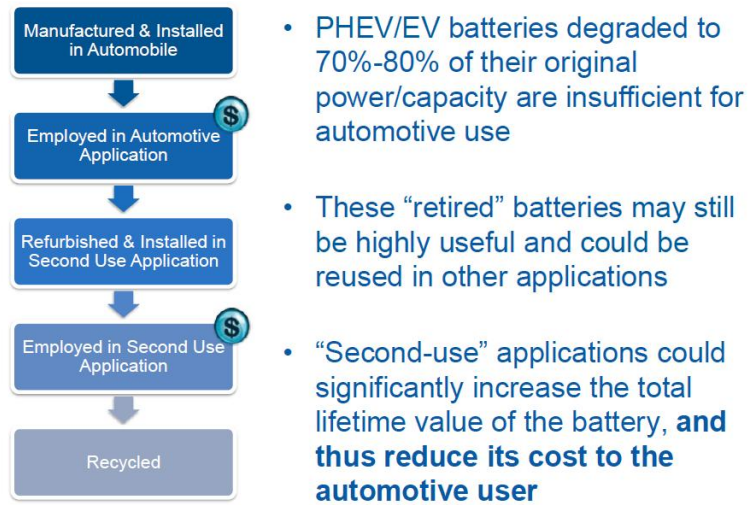


Kuva 5.12. Japanilaisen NEDO:n näkemys sähköautojen kehityksestä. (Iwai 2008)

Jotain indikaatioita akkujen kestoikästä saa tarkastelemalla autojen takuu-ehdot. Ensimmäisen ja toisen sukupolven Prius hybridiautolle Toyota myönsi 8 vuoden takuun hybridijärjestelmälle kokonaisuudessaan. Vuonna 2010 markkinoille tulleen kolmannen sukupolven Priukselle Toyota myöntää enää 5 kalenterivuoden tai 100.000 km:n takuun (Toyota 2010). Myös Mitsubishi i-MiEV:in ja Nissan Leaffin sähköjärjestelmien takuu akusto mukaan lukien on 5 vuotta tai 100.000 km (Mitsubishi UK 2011 a, Nissan UK 2011).

Sähköautojen akuille mietitään myös uusiokäyttöä. Kun akkujen kapasiteetti on 70 – 80 % alkuperäisestä, akkujen suorituskyky (energian varastointikapasiteetti, tehonluovutuskyky) ei välttämättä enää riitä haastavaan ajoneuvokäyttöön. Löytyy kuitenkin useita vähemmän vaativia sovelluskohteita, jossa suorituskyky ei ole niin kriittinen. Esimerkkejä ovat mm. sähköverkon tasapainottaminen ja aurinko- ja tuulienergian puskurointi, erilaiset varavoimasovellukset ja vähemmän vaativat ajoneuvosovellukset, esim. trukit ja vastaavat (NREL 2010). Kuvassa 5.13 on esitetty sähköauton akun elinkaari, joka uusiokäytön jälkeen päättyy kierrätykseen.

Uusiokäyttö ei varmaankaan ole aivan ongelmattonta, koska sähköautojen akkuja ei ole standardoitu. Akkujen sähköiset ominaisuudet ja mekaaninen rakenne vaihtelevat suuresti. Jos sähköautoissa käytettäisiin standardoituja vaihdettavia akkupaketteja, uusiokäyttö olisi helpompaa. Vaihdettavat akkupaketit eivät kuitenkaan ole kovin todennäköinen vaihtoehto.



Kuva 5.13. Periaatteellinen kuvaus sähköautojen akkujen elinkaaresta. (NREL 2010)

Suomessa AkkuSer Oy on rakentanut Nivalaan kierrätyslaitoksen, jolla on kyky kierrättää ongelmajätteenä luokitellut paristot ja kuiva-akut ympäristöystävällisesti. (AkkuSer 2010)

6. Sähköautojen lataus ja sähköautojen vaikutukset sähköverkkoon

- Sähköautojen latausta tulee tarkastella ajoneuvon, latauspisteen, sähköverkon, sähkön tuotannon ja sähkömarkkinoiden näkökulmasta.
- Yksinkertaisimmillaan sähköauton lataus tarkoittaa auton kytkemistä 16 A:n yksivaiherasiaan (ns. hidas lataus).
- Hitaassa latauksessa tyhjentyneen akun lataus kestää tyypillisesti 6 – 10 tuntia.
- Nopeutetun latauksen vaihtoehdot ovat vaihtosähköllä tapahtuva lataus (autossa kiinteä laturi) aina 44 kW:n tehoon asti ja tasasähköllä tapahtuva lataus (tasasuuntaaja auton ulkopuolella) 50 kW:n ja tätä suuremmalla teholla.
- Latauksen standardointi on vielä kesken (mm. pistokkeet, nopeutettu lataus), ja useat sähköautot tulevat markkinoille aluksi pelkästään hitaaseen lataukseen varustettuna.
- Sähköautojen määrän lisääntyessä on tarpeellista ohjata latausta älykkäästi, muuten sähköautot aiheuttavat uuden kulutushuipun, joka vaatisi verkkovahvistuksia sekä huippukapasiteetin lisäämistä.
- Älykkäillä järjestelmillä, joihin sisältyy kommunikaatio latauspisteen ja auton välillä ja toisaalta latauspisteen ja verkon välillä tehopiikin kasvu voidaan välttää.
- Älykkäällä latauksella valtaosa henkilöautokannasta voidaan sähköistää ilman että sähkön huipputuotantotehoa tarvitsee lisätä merkittävästi.
- Älykkäässä verkossa sähköautot ovat mahdollisuus, älykäs lataus voi tasata verkon kuormaa, ja pelkkä sähköautojen latauksen poiskytkentä hallitusti tuo kaivattua häiriöreservää.
- Vaikka tekniikka periaatteessa on jo olemassa, energian syöttäminen autojen suunnasta verkkoon (V2G) on kuitenkin vielä kaukana tulevaisuudessa.

6.1 Yleistä

Kohdassa 4.1. mainitun TEM:n sähköajoneuvoselvityksen määrittelyn mukaan sähköajoneuvo on ajoneuvo, johon voidaan syöttää energiaa auton ulkopuolelta sähköverkosta. Se millä teholla sähköautoa voidaan ladata, riippuu sekä akkujen ominaisuuksista että käytettävissä olevasta latauslaitteista.

Sähköautojen tullessa markkinoille lataus tapahtuu aluksi pääasiassa ns. hitaalla latauksella 16 A:n pistorasioista. Syöttöteho on tällöin n. 3,7 kW, ja kaikki sähköautojen akkutyypit sietävät latauksen tällä teholla. Suomessa latauksessa voidaan tietyin modifikaation hyödyntä olemassa olevia lohkolämmitinpistorasioita. Laajamittainen sähköautojen käyttöönotto ja tasapuolinen sähköautojen käytön mahdollistaminen edellyttävät kuitenkin julkisen latausjärjestelmän rakentamista, mukaan lukien tietty määrä ns. pikalatausasemia. Sähköautojen lataukseen tarvitaan älykästä ohjausta, muuten sähköautot lisäävät sähköverkon kuormituspiikkejä. Koska sähköautot kuitenkin yleistyvät hitaasti, tulee kestämään vuosia ja jopa vuosikymmeniä ennen kuin sähköautoilla on merkitystä tarvittavan sähkön tuotantokapasiteetin kannalta.








Sähköautojen latausta tulisi tarkastella ainakin seuraavilla tasoilla:

- itse ajoneuvo
- latauspiste
- palvelun taso ja helppous
- sähköverkko ja sen eri osat
- energian tuotanto
- sähkömarkkinat

6.2 Lataus ajoneuvon kannalta

6.2.1 Johdolla tapahtuva lataus

Kuvassa 6.1 on esitetty eri latausvaihtoehtoja ja pistoketyyppejä sähköautoille.

Level 1	Normal charging (up to 3.7kW / AC)		
	<ul style="list-style-type: none"> > 230V, 16A, 1-phase (Plugs: Schuko/CEE blue/Yazaki AC) > Charges a 40kWh battery in about 11 hours > Charging when parking for a long time (at home/workplace) 	Schuko	CEE blue
Level 2	Fast Charging (up to 44kW / AC)		
	<ul style="list-style-type: none"> > 400V, 32A, 3-phases (Plugs: CEE red/Marechal) > 400V, 63A, 3 phases (Plug: Type 2) > 110V-500V, 32A, single- or polyphase (Plug: Type 3) > Charges a 40 kWh battery in about 1 hour > Public charging (e.g. parking areas, parking garages) 	Type 1 (Yazaki)	CEE red
Level 3	Ultra fast charging (up to 50 kW / DC and higher)		
	<ul style="list-style-type: none"> > 400V, 120A DC (Plug: Yazaki JARI Level III – CHAdeMO) > Charges a 40 kWh battery in about 30 minutes > Very expensive charging stations with rectifiers > Charging where high ranges are needed (e.g. freeways) 	Type 2	Type 3
		 Yazaki Jari Level III (DC)	

Kuva 6.1. Eri latausvaihtoehdot ja esimerkkejä pistokkeista. (RWE 2010)

On selvää, että latausjärjestelmien ja liittimien osalta tarvotaan standardointityötä. Tikka (2010) toteaa, että lataustekniikan kehittymisen hidasteena on lukuisa joukko erilaisia latauspistokestandardeja ja maakohtaisia turvallisuusmääräyksiä. Toiseen maahan suunniteltu latauspiste ei välttämättä täytä kaikkien maiden turvallisuusohjeistusta. Pahimmassa tapauksessa turvallisuusmääräyksissä voi esiintyä myös ristiriitaisuuksia joidenkin asioiden toteutuksen kannalta.

Sähkölaitteiden kansainvälisestä standardoinnista vastaavan IEC:n (International Electrotechnical Commission) standardi IEC 61851-1 (edition 2.0) määrittelee seuraavat lataustavat (IEC 2010):

Mode 1:

sähköauton liittäminen vaihtosähköverkkoon (AC= vaihtosähkö) käyttäen standardoituja pistokkeita, virta maks. 16 A, jännite enintään 250 V yksivaiheisena tai 480 V kolmivaiheisena

Mode 2:

sähköauton liittäminen vaihtosähköverkkoon käyttäen standardoituja pistokkeita, virta maks. 32 A, jännite enintään 250 V yksivaiheisena tai 480 V kolmivaiheisena. Lisävaatimuksena on sähköiskuilta suojaava vikavirtasuojakytkin.

Mode 3:

sähköauton liittäminen vaihtosähköverkkoon käyttäen erikoispistokkeita, virta maks. 63 A, jännite enintään 250 V yksivaiheisena tai 480 V kolmivaiheisena. Liitäntäyksikössä (EVSE = Electric Vehicle Supply Equipment) on kommunikointia auton ja syötön välillä, sisältäen erinäisiä ohjaus- ja suojafunktioita

Mode 4:

käytetään auton ulkopuolista tasasuuntaajaa, johon sisältyy ohjaus- ja suojafunktioita

Standardi IEC 61851-1 ei ota kantaa latausnopeuteen. Vesa (2010) määrittelee neljä latausnopeutta, hidas, keskinopea, nopea ja erittäin nopea (taulukko 6.1). Tikka (2010) taas käyttää termejä hidas lataus, nopea lataus ja pikalataus.

Taulukko 6.1. Latausteho- ja aika eri latausvaihtoehdoilla. (Vesa 2010)

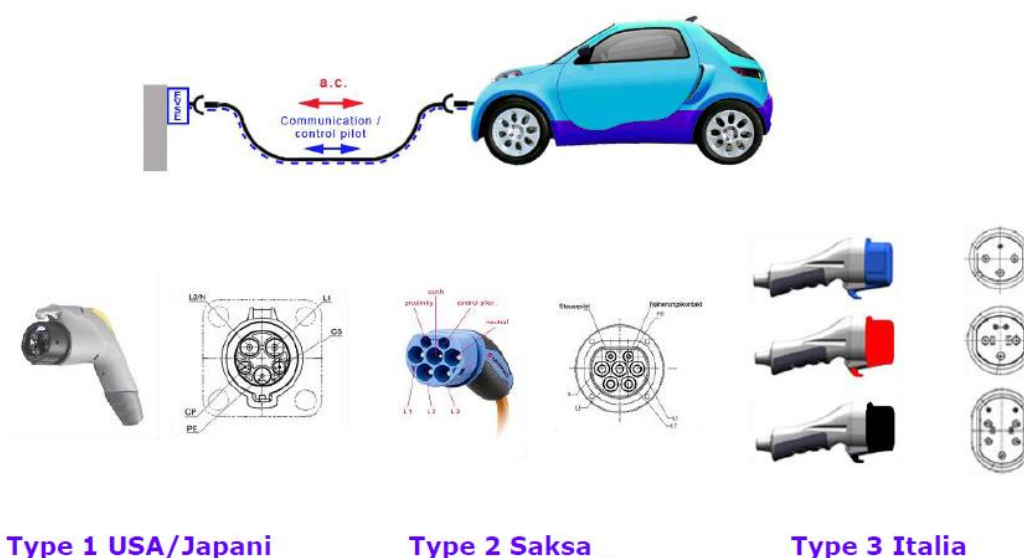
Latausteho	Latausaika, 30 kWh akku	
250 kW	6 min	Erittäin nopea DC-lataus auton ulkopuolisella laturilla (Mode 4)
50-75 kW	15-30 min	Nopea DC-lataus auton ulkopuolisella laturilla (Mode 4)
10 kW	3 h	Keskinopea lataus, 400 V, 3P, AC-lataus (Mode 2/3)
3 kW	10-12 h	Hidas lataus kotitalouspistokytkimellä 230 V, 1P, AC-lataus (Mode 1)

Yksinkertaisimmillaan syöttönä on 230 V yksivaiheiliitäntä jossa on joko 10 tai 16 A:n sulake (kuvan 6.1 Level 1 ja IEC Mode 1). Syöttötehoksi tulee tällöin 2,3 tai 3,7 kW. Täyssähköauton akun koko on tyypillisesti 15 – 30 kWh, joten 16 A:n sulakkeella täysin purkautuneen akun lataus kestää suuruusluokkaisesti 4 – 8 tuntia. Akkujen sietämä latausvirta vaihtelee suuresti C-arvon (kts. 5.4) ollessa haarukassa 0,5 – 10. Arvo 0.5C tarkoittaa 2 tunnin latausaikaa, arvo 10C tarkoittaa 6 minuutin latausaikaa.

Keskinopea/nopeassa latauksessa (Level 2, IEC Mode 2/3) latausteho on 10 – 40 kW. Latausaika on muutamien tuntien luokkaa akkukapasiteetista riippuen. Varsinaisessa pikalatauksessa tasasähköllä (Level 3, IEC Mode 4) teho voi olla yli 50 kW luokkaa lataus- ja akkutekniikasta riippuen. Latausaika on alle 30 minuuttia. Nopeutettua latausta käytettäessä latausta hidastetaan lopussa akun suojelemiseksi (Tikka 2010). Vaihtoehtoisesti lataus lopetetaan kun akun varaustila on noin 80 %.

Kuvassa 6.2 on Mode 3:n mukainen vaihtosähkön syöttöön perustuva latausjärjestelmä pistokevaihtoehtoineen. Järjestelmään sisältyy EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment), joka mahdollistaa kommunikation verkon ja ajoneuvon välillä. EVSE on edellytys latauksen älykkäälle lataukselle "smart grid" –ympäristössä. Latausnopeuden osalta terminologiassa esiintyy tiettyä variaatiota. Vesa (2010) käyttää termiä "keskinopea" lataus. Mode 3:n mukaisella järjestelmällä päästään kuitenkin jopa 40 kW:n lataustehoon, eli nopean latauksen alueelle.

Mode 3 Keskinopea lataus erityisellä pistokytkimellä (IEC 62196-2), max 63 A/480 V

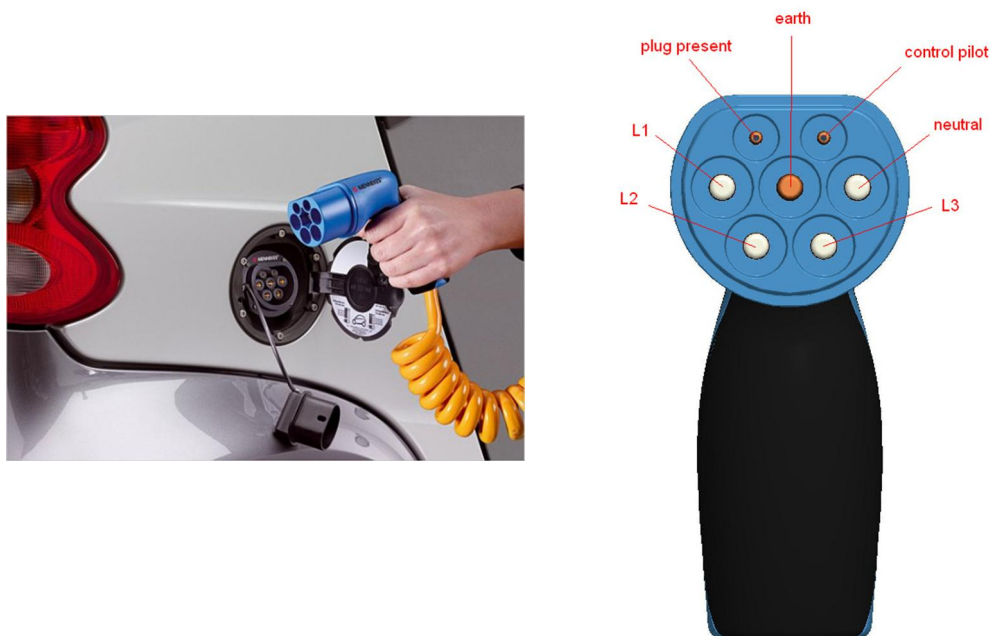


Kuva 6.2. IEC 61851-1 mukainen Mode 3 –latausjärjestelmä. (Vesa 2010)

USA:ssa standardi SAE J1772 määrittelee latauspistokkeen, joka mahdollista yksivaiheisen 240 V:n jännitteen ja 80 A:n virran käytön (19 kW). Society of Automotive Engineers'in työryhmä J1772 työstää standardille jatkoa määrittelemällä tasasähköllä ja korkealla jännitteellä tapahtuvaan pikalataukseen soveltuvan liittimen. (SAE 2010)

EU-maat tekivät toukokuussa 2010 päätöksen sähköautojen latauspistokkeen standardoinnista. Tavoitteena on saada harmonisoitu pistoke käyttöön 2011 (EUbusiness 2010). Vahva ehdokas on saksalainen ns. Mennekes -pistoke, joka mahdollistaa 400 V:n ja 63 A:n virran syöttämisen. Mennekes-pistokkeen takana ovat mm. RWE ja Daimler. Pistokkeessa on yhteensä seitsemän nastaa: kolme vaihetta, nolla, suojamaa, kytkennän indikointi ja tiedonsiirto (kuva 6.3). Tehonsiirtokyky on joko 22 kW (32 A sulakkeilla) tai 44 kW (63 A sulakkeilla). Mennekes-latauskaapelin molemmissa päissä on samanlaiset pis-

tokkeet, joten käytettäessä Mennekes-kaapelia lataukseen tavallisesta 16 A:n pistorasiasta tarvitaan välikappaletta (Mennekes 2009).



Kuva 6.3. Ns. Menneken-pistoke. (Autobloggreen 2009, Green Car Congress 2009)

Sähköautojen pistokkeista on olemassa yleisstandardi IEC 62196-1 vuodelta 2003 (IEC 2003). Vesan (2010) mukaan päivitys tähän on odotettavissa vuoden 2011 aikana, samaten tulee dokumentti 62196-2, joka määrittelee Mode 3:n mukaisen AC-pistokkeen. Dokumenttia 62196-3, joka määrittelee Mode 4:n mukaisen DC-pistokkeen, joudutaan odottamaan vuoteen 2013. (Vesa 2010)

Kaikissa sähköhenkilöautoissa on vähintäänkin hitaan latauksen mahdollisuus. Think Cityssä on pelkästään hidas lataus (Think 2010). Hidas lataus riittää kotona, työpaikalla tai esim. liityntäpysäköintialueilla tapahtuvaan lataukseen. Myös kauppakeskuksiin rakennetaan hitaan latauksen pisteitä. Jos sähköauton energian kulutus on tasolla 0,2 kWh/km, kahden tunnin latauksella saadaan suuruusluokkaisesti 35 km ajomatkaa.

Citroen C-Zero, Mitsubishi i-MiEV, Peugeot iOn ovat käytännössä yksi ja sama Mitsubishin tekniikkaan perustuva auto. Näiden osalta puhutaan hitaasta latauksesta ja varauksesta nopeaan lataukseen. "Quick Charge" –vaihtoehdon sanotaan antavan 80 %:n varaustilan 30 minuutin latauksella. Nopeasta latauksesta on kuitenkin vaikea löytää tietoja. Mitsubishi i-MiEV:in kohdalla löytyy viittauksia sekä AC että DC pikalataukseen. Englannin verkkosivuilta löytyy "Quick Charger" spesifikaatio: kolmivaihe, 200 V, 50 kW (Mitsubishi UK 2011 b). Mitsubishi i-MiEV pääsivuilla pikalataus kuvataan tapahtuvaksi tasajännitteellä (kts. kuva 4.5). Joka tapauksessa autoissa on kaksi liitinpaikkaa, hitaan latauksen liitin takana oikealla puolella ja pikalatauksen pistoke takana vasemmalla puolella.

Citroen C-Zeron suomenkielisillä verkkosivuilla pikalatauksesta sanotaan seuraavaa:

"Normaalin latauksen rinnalla autossa on valmius pikalatausjärjestelmälle, jonka avulla akut voidaan ladata 80 % varaustasoon puolessa tunnissa. Pikalatausjärjestelmän yleistyksen edellyttämä EU-direktiivi on parhaillaan lausuntovaiheessa. Mennekesstandardiin perustuvan pikalatausjärjestelmän odotetaan yleistyvän vuodesta 2011 alkaen." (Citroen 2010)

Nissan Leafin osalta pikalatauksella tarkoitetaan niin ikään 80 % varaustilaa 30 minuutissa. Nissanin osalta lataus tapahtuu kuitenkin tasajännitteellä. Syöttöteho on 50 kW (Nissan UK 2011). Leafissa hitaan latauksen ja pikalatauksen liittimet sijaitsevat vierekkäin auton keulassa (kuva 6.4).



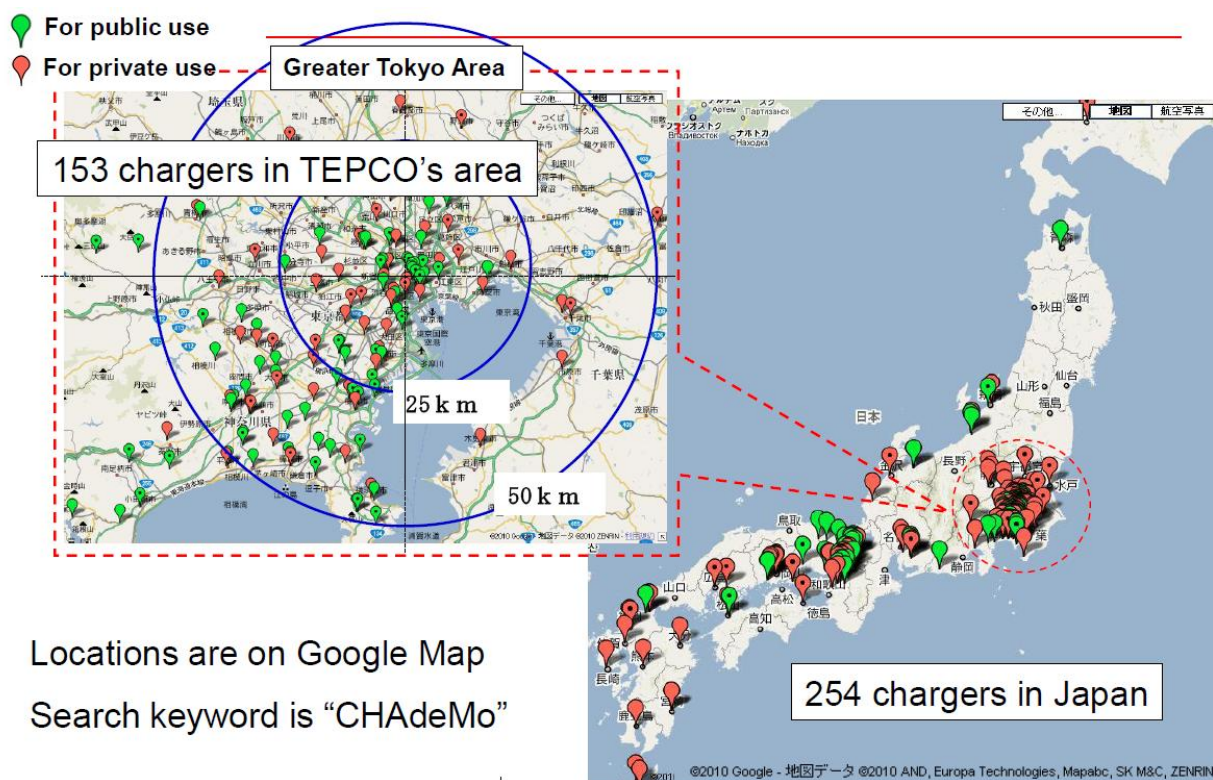
Kuva 6.4. Nissan Leafin keulassa sijaitsevat latausliittimet. Isompi on pikalatausta varten. (Nissan USA 2011)

Puolen tunnin latausaika on kohtuullinen verrattuna hitaan latauksen vaatimaan yli viiteen tuntiin. Puoli tuntia on kuitenkin niin pitkä, että sähköautoilija halunnee yhdistää latauksen muuhun toimintaan, esim. asiointiin, ostoksilla käyntiin tai ruokailuun. Niinpä voidaan olettaa, että pikalatauspisteitä tulee huoltamoiden, kauppakeskusten ja vastavien yhteyteen. Pikalatauspisteet olisivat erityisen tarpeellisia pääteiden varrella. Päivittäinen kaupunkiajo voidaan pääsääntöisesti kattaa kotona tai työpaikalla tapahtuvalla hitaalla latauksella. Pikalatauspisteen käyttö on hankalampaa ja mahdollisesti myös kalliimpaa kuin hitaan latauspisteen käyttö, ja nämäkin tekijät voivat ohjata latauskäyttämistä.

Metropolia ammattikorkeakoulun rakentamassa ERA sähköurheiluautoissa tullaan yhteistyössä Fortumin kanssa kokeilemaan todellista pikalatausta. Auton akut ja pikalatausjärjestelmä on hankittu Yhdysvalloista AeroVironment Inc. nimiseltä yritykseltä. Latausteho on 250 kW, ja ERA-auton osalta tämä tarkoittaa 6C latausvirtaa ja 10 minuutin latausaikaa. (ERA 2010)

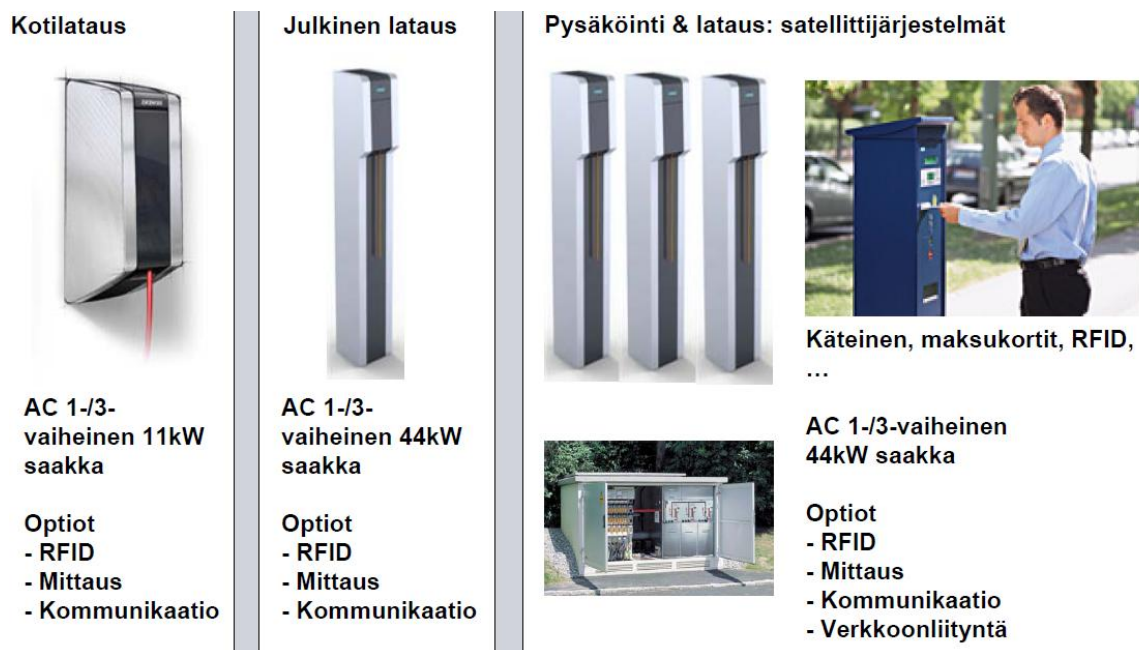
Keväällä 2010 japanilaiset autonvalmistajat (Fuji Heavy Industries, Mitsubishi, Nissan, Toyota) ja Tokyo Electric Power Company TEPCO muodostivat CHAdeMO-nimisen järjestön standardoimaan ja edistämään sähköautojen pikalatausjärjestelmiä. CHAdeMO on myös DC-tekniikkaan perustuvan pikalataustekniikan tuotemerkki, ja tämä tekniikka halutaan kansainväliseksi teollisuusstandardiksi. (CHAdeMO 2010 a). Nissan Leafin DC-lataus on CHAdeMO-protokollan mukainen. CHAdeMO-pikalatausaseman hinta asennettuna on 35.000 - 40.000 € (Anegawa 2010).

CHAdeMO-tekniikkaa demonstroidaan Japanin lisäksi mm. Yhdysvalloissa, jonne rakennetaan yhteensä 310 latausasemaa kuuteen osavaltioon (Tekniikka & Talous 2010). Euroopan osalta CHAdeMO toteaa lokakuussa 2010, että seuraavan kolmen vuoden aikana Euroopassa tulee olemaan myynnissä sähköautoja, joissa on joko AC tai DC pikalataus. Tästä syystä CHAdeMO suosittaa Eurooppaan pikalatauspisteitä, joissa on sekä AC että DC syöttö (CHAdeMO 2010 b). Japanissa oli elokuussa 2010 noin 250 sähköautojen pikalatauspistettä, joista noin 150 TEPCO:n alueella (kuva 6.5).

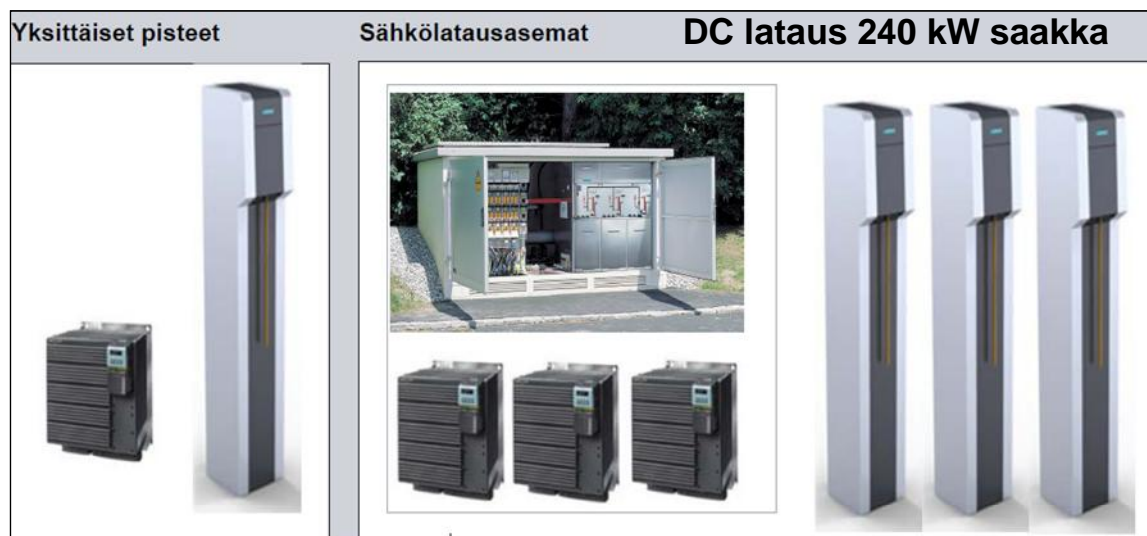


Kuva 6.5. Japanin pikalatausasemat elokuussa 2010. (Funakoshi 2010)

Kuvissa 6.6 (AC lataus) ja 6.7 (DC lataus) on saksalaisen Siemensin sähköautojen latausasemavalikoima. Tarjolla on tuotteita hitaasta kotilatauksesta aina 240 kW:n erittäin nopeaan DC-lataukseen. Kuvassa 6.7 on esitetty itse lataustolpan lisäksi myös kuution muotoinen kiinteä tasasuuntaaja.



Kuva 6.6. Siemensin AC-latauksen latausasematarjonta. (Tuukkanen 2010)



Kuva 6.7. Siemensin DC-latauksen latausasematarjonta. (Tuukkanen 2010)

Suomalaisista toimijoista Ensto Oy ja UTU Elec Oy toimittavat sähköautojen latausasemia. UTU teki yhteistyötä Fortumin kanssa latausaseman kehittämiseksi Valmet Automotiven EVA sähköautokonseptihankkeen yhteydessä (kuva 6.8). UTU:n latausasema aloittaa ja lopettaa sähköauton lataamisen matkapuhelimesta lähetetyillä tekstiviesteillä. Latausasemassa on neljä erilaista latauspistorasiaa: pohjoismainen Schuko (Suko) -pistorasia, EU-standardoinnin työryhmässä suosikkina oleva Mennekes 63 A, matkailuvaunuissa käytetty pistorasia sekä kolmivaiheinen teollisuuden standardipistorasia. (EVA 2010)



Kuva 6.8. EVE ja UTU:n lataustolppa. Kuva Teppo Komulainen/Keskisuomalainen 18.3.2010.

Ensto puolestaan on toimittanut latausasemia Espooseen, Helsinkiin (kuva 6.9), Lahteen ja Norjassa Bergeniin ja Osloon. Kulutettu sähkö maksetaan joko pysäköintimaksuauto-
maatilla tai matkapuhelimella. (Rae 2010, Ensto 2010)



Kuva 6.9. Sähköautojen latauspiste Helsingin Runeberginkadulla. Kuva Helsingin Energia.

6.2.2 Vaihtoehtoiset lataustavat

Akkujen vaihtojärjestelmä käsiteltiin kohdassa 5.5.

Sähköautoihin on myös kehitetty mm. sähköhammasharjoista tuttua kosketuksetonta induktiivista latausta. Saksassa E.ON energiayhtiö ja TÜV SÜD ovat tehneet yhteistyötä alueella (kuva 6.10). Järjestelmä on helppokäyttöinen, mutta akkujen vaihtojärjestelmän tapaan siihen liittyy myös haasteita esim. standardisoinnin alueella. Lisäksi häviöt muodostuvat merkittäviksi suuria energiamääriä siirrettäessä

Busseissa on demonstroitu myös tietynlaista ajojohdintyyppistä latausjärjestelmää. Ideana on, että bussia pikaladataan sen ollessa pysähtyneenä joko tavalliselle pysäkille tai pääte pysäkille. Järjestelmä on automatisoitu, eikä vaadi toimenpiteitä kuljettajalta (kuva 6.11).

The future of charging: cable-free inductive charging



Optimal use cases on fix parking grounds, e.g.

- private garages
 - office parking
 - parking garages
 - Taxi stands
- etc.

convenient & safe!

Kuva 6.10. Sähköauton induktiivinen lataus. (Weltin 2010)



Kuva 6.11. Bussin pikalataus virtakiskojärjestelmän avulla. (Karbowksi & Nuchterlein 2010)

6.3 Vaikutukset sähköverkkoon ja älykkäät sähköverkot

Sähköautojen lataus lisää sähköverkon kuormitusta. Mikä tämä vaikutus on, riippuu toisaalta sähköautojen määrästä ja toisaalta siitä, miten sähköautojen latausta ohjataan. Vaikutukset ovat myös erilaiset tarkasteltaessa vaikutuksia latausasemien, paikallisverkon, siirtoverkon tai koko sähköverkkojärjestelmän osalta. Tässä käsitellään sähköautojen latauksen vaikutuksia yleisellä tasolla, Suomen osalta on tarkempi tarkastelu luvussa 16.

Sähköautot ovat verkon kannalta sekä haaste että mahdollisuus. Pelkäksi haasteeksi ne jäävät siinä tapauksessa, ettei latauksessa pystytä hyödyntämään minkäänlaista älykkyyttä tai älykkäitä järjestelmiä. Pahin tilanne olisi, jos Suomessa olisi paljon sähköautoja ja ne kaikki kytkettäisiin päälle illan suussa samaan aikaan kuin sähköliedet ja sähkösaunat. Erilaisten älykkäiden järjestelmien yhteydessä taas sähköautot ovat myös mahdollisuus. Älykäs latausjärjestelmä pitää sisällään kommunikoinnin sekä latausaseman ja auton välillä että latausaseman ja verkon välillä.

Sähköautojen ohjattu lataus voisi tuoda sähköverkkoon lämpövoimalaitoksiin verrattuna edullista säätösähköä. Esimerkiksi tuulivoiman lisääntyessä säätösähkön käyttö lisääntyy ja näitä kustannuksia voidaan pienentää nykyistä edullisemmalla säätösähköllä. Jo sellainen yksinkertainen järjestelmä, jossa sähköautojen lataus katkaistaan verkon mahdollisessa häiriötilanteessa, tuo verkkoon toivottua häiriöreserviä (spinning reserve).

Sähköautojen yhteydessä on mietitty myös energian syöttöä autojen akuista verkkoon (vehicle-to-grid, V2G). V2G-tekniikka ei ole vielä tätä päivää. Järjestelmä edellyttäisi, ettei autoilija omista akkua, vaan vuokraisi sen energiayhtiöltä, tai vaihtoehtoisesti, että energiayhtiö maksaa korvausta autoilijan oman akun kuluttamisesta. Saksan osalta on kuitenkin jo arvioitu, että jos kaikki henkilöautot olisivat akkusähköautoja ja V2G-tekniikka olisi mahdollinen, sähköautojen akuissa riittäisi teoriassa puskurikapasiteettia koko muulle Saksan sähkön kulutukselle peräti seitsemäksi tunniksi. (Ressing 2010)

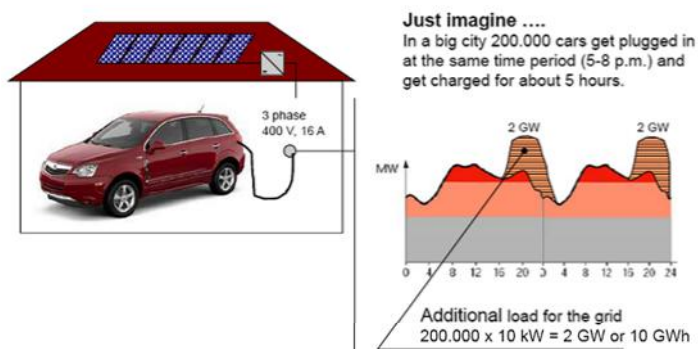
Pienehköön täyssähköauton akkukapasiteetti on suuruusluokkaisesti 20 kWh. Jos oletetaan, että auton energiankulutus on 0,2 kWh/km, ja että autolla ajetaan päivittäin 50 km, päivittäin ladattava energiamäärä on noin 10 kWh ja tarvittava latausaika hitaalla latauksella noin 3 tuntia. Ajossa auto on 1 – 1,5 tuntia, joten lataukseen auton seistessä jää ainakin 22 tuntia. Näin ollen 22 tunnin jaksolta pitäisi löytää 3 tuntia, jolloin sähkö on halpaa tai siitä on suoranaisesti yllitarjontaa.

Suomessakin ollaan siirtymässä sähkön tuntihinnoitteluun. Tavoitteena on, että vähintään 80 % Suomen kolmesta miljoonasta kotitaloudesta olisi etäluettavan tuntimittauksen piirissä vuonna 2014. (Teknikka & Talous 2009). Kuluttajan kannalta eräs älykkään latauksen sovellus voisi olla yksinkertainen laite, jolla kotiolosuhteissa määritellään millä sähkön hinnalla sähköauton lataus sallitaan. Toki muitakin kriteerejä tarvitaan, muuten vaarana on, ettei autoa ladata lainkaan.

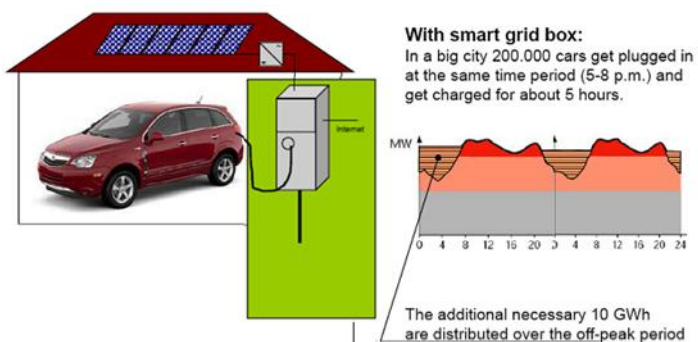
Kiinassa, Yhdysvalloissa, Espanjassa, Saksassa, Intiassa, Portugalissa, ja monessa muussa Euroopan maassa rakennetaan suuresti tuulivoimaa. Tanskassa tuulivoiman osuus sähkön tuotannossa on jo 20 % ja Espanjassa 17 % (EWEA 2011).

Tanskassa on tavoitteena nostaa tuulivoiman osuus 50 % vuoteen 2025 mennessä. Larsenin (2009) mukaan sähköautot voisivat oleellisesti helpottaa Tanskan tuulivoimatuo-
tannon tasapainottamista. Larsen on myös näyttänyt, miten sähköautojen lataus pahim-
millaan ja parhaimmillaan vaikuttaisi sähkön tehon tarpeeseen (kuva 6.12). Esimerkki on
suurehkolle kaupungille jossa on 200.000 akkusähköautoa. Larsenin esimerkissä sähkö-
autojen lataus keskinopealla latauksella joko lisää tehohuippua 2 GW ($200.000 \times 10 \text{ kW}$),
tai jos lataus toteutetaan älykkäästi, lataus ei lisää huipputehon tarvetta.

Simple Charging Scenario



Plugged In with Smart Grid Solution



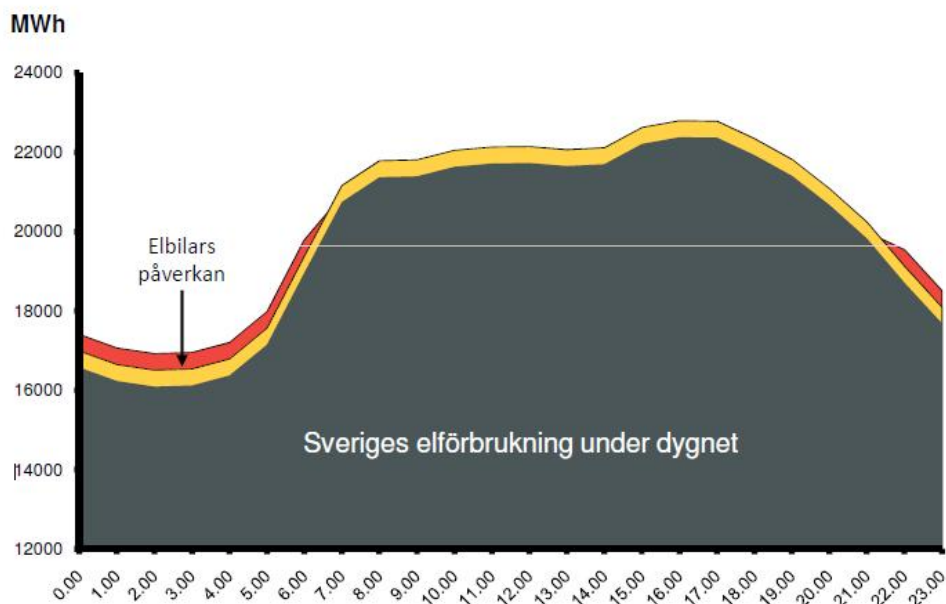
Kuva 6.12. Sähköautojen lataustavan vaikutus huipputehon tarpeeseen. (Larsen 2009)

Myös Ruotsissa on tutkittu sähköautojen vaikutuksia sähköverkkoihin ja sähkön tuotantoon. VINNOVA (Ruotsin innovaativiranomainen) on teettänyt selvityksen "Elbilens konsekvenser för elnät, elproduktionen och servicestrukturer". Raportti käsittelee myös älykkäitä sähköverkkoja. (VINNOVA 2010)

VINNOVA:n raportissa on tarkasteltu tilannetta, jossa Ruotsissa on miljoona sähköautoa. Ruotsissa on nyt yhteensä noin 4,5 miljoonaa autoa, joista henkilöautoja 4 miljoonaa. Tarkastelu on siis tilanteelle, jossa neljäsosa henkilöautokannasta on sähköautoja. Laskelmassa on oletettu sähköautojen energian kulutukseksi 0,2 kWh/km ja päivittäiseksi suoritteeksi 50 km per auto. Näillä olettamuksilla loppupäätelmät ovat (VINNOVA 2010):

- miljoona sähköautoa tarvitsee vuositasolla 4 TWh sähköenergiaa
- Ruotsin sähkön tuotanto oli 146 TWh vuonna 2008
- miljoonan sähköauton kulutus vastaisi siis noin 3 %:a Ruotsin sähkön tuotannosta
- jos sähköautojen lataus jakautuisi tasan koko vuorokauden aikana, huipputehon tarve lisääntyisi 1,9 – 2,6 % ajankohdasta riippuen
- jos 75 % latauksesta tapahtuisi yöaikaan, päivän huipputeho nousisi noin 1 % ja yön huipputeho noin 5 %
- jos kaikki Ruotsin autot olisivat sähköautoja, niiden kulutus olisi alle 20 TWh, vastaten alle 14 %:ia vuoden 2008 sähkön tuotannosta

Tarkastelu osoittaa, että jopa 100 %:nen siirtyminen sähköautoihin on sähkön tuotannon kannalta suhteellisen pieni asia edellyttäen, että lataus hoidetaan järkevällä tavalla. Kuvasessa 6.13 on Ruotsin sähkön kulutus eri vuorokauden aikoina (perustilanne harmaalla värillä). Kuvaan on lisätty miljoonan sähköauton tapaus. Keltainen osuus tulee tasaisesta latauksesta koko vuorokauden aikana, punainen siitä jos 75 % latauksesta tapahtuu myöhään illalla ja yöllä.



Kuva 6.13. Miljoonan sähköauton laskennallinen vaikutus Ruotsin sähkön kulutukseen. Harmaa osuus perustilanne. Keltainen alue: sähköautot ladataan tasaisesti koko vuorokauden aikana. Punainen alue: 75 % latauksesta tapahtuu myöhään illalla ja yöllä. (VINNOVA 2010)

Suomessa sähköautojen vaikutuksia verkkoon on tutkittu mm. VTT:ssä ja Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa.

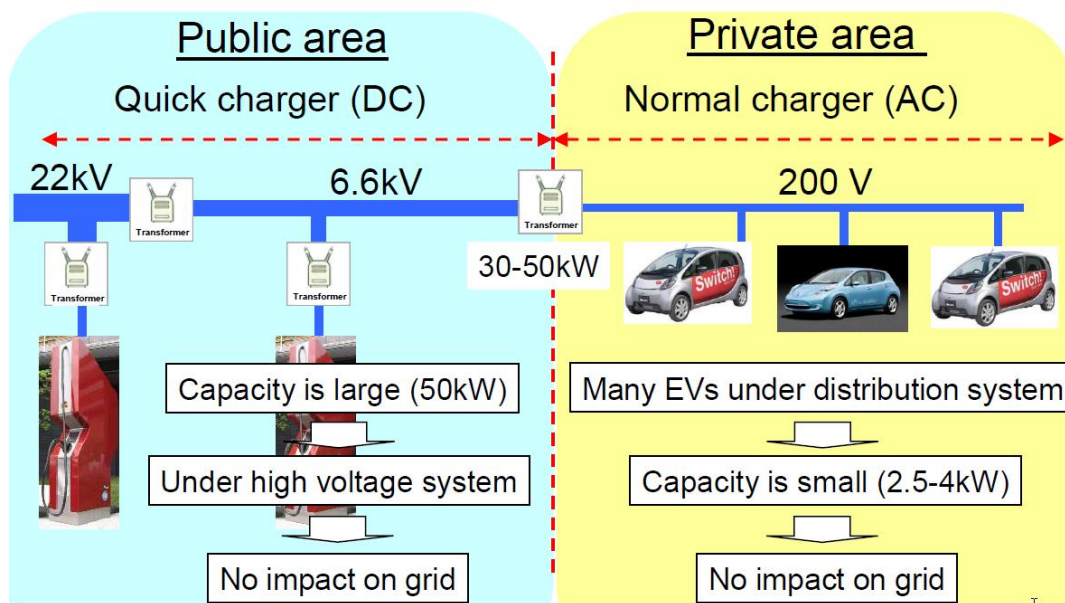
Koroneff et al. (2009) ovat analysoineet sähkön kysynnän näkymiä Suomessa ja Pohjoismaissa tarkastellen myös sähköautojen vaikutuksia. Suomessa 5 – 10 % sähköautoja henkilöautokannassa ei juurikaan vaikuttaisi sähkön kysyntään. Jos sähköautojen osuus olisi 50 %, mikä Koroneff et al. mukaan voisi olla mahdollista vuonna 2030, lisääntyisi sähkön kulutus Suomessa 3 TWh ja Pohjoismaissa yhteensä 15 TWh. Jos latausta ohja-

taan älykkäästi, huipputehon tarve Pohjoismaiden tasolla kasvaa kuitenkin vain noin 1000 MW.

Lassila (2010) on tutkinut hitaan latauksen vaikutuksia ja toteaa, että sähköautojen lataus voi aiheuttaa haasteita matalajänniteverkolle. Tikka (2010) puolestaan on tutkinut pikalatauksen verkkovaikutuksia simuloinnilla ja toteaa, että sähköauton pikalatauksen verkkovaikutukset ovat merkittäviä keskijänniteverkossa ja pienjänniteverkossa. Ruska et al. (2010) vertailivat mm. älykkäästi lataavia ja välittömästi verkkoon liitettyään latauksen aloittavia sähköautoja.

Tokio Electric Power Company'n Funakoshi (2010) puolestaan toteaa, ettei sähköautojen lataus juurikaan vaikuta sähköverkon kuormitukseen. Funakoshin mukaan pikalatausasemat liitetään keskijännitejärjestelmään. Hitaan latauksen kuormat taas ovat niin alhaiset, ettei niillä ole merkitystä matalajänniteverkon kannalta (kuva 6.14). Suomen tilanteessa Lassilan ja Vesan arviot pitänevät paremmin paikkansa kuin Funakoshin arvio siinä tapauksessa, että verkon kaapelointiaste on alhainen.

Basic strategy for infrastructure deployment



Kuva 6.14. Tokyo Electric Power Company'n näkemys sähköautojen latauksen vaikutuksesta sähköverkkoihin. (Funakoshi 2010)

Älykäs sähköverkko (smart grid) on yhtä ajankohtainen aihe kuin sähköautot konsanaan. Älykkäät verkot tekevät tuloaan sähköautoista riippumatta, mutta sähköautot saattavat omalta osaltaan vauhdittaa älyverkkojen kehittymistä.

Älykkäälle sähköverkolle on olemassa useita määritelmiä, joita muun muassa European Smart Grids Technology Platform on esittänyt julkaisussaan "Visions and strategy for Europe's Electricity Networks of the Future" (Smartgrids 2006). Kotimaisessa CLEEN Oy:n tutkimusohjelmassa SGEM (Smart Grid and Electricity Markets) älykäs verkko on kuvattu seuraavasti (sgem 2010):

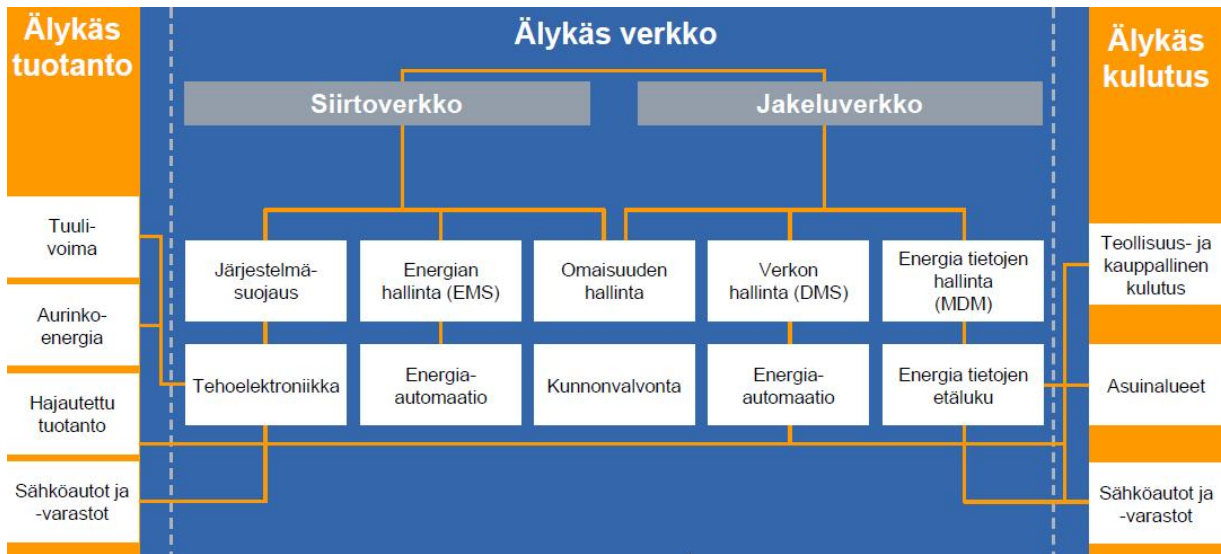
"Älykäs sähköverkko (Smart Grid, SG) muodostaa asiakaslähtöisen markkinapaikan hajautetulle tuotannolle ja erilaisille asiakasrajapintaan liittyville muille toiminnoille, kuten esim. kysynnän joustolle ja energiatehokkuutta tukeville palveluille. Sähköverkko itsessään on kustannustehokas mahdollistaen käyttövarmuudeltaan korkeatasoisen sähkönjakelun. Perinteisesti sähkönjakeluverkko on ollut keskitetyn voimajärjestelmän passiivinen osa. Jatkossa jakeluverkon tasolla olevat aktiiviset resurssit (mm. hajautettu tuotanto, ohjattavat kuormat, ladattavat sähköautot, energiavarastot) integroituvat osaksi energiamarkkinoita ja voimajärjestelmää, mikä tekee sähkönjakelujärjestelmästä aktiivisen. Aktiivinen sähkönjakeluverkko sisältää mm. useita ohjattavissa olevia tehonsyöttösuuntia, ohjattavia komponentteja ja näiden hallintajärjestelmiä. Kaukoluettavat älykkäät energiamittarit ovat olennainen osa älykästä sähköverkkoa. Asiakasrajapinnan kehittymisen mahdollistaa sähköverkkoyhtiöille, sähkön myyjille ja palvelun tarjoajille mahdollisuuden kehittää uusia toimintoja mm. markkinapohjaisen kuorman ja hajautetun tuotannon ohjaukseen ja niihin liittyviin uusiin liiketoimintoihin, energiatehokkuuteen, sähkön laadun hallintaan sekä tehoelektroniikkaan pohjautuviin ratkaisuihin."

National Energy Technology Laboratory (NETL) USA:ssa on määritellyt seuraavat vaatimukset/ominaisuudet älykkäälle sähköverkolle (NETL 2010):

- itsekorjautuvuus häiriötilanteissa
- mahdollistaa kuluttajien aktiivisen osallistumisen kysynnän määrittämiseen
- toimii joustavasti myös fyysisen uhan tai tietoliikenteen kautta tulevan uhan alaisena
- tuottaa korkealaatuista 2000-luvun vaatimuksia vastaavaa sähköä
- mahdollistaa kaikkien sähkön tuotanto- ja varastointimuotojen sisällyttämisen järjestelmään
- mahdollistaa uusia tuotteita, palveluita ja markkinoita
- optimoi tuotantoresurssit ja niiden käytön

Kuvassa 6.15 on Tuukkasen (2010) näkemys älykkään verkon elementeistä. Tässä kaaviossa sähköautot näkyvät niin sähkön tuotannon (sähkön varastointi ja V2G) kuin sähkön käytön päässä.

Kuvassa 6.16 on havainnekuva siitä, miten sähköverkko, hajautettu energian tuotanto, asuminen, kiinteistöt ja sähköautot liittyvät toisiinsa älyverkon avulla.



Kuva 6.15. Älykkään verkon elementtejä. (Tuukkanen 2010)



Kuva 6.16. Älyverkon osatekijöitä. (Hyvärinen 2010)

7. Sähköautojen standardointi ja turvallisuus

- Sähköautoja koskeva standardointi on osittain vielä kesken.
- Merkittävimmät turvallisuusriskit liittyvät autojen käyttöön, lataamiseen, lämmönsäätelyyn ja havainnoimiseen.
- Yhteensopivuusongelmia autojen latauksessa eri markkina-alueilla.
- Sähköautojen poikkitieteellisyyden vuoksi standardointitoimintaa useassa organisaatiossa.
- Nykyisten testausohjeiden mukaiset menetelmät eivät anna oikeaa kuvaa todellisesta toimintamatkasta.
- Katsastus- ja pelastusviranomaisten koulutuksessa tulisi huomioida sähköautojen erityispiirteet.

7.1 Yleistä

Sähköautot poikkeavat perinteisistä polttomoottorikäyttöisistä ajoneuvoista tekniikaltaan sekä vaadituilta tukitoiminnoiltaan. Aiheeseen liittyvät standardit ovat toistaiseksi puutteellisia, ja myös ajoneuvojen suorituskykyyn ja turvallisuuteen liittyy kysymysmerkkejä.

Seskon Juha Vesan mukaan sähköautojen standardisoinnissa on vielä paljon työtä jäljellä, erityisesti seuraavien kohtien osalta (Vesa 2010):

- Auton tekniset ominaisuudet (väri, äänet)
- Latausjärjestelmät (turvallisuus)
- Pistokytkimet (turvallisuus, yhteensopivuus)
- Akut (ominaisuudet, turvallisuus)
- Kommunikaatio (auto-verkko, auto-latausasema)
- Latausasemat, akunvaihtoasemat
- Liityntä Smart Gridiin (älyverkkoon)
- EMC (sähkömagneettinen yhteensopivuus)

Standardisoinnissa voidaan tunnistaa useita sisäisiä ja ristikkäisiä osa-alueita. Voidaan erottaa ainakin ajoneuvoteknillinen osa-alue, ajoneuvon sisäinen, lähinnä komponenttien sähkötekniillinen osa-alue sekä infrastruktuuriin eli sähköverkkoon, latausjärjestelmään sen liityntään ajoneuvon liittyvä osa-alue.

7.2 Ajoneuvoteknillinen standardisointi

Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan Talouskomission (UN-ECE) alaisena ylläpidetään ja kehitetään lukuisia teknisiä säädöksiä, jotka koskevat ajoneuvojen rakennetta. Sääntö ECE-R 100 koskee nimenomaisesti ajoneuvoluokkien M ja N sähköajoneuvoja, niiden rakennetta, toiminnallista turvallisuutta ja vetypäästöjä latauksen aikana. Ajoneuvon tulee olla ko. säännön mukaan hyväksytty, ennen kuin auto voidaan tyyppihyväksyä ja rekisteröidä. Säännön uusin versio on 100/01, ja se on tullut voimaan helmikuussa 2002.

http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r100e_1.pdf

http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r100e_2.pdf

LVM on käynnistänyt vuonna 2009 kansallisen työohjelman sähköautojen turvallisuuden osalta, ja koonnut eri toimijoista työryhmän, joka valmistelelee tarvittavia säädöksiä. Myös TUKES on aktiivisesti mukana.

7.3 Sähköteknillisen standardisoinnin organisointi

Sähköautoihin liittyviä standardeja käsitellään kuvan 7.1 mukaisesti eri organisaatioissa sekä eri tasoilla (Vesa 2009). Yleisellä tasolla ajoneuvoihin liittyvän standardisointityön veturina toimii ISO TC 22 (International Organization for Standardization). Sähkötekniikan vastaava kansainvälinen järjestö on IEC (International Electrotechnical Commission) ja televiestinnän ITU (International Telecommunication Union). Vaikka kansallisen tason standardisointijärjestöt ottavat aktiivisesti osaa ja toimivat osana kansainvälisiä standardisointijärjestöjä, voi kansallisilla järjestöillä olla tarkentavia omia standardeja, jotka rajoittuvat kansallisen järjestön vaikutusalueeseen (Mailas 2010).

Standardeihin vaikuttavista organisaatioista on syytä mainita myös USA:ssa alueellisesti toimiva standardisointiorganisaatio SAE ja Japanin JEVA

Ajoneuvojen kansainvälistä standardisointia käsitellään komiteassa ISO TC 22. Euroopan tasolla on keskitytty EU:n mandaattien kohdentamiin standardisointiprojekteihin komiteassa CEN TC 301, Road vehicles (European Committee for Standardization). Näissä komiteoissa tapahtuvaa standardisointia seuraa ja työhön osallistuu Suomen edustajana Yleinen teollisuusliitto YTL (Sesko).

Sähköautojen latausjärjestelmiin sekä sähköisiin ja elektronisiin komponentteihin liittyviä kansainvälisiä standardeja laatii IEC sekä Euroopassa CENELEC (European Committee for Standardization).

	Yleinen	Sähkötekniikka	Televiestintä
Maailma	 TC 22	 mm. TC 69, TC 21, SC 23H	
Eurooppa	 TC 301		
Suomi	 Yleinen Teollisuusliitto		

IEC = International Electrotechnical Commission

CENELEC = European Committee for Electrotechnical Standardization

Kuva 7.1. Standardisointiorganisaatio. (Vesa 2009)

Suomessa vastaava toimielin on Sesko. Seuraavat komiteat ovat erityisesti mukana sähköautojen komponentteihin liittyvissä standardisoinnissa (Sesko):

- ISO TC 22 Road vehicles
- CEN TC 301, Road vehicles
- IEC TC 69, Electric road vehicles and electric industrial trucks
- IEC TC 22, Akut, Secondary cells and batteries
- IEC SC 23 H, Pistokytkimet, Industrial, plugs and socket-outlets

Standardisoinnin hajanaisuuden vuoksi on CEN, CENELEC ja ETSI:a (European Telecommunications Standards Institute) pyydetty kehittämään ja tarkastelemaan Eurooppalaisia sähköautojen latausstandardeja erityisesti seuraavien kohtien suhteen (Vesa 2010):

- Sähkön toimituspisteen ja ajoneuvon laturin yhteentoimivuuden sekä liitettävyyden varmistaminen kaikkialla Euroopassa
- Laturin ja ajoneuvon yhteentoimivuuden sekä liitettävyyden varmistaminen kaikkialla Euroopassa
- Älykkääseen lataamisen liittyvien asioiden huomioon ottaminen sähköautojen latauksessa
- Käyttäjälle turvallisen lataamisen varmistaminen Direktiivien 2006/95/EC ja 2004/108/EC mukaisesti

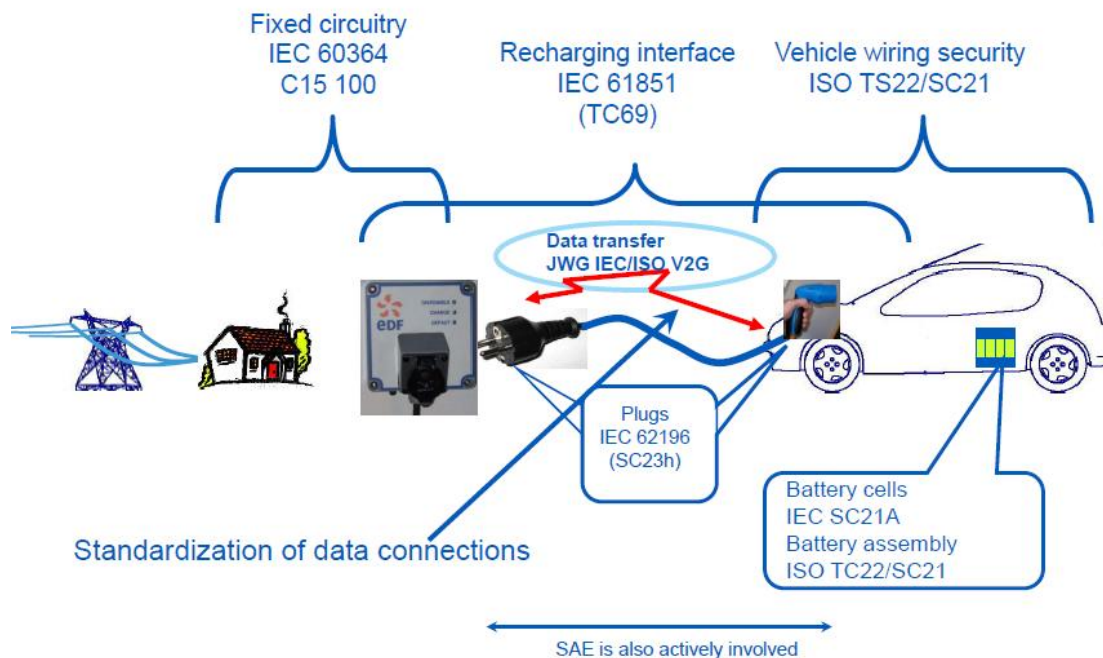
Järjestöt toimivat asiassa Euroopan komission mandaatilla M/468 (Vesa, 2010).

Sähköajoneuvot Suomessa – taustaselvityksessä standardisointi on jaettu kolmeen osa-alueeseen: turvallisuus-, mitoitus- ja yhteensopivuus- sekä suorituskykystandardeihin (Biomeri 2009). Czerny (2010) on käyttänyt kuvan 7.2 mukaisesti toista lähestymistapaa ja jakanut normit kolmeen eri osa-alueeseen: Ajoneuvon sisältämiin komponentteihin, latausta ja kiinteää verkkoa koskeviin normeihin. Seuraavissa alaotsikoissa on käsitelty olemassa olevia sekä vielä työn alla olevia standardeja molemmat näkökulmat huomioiden.

7.4 Sähköturvallisuus, yhteensopivuus ja mitoitus

Suomessa sähköajoneuvoihin liittyvää standardointityötä seuraa SESKO:n perustama komitea SK 69. Komitea SK 69 seuraa erityisesti sähköautojen latausjärjestelmiä standardisoivaa komiteaa IEC TC 69, akkukomiteaa IEC TC 21 sekä pistokekytkinkomiteaa IEC SC 23H. Lisäksi SK 69 komitea seuraa myös YTL:n vastuulle kansallisesti kuuluvaa ja komiteoissa ISO TC 22 sekä CEN TC 301 tapahtuvaa sähköautoihin liittyvää standardisointia (Sesko). Sähköauton lataukseen ja pistokytkeisiin liittyviä standardeja on käsitelty tarkemmin kappaleessa 6. Sähköautojen sähköturvallisuuteen liittyvät valmiit ja valmisteilla olevat standardit ovat esitetty taulukossa 7.1

What are the Principal norms impacting the EV?



Kuva 7.2. Sähköautoihin vaikuttavat normit. (Czerny 2010)

Taulukko 7.1. Turvallisuuteen liittyvät standardit. (Vesa 2010, Sesko)

Osa-alue	IEC/ISO	Aihe	Valmistumisen aikataulu
Auto	60364-7-722	Sähköauton latausjärjestelmän asennukset	Q3/2012
	61851-21	EV:n vaatimukset latauksen suhteen	Q2/2012
	62660-2	Li-ionikennot, turvallisuus väärinkäytössä	Q1/2011
	12405-1	Tehoakut, turvallisuus	Q4/2011
	12405-2	Energia-akut, turvallisuus	Q4/2012
Lataus	61851-1	Latausjärjestelmän yleiset vaatimukset	Q4/2010
	61851-22	AC-latausaseman vaatimukset	Q2/2012
	61851-23	DC-latausaseman vaatimukset	Q4/2012
	7816-4	Langattoman tiedonsiirron tietoturva ja tiedonsiirtokäskyt	Valmis
	61980-1	Induktiivisen järjestelmän vaatimukset	Q1/2013
	61851-24	EV:n ja DC-aseman välinen kommunikaatio	Q4/2012

Sähköautoihin liittyvien komponenttien ja osajärjestelmien yhteensopivuus latausjärjestelmän, sähkön- ja tiedonsiirron kanssa on vielä monilta osin standardoimatta. Ongelmana ovat eri markkina-alueiden eroavaisuudet sähkön käyttöjännitteessä sekä pistokestandardeissa. Taulukossa 7.2 on esitetty mitoitusta ja yhteensopivuutta koskevia standardeja. Standardit 15118-1-3 koskevat auton ja verkon välistä tiedonsiirtoa, joten ko. standardit koskevat käytännössä sekä autoja, latausta että kiinteää verkkoa.

Taulukko 7.2. Mitoitusta ja yhteensopivuutta koskevat standardit (Vesa 2010)

Osa-alue	IEC/ISO	Aihe	Valmistumisen aikataulu
Auto	62196-1	sähköauton pistokytkin, yleiset vaatimukset	Q3/2011
	62196-2	AC-pistokytkin, mode 3, mittalehdet	Q3/2011
	62196-3	DC-pistokytkin, mode 4, mittalehdet	Q2/2012
	62196-x	AC/DC-pistokytkin, mittalehdet	Ei vielä tietoa
Lataus	14443	Maksukortit	Valmis
	60884	Kotitalouspistokytkin	Valmis
Kiinteä verkko	15118-1	Kaapeloinnin yleiset asiat ja toimintatilojen määrittelyt	Q1/2012a
	15118-2	Tiedonsiirtoprotokollat	Ei vielä tieto
	15118-3	Kaapeloinnin ominaisuudet	Ei vielä tietoa

7.5 Yleisiä turvallisuusnäkökohtia

7.5.1 Kolariturvallisuus

Auton kolariturvallisuus varmistetaan EY-tyyppihyväksynnässä ennen markkinoille tuloa. Markkinoilla olevien muutossähköautojen kohdalla on syytä huomioida, että pohjana käytetyn ajoneuvon kolariturvallisuus voi heikentyä merkittävästi ajoneuvoon tehtyjen teknisten muutosten johdosta (DfT 2009). Henkilöautojen kolariturvallisuus määritellään etu- ja sivutörmäyksen osalta UNECE:n säännöissä R 94 ja R 95 (UNECE). Sähköautojen kolariturvallisuuden erityispiirteet huomioivat sääntömuutokset ovat hyväksyntäkierroksella ja toistaiseksi vielä ratifioimatta.

Mitsubishi i-MiEV on ensimmäinen sarjavalmistainen sähköauto, jonka kolariturvallisuutta on testattu. Saksalainen autojärjestö ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club) suoritti i-MiEV:ille etu- ja takatörmäystestin tammikuussa 2011 (Mitsubishi 2011).

7.5.2 Huurteenpoisto

Sähköautot eivät tuota riittävästi hukkalämpöä kuten polttomoottoriset autot, joten huurteenpoisto ja matkustamon lämmönsäätö on järjestettävä joko sähköisillä vastuksilla tai erillisellä polttoainekäyttöisellä lämmittimellä. Ajoneuvon huurteen- ja sumunpoistojärjestelmän vaatimukset ovat määritelty direktiiveillä EY 661/2009 (EY 661/2009) ja EY 672/2010.

7.5.3 Riittävä suorituskyky

Sähköautojen suorituskyky poikkeaa moniltakin osin polttomoottorikäyttöisten autojen arvoista. Merkittävänä erona on ajoneuvon toimintaetäisyys ja tästä johtuva ns. range anxiety. Ajoneuvon suorituskykyä arvioitaessa on syytä ottaa huomioon testausmenetelmien rajoitteet. Luvussa 8 käsitellään testausohjetta ECE-R101 ja sen asettamia vaatimuksia testattavalta ajoneuvolta, sähköautojen energiankulutusta ja toimintamatkaa. Todennäköisyys, että matka keskeytyy energian loppumisen takia on sähköautojen kohdalla merkittävästi suurempi kuin polttomoottoriautojen kohdalla. Talvella harvaan asutuilla alueilla tämä voi olla turvallisuusriski.

Sähköakun energianluovutuskyky heikkenee akun tyhjentyessä ja jännitteen laskiessa. Polttomoottorikäyttöisen auton tankissa olevan polttoaineen määrällä ei ole vastaavaa vaikutusta tehontuottoon, kunhan polttoainetta on vain käytettävissä. Sähköautoista voi sen sijaan aiheutua vaaratilanteita kiihdytettäessä liikennevirtaan miltei tyhjällä akulla, kun tehontuotto ei olekaan oletetulla tasolla. (Haakana 2011).

Koko auton lisäksi suorituskykymittauksia voidaan tehdä myös komponenttitasolla. Komponenttien suorituskyvyn määrittämiseen on tehty ja kehitteillä seuraavat standardit, jotka on esitetty taulukossa 7.3

Taulukko 7.3 Suorituskyvyn määrittämistä koskevat standardit (Vesa, 2010)

Osa-alue	IEC/ISO	Aihe	Valmistumisen aikataulu
Auto	62660-1	Li-ionikennot, suorituskyky	Q1/2011
	62576	HEV kondensaattorit, testaus	Ei vielä tietoa
	61982-1	Sekundaari akut, testiparametrit	Valmis
	61982-2	Akkujen testaus, purkautuminen ja dynaaminen kestävyys	Valmis
	61982-3	Akkujen suorituskyvyn testaus	Valmis

7.5.4 Havaittavuus

Sähköautot ovat huomattavasti hiljaisempia kuin polttomoottorikäyttöiset autot. Pelkän sähkömoottorin avulla liikkuvasta autoista ei aiheudu rengasmelun lisäksi juurikaan ääntä, jolloin autojen huomaaminen on enimmäkseen näköaistin varassa. Toistaiseksi sähköautojen ajonaikaista ääntä ole määritelty eikä ole annettu viranomaismääräystä, joka parantaisi autojen havaittavuutta.

7.5.5 Viranomaistoiminta

Viranomaisten toiminnassa on syytä ottaa huomioon sähköautojen aiheuttamat koulutus-tarpeet. Perinteisen polttomoottoritekniikan rinnalle tuleva korkeajännitetekniikka voi aiheuttaa vakavia loukkaantumisia pelastus- ja katsastustoiminnassa, mikäli ajoneuvoa käsittelevä henkilö ei ole tietoinen sähköautojen erityispiirteistä.

8. Sähköautojen energian kulutus ja ympäristövaikutukset

- Sähköautojen energian kulutuksen ja toimintamatkan mittaaminen on määritelty säännössä ECE R-101.
- Polttomoottoriautojen osalta polttoaineen kulutus vaaditaan ilmoitettavaksi, sähköautojen osalta vaatimusta energian kulutuksen ilmoittamisesta ei toistaiseksi ole.
- Ihanteellisissa olosuhteissa sähköautojen energian kulutus (latauksen hyötysuhde huomioiden) on suuruusluokkaisesti 0,15 – 0,25 kWh/km auton koosta riippuen.
- Akkusähköauton hyötysuhde (latauksen hyötysuhde huomioiden) on suuruusluokkaisesti 50 – 60 %.
- Kokonaisenergian kulutuksen ja CO₂-päästöjen kannalta tuuli- tai vesisähköllä toimiva akkusähköauto on paras vaihtoehto.
- Kokonaisenergian kulutuksen kannalta akkusähköauto joka käyttää joko maakaasulla tai hiilellä tuotettua sähköä on dieselautoa huonompi vaihtoehto.
- Koko energiaketjun CO₂-päästöjen kannalta dieselauto on hieman huonompi kuin maakaasulla tuotettua sähköä käyttävä sähköauto mutta selvästi parempi kuin hiilisähköä käyttävä sähköauto.
- Sähköauton ilman laatuun vaikuttavat lähipäästöt tai ns. säännellyt päästöt ovat nolla.
- Sähköauto on kaupunkinopeuksilla polttomoottoriautoa hiljaisempi.

8.1 Yleistä

Tavanomaisten henkilöautojen osalta olemme tottuneet siihen, että valmistaja tai myyjä ilmoittaa jokaiselle automallille niin polttoaineen kulutuksen kuin hiilidioksidipäästöt. Tämä perustuu direktiiviin 1999/94/EY kuluttajien mahdollisuudesta saada uusien henkilöautojen markkinoinnin yhteydessä polttoainetaloutta ja hiilidioksidipäästöjä koskevia tietoja. Ilmoitukset koskevat loppukäyttöä, ts. itse auton polttoaineen kulutusta ja auton pakoputken päästä mitattua hiilidioksidipäästöä. Direktiivi voisi periaatteessa kattaa sähköauton energian kulutuksen ilmoittamisen, mutta nykymuodossaan direktiivi ja siitä johdettu kansallinen asetus 938/2000 eivät toistaiseksi kata sähköautoja.

Polttomoottoriauton kohdalla noin 85 % kokonaisenergian kulutuksesta ja hiilidioksidipäästöstä syntyy loppukäytössä, ja vain noin 15 % polttoaineketjun alkupäästä (öljyn tuotanto, jalostus ja jakelu) (JRC 2008). Koko polttoaineketjun likimääräinen energian kulutus ja hiilidioksidipäästöt saadaan siis jakamalla auton luvut kertoimella 0,85.

Esimerkki: Dieselauton ilmoitettu polttoaineen kulutus on 4,6 l/100 km (vastaten 0,46 kWh/km, koska 1 dieselpolttoainelitrin energiamäärä on 36 MJ = 10 kWh) ja CO₂-päästö 120 g/km. Koko polttoaineketjun osalta energian kulutus on tällöin noin 0,55 kWh/km ja CO₂-päästö noin 140 g/km.

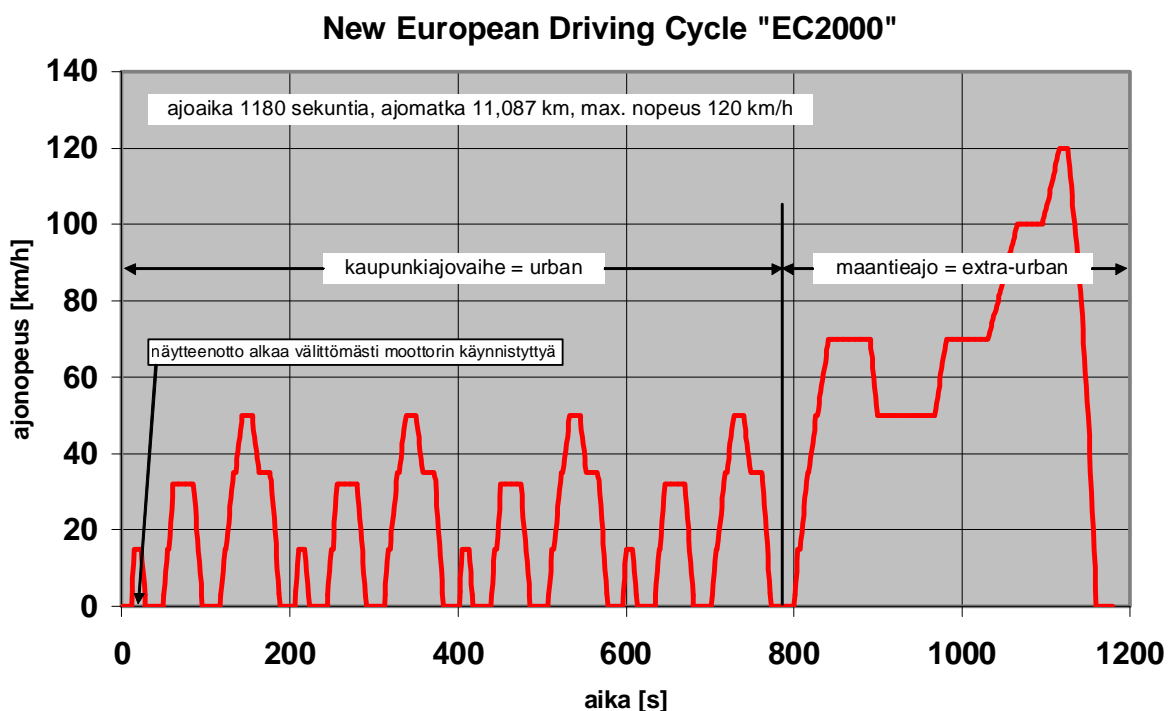
Henkilöautojen ja keveiden tavara-autojen CO₂-päästöjen, polttoaineen kulutuksen ja sähköä hyödyntävien autojen osalta sähköenergian kulutuksen mittaukset on määritelty YK:n alaisen UNECE:n (Economic Commission for Europe) säännössä R-101 (ECE R-101). Komission asetus (EY) N:o 692/2008 moottoriajoneuvojen tyyppihyväksynnästä tukeutuu

mittausmenetelmien osalta R101-sääntöön. USA:ssa ja Japanissa on omat mittausmenetelmänsä, USA:ssa SAE standardit J1634 (sähköautot, peruttu 2002, nyt revisioitavana) ja J1711 (hybridit ml. lataushybridit) ja Japanissa sähköautojen mittausmenetelmä Z108-1994.

Säännön R-101 liitteissä mittausmenetelmät on eritelty seuraavasti:

- Liite 6: pelkällä polttomoottorilla varustettujen autojen CO₂-päästö ja polttoaineen kulutus
- Liite 7: täyssähköauton sähköenergian kulutus
- Liite 8: hybridi-auton CO₂-päästö, polttoaineen kulutus ja sähköenergian kulutus
- Liite 9: sähköisen toimintamatkan määrittäminen täyssähköautoille ja lataushybrideille

Liite 8 kattaa sekä autonomiset hybridit että lataushybridit. Kaikille autoluokille käytetään samaa NEDC (New European Driving Cycle) testisykliä. NEDC muodostuu kahdesta osasta, kaupunkiajoo kuvaavasta osasta (urban) ja maantieajoo kuvaavasta osasta (extra-urban, kuva 8.1).



Kuva 8.1. Kaksiosainen NEDC-ajosykli. Data ECE-R83 ja ECE-R101. Kuva Juhani Laurikko.

Tulosten esitystapa on määritelty R-101:n liitteessä 4:

Polttomoottoriauto ja autonominen hybridi:

- CO₂-päästö kaupunkiajo (g/km)
- CO₂-päästö maantieajo (g/km)
- CO₂-yhdistelmäarvo (g/km)
- polttoaineen kulutus kaupunkiajo (l/100 km)
- polttoaineen kulutus maantieajo (l/100 km)
- polttoaineen kulutus yhdistelmäarvo (l/100 km)

Akkusähköauto:

Energian kulutus:

- sähköenergian kulutus (Wh/km, koko syklin yli)
- kokonaisaika, jolloin auto ei ole kyennyt seuraamaan ajosykliä (s)

Toimintamatka:

- toimintamatka (km)
- kokonaisaika, jolloin auto ei ole kyennyt seuraamaan ajosykliä (s)

Lataushybridien osalta testaus suoritetaan kahteen kertaan, täyteen ladatulla energiavarastolla (tapaus A) ja minimivaraustilassa olevalla energiavarastolla (tapaus B). Tulokset ilmoitetaan koko syklin yli:

- CO₂-päästö (g/km, tapaus A, koko syklin yli)
- CO₂-päästö (g/km, tapaus B, koko syklin yli)
- CO₂-yhdistelmäarvo (g/km, painotettu A + B, koko syklin yli)
- polttoaineen kulutus (l/100 km, tapaus A, koko syklin yli)
- polttoaineen kulutus (l/100 km, tapaus B, koko syklin yli)
- polttoaineen kulutus (l/100 km, painotettu A + B, koko syklin yli)
- sähköenergian kulutus (Wh/km, tapaus A, koko syklin yli)
- sähköenergian kulutus (Wh/km, tapaus B, koko syklin yli)
- sähköenergian kulutus (Wh/km, painotettu A + B, koko syklin yli)

Painotus lasketaan seuraavasti (esimerkkinä CO₂-päästö):

$$M = (D_e \cdot M_1 + D_{av} \cdot M_2) / (D_e + D_{av}),$$

missä M₁ = CO₂ päästö täyteen varatulla energiavarastolla
M₂ = CO₂ päästö minimivaraustilassa olevalla energiavarastolla
D_e = auton toimintamatka sähköllä
D_{av} = 25 km (vakio, kuvaa polttomoottoriajon osuutta)

Sähköisen toimintamatkan määrittäminen edeltää akkujen purku tietyn menetelmän mukaan ja tätä seuraava lataus täyteen varaustilaan. Itse testi suoritetaan ajamalla NEDC sykliä. Koe päättyy, kun auto ei enää saavuta 50 km/h nopeutta tai kun auton järjestelmät ilmoittavat, että ajoa sähköllä ei voida jatkaa.

Testaukset (energiankulutus, toimintamatka) eivät edellytä, että auto sähköllä ajettaessa pystyy seuraamaan NEDC sykliä. Testeissä vaaditaan kuitenkin rekisteröitäväksi se aika, jolloin auto ei pysty seuraamaan syklin edellyttämää nopeutta. Jos nopeus jää alle tavoitearvon yli 50 km/h nopeuksissa, auton kaasupohjin tulee pitää pohjaan painettuna. Koekäytetään aina ilman ilmastointi- tai lämmityslaitetta ja valoja.

Käytännön toimintamatka voi olla huomattavasti ECE R-101 indikoimaa matkaa lyhyempi monestakin syystä. Maantienopeuksilla ajovastukset ja sitä myötä myös energian kulutus kasvavat merkittävästi. Kun toimintamatkatestauksen kriteerinä on 50 km/h nopeus, on syytä muistaa että sellaisella autolla, joka juuri ja juuri kulkee 50 km/h, ei turvallisuusmielessä ole asiaa maanteille eikä varsinkaan moottoriteille. Kylmän vaikutusta on käsitelty tarkemmin luvussa 9.

Sähköautoille ilmoitetaan yleisesti sekä akkukapasiteetti että toimintamatka. Näistä arvoista ei pysty suoraan päättelemään sähköauton energiankulutusta. Energian kulutus määritetään autoon syötettynä energiamääränä, joten tarkasteltaessa akkuun varastoitua energiamäärää autoon asennetun laturin ja akun latauksen häviöt jäävät huomioimatta. Toisaalta kestoajan parantamiseksi akkua ei koskaan pureta aivan tyhjäksi, eli akkuun jää tietty minimivaraustila, jota ei pystytä hyödyntämään. Nämä tekijät vaikuttavat vastakkaisiin suuntiin, joten jonkinlaista suuntaa antavaa indikaatiota energiankulutuksesta saadaan tarkastelemalla ilmoitettua akkukapasiteettia suhteessa ilmoitettuun toimintamatkkaan.

8.2 Energian kulutus ja toimintamatka

Toistaiseksi sähköautoille löytyy varsin vähän energiankulutusarvoja. The Plug-In Hybrid and Electric Vehicle Opportunity Report (Advanced Automotive Batteries 2010) antaa energiankulutusarvoja eri ikäisille sähköautoille. Taulukossa 8.1 on esitetty joitakin esimerkkejä. Taulukon lukuja tarkasteltaessa käy ilmi, että energiankulutus on johdettu suoraan akkukapasiteetti- ja toimintamatka-arvoista, eli kyse ei ole todellisista mitatuista energiankulutusarvoista.

Taulukko 8.1. Esimerkkejä sähköautojen energian kulutuksesta. (Advanced Automotive Batteries 2010)

Auto	Vuosi	Omapaino (kg)	Akku (kWh)	Toimintamatka (km)	Energiankulutus (Wh/km)
GM EV1	1998	1350	26,4	180	150
Nissan Altra	1998	1700	32	128	250
Toyota RAV4 EV	1998	1560	28,8	128	225
Ford Think*	2000	960	11,5	85	136
Zytek Smart EV	2001	870	13,6	122	130
Mitsubishi i-MiEV**	2006	1080	16	144	111
Subaru-R1e	2006	860	9	80	113

*) ei nykyisen spesifikaation mukainen **) esisarjan auto

Nissan Leafin USA:n verkkosivut antavat ohjeita toimintamatkkaan vaikuttavista tekijöistä ja esimerkkejä toimintamatkasta eri tilanteissa (Nissan USA 2011). Nissanin mukaan toimintamatka uusilla akuilla on 100 – 220 km. Toimintamatkkaan vaikuttavia tekijöitä ovat:

- matkustamon jäähdytys tai lämmitys
- nopeus: korkeampi nopeus kuluttaa enemmän energiaa korkeampien ajovastusten takia
- ajotyyli: pehmeät kiihdytykset ja jarrutukset lisäävät toimintamatkaa aggressiiviseen ajotyyliin verrattuna
- kuorma ja topografia: kuorma ja pitkät ylämäen lyhentävät toimintamatkaa

Toimintamatkasta annetaan seuraavat esimerkit (simulaatioon perustuen):

- ihanteelliset ajo-olosuhteet (tasainen 60 km/h nopeus tasamaalla) ilmastointi pois kytkettynä: 220 km
- ajo esikaupunkialueella keskinopeudella 38 km/h ilmastointi pois kytkettynä: 168 km
- kaupunkiajoa kuvaava EPA LA4 sykli keskinopeudella 31 km/h ilmastointi pois kytkettynä: 160 km
- maantieajo kesällä keskinopeudella 88 km/h ilmastointi kytkettynä: 112 km
- "pendelöinti" (edestakainen työmatka-ajo) esikaupunkialueelta keskustaan keskinopeudella 78 km/h ilmastointi kytkettynä: 109 km
- katkonainen kaupunkiajo talvella keskinopeudella 24 km/h lämmitys kytkettynä: 100 km

Nissan Leafin akkukapasiteetti on 24 kWh, joten Advanced Automotive Batteries'in yksinkertaistettua menetelmää käyttäen energian kulutukseksi saadaan 110 – 240 Wh/km.

Tuulilasi-lehti testasi Think Cityn litiumioniakuilla numerossa 16/2010 (Tuulilasi 2010). Tuulilasi mittasi todellisen energiankulutuksen mittaamalla autoon ladatun energiamäärän. Maantieajossa 63 km/h keskinopeudella auto pysähtyi 127 km:n ajon jälkeen. Tyhjentyneen akun lataukseen käytettiin 26,5 kWh sähköä, joten energian kulutukseksi saatiin 209 Wh/km (vastaten 2,1 l diesel/100 km). Ulkolämpötila oli +10 °C, ja sähköinen lämmityslaitte oli päällä koko ajan. Rankassa kaupunkiajossa Tuulilasi mittasi energiankulutukseksi 325 Wh/km (vastaten 3,3 l diesel/100 km).

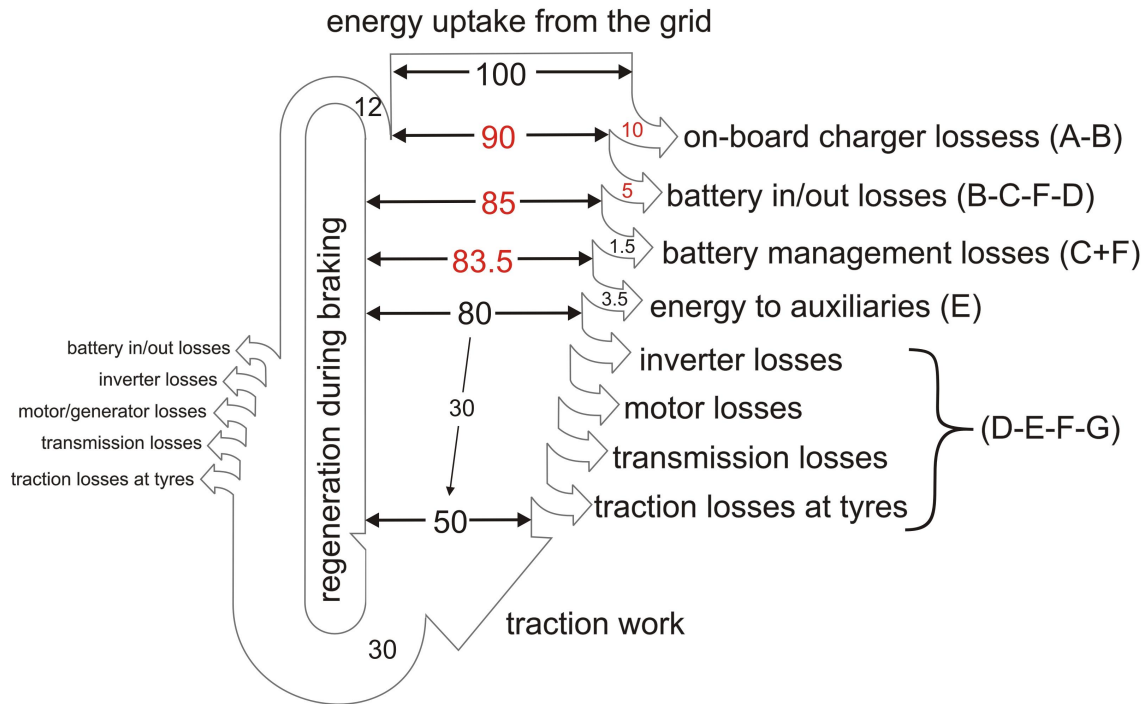
Think Cityn litiumioniakun kapasiteetiksi ilmoitetaan lähteestä riippuen 22 tai 23 kWh. Jakamalla tämä luku Tuulilasin mittaamalla toimintamatkalla maantieajossa saadaan arvoiksi 173 – 181 Wh/km. Todellinen latauksen energiahäviöt huomioiva energian kulutus oli n. 15 % korkeampi.

VTT:llä on vuonna 2010 tutkittu sähköautojen ja hybridien energian kulutusta. ECE R-101-säännön mukaisessa mittauksessa Think Cityn (litiumioniakuilla) energiankulutukseksi saatiin 193 Wh/km (yhdistetty arvo). Mittauksessa eroteltiin lisäksi kaupunki- ja maantieosuudet. Näiden osalta energian kulutus oli 201 ja 188 Wh/km (VTT 2010). Tuulilasin ajama kaupunkikoe on siten huomattavasti ECE15-standardikoetta rankempi.

Lähinnä Think'ia vastaava polttomoottoriauto on kaksipaikkainen Smart Coupe. 40 kW:n dieselmoottorilla varustetun Smartin kulutusluvuiksi ilmoitetaan: kaupunki 3,3, maantie 3,3 ja yhdistetty kulutus 3,3 l/100 km (Smart 2010)

Laurikko ja Erkkilä (2010) ovat tutkineet muunnossähköauton energiankulutusta. Auton oli European Batteriesin muuntama Volkswagen Passat Variant englantilaisen Zytekin tekniikalla. Moottorin teho on 70 kW, ja energiavarastona on EB:n K2 Energy Solution'in kennoista koostama 24,8 kWh:n litium-ioniakusto. Auton omapaino on 1780 kg. Ilmoitet-

tu toimintamatka on 100 – 120 km. Autosta tehtiin yksityiskohtainen energiatasetarkastelu kuvan 8.2 mukaisesti.



Kuva 8.2. Täyssähköauton energiavirrat ja suhteellinen hyötysuhde. Punaiset luvut ovat arvioita. Kuvan tapauksessa 50 % autoon syötetystä energiasta muuttuu autoa eteenpäin vieväksi työksi. Jarrutuksessa 12 % syötetystä energiamäärästä saadaan palautettua akkuun, eli regeneroinnin hyötysuhde on tasolla 25 % (12/50). (Laurikko & Erkkilä 2010)

Autolla ajettiin NEDC:n lisäksi myös muita testisyklejä, joukossa myös todellista ajoa Helsingin keskustassa kuvaava Helsinki-sykli. Taulukossa 8.2 on yhteenveto mittauksista. Taulukossa on kolme tulossaraketta: vetävillä pyörillä vaadittava energia (riippuu itse auton omaisuuksista, mm. painosta), kokonaisenergian kulutus (autoon sähköverkosta syötetty energiamäärä) ja kokonaishyötysuhde (vetäviltä pyöriltä mitattu energia suhteessa autoon syötettyyn energiamäärään).

Passatin energian kulutus on 220 – 390 Wh/km ollen suurimmillaan maantieajossa. Hyötysuhde on keskimäärin noin 50 %, korkeampi maantieajossa kuin kaupunkiajossa. Hyötysuhteen vaihtelu ajotyypin mukaan on kuitenkin selvästi vähäisempää kuin polttomoottoriautojen kohdalla, koska sähköauto ei kärsi huonosta hyötysuhteesta osakuormakäytössä samalla tavalla kuin polttomoottoriauto.

Taulukko 8.2. Muunnossähköauton kokonaisenergiankulutus ja hyötysuhde. (Laurikko & Erkkilä 2010)

cycle	Traction work (kWh/km)	Total energy use (kWh/km)	Overall efficiency %
NEDC	0.13	0.25	50 %
ECE15	0.10	0.22	45 %
EUDC	0.14	0.26	53 %
HKI	0.18	0.35	51 %
HWY1	0.23	0.39	58 %
HWY2	0.17	0.30	57 %
urban	0.14	0.28	48 %
extra-urban	0.18	0.32	56 %

Toyota on ilmoittanut tuovansa markkinoille plug-in version Priuksesta vuonna 2012. Autosta on tehty 600 kappaleen esisarja, josta kolme autoa on Suomessa. Autot edustavat Priuksen ns. kolmatta sukupolvea, joka tuli markkinoille 2009. Toyota ilmoittaa esisarjan plug-in autolle seuraavat suoritusarvot (Skogster 2010, suluissa perusauton eli autonomisen hybridin arvot):

- toimintamatka sähköllä n. 20 km , lisäakun nimelliskapasiteetti 5,2 kWh
- yhdistetty CO₂-arvo 59 g/km (92 g/km)
- yhdistetty polttoaineenkulutusarvo 2,6 l/100km (4,0 l/100 km)

R-101 -kokeen mukaisesti testattuna bensiinin käyttö ja sitä kautta myös CO₂-päästö vähenevät n. 35 % plug-in versiolla. Jos auto selviytyisi NEDC-syklistä pelkällä sähköllä, normin painotussäännöllä CO₂-yhdistelmäarvoksi tulisi 51 g/km. Hieman korkeampi arvo tarkoittaa sitä, että järjestelmä käynnistää polttomoottorin ajoittain myös täyteen ladatulla akulla. Syy tähän lienee, ettei pelkän sähköjärjestelmän tuotto riitä maantiejakson yli 100 km/h nopeuksiin, ja polttomoottoria tarvitaan avuksi.

VTT:llä on koekäytössä kaksi vuosimallin 2009 toisen sukupolven Toyota Prius hybridiautoa. Toinen autoista on muunnettu lataushybridiksi asentamalla siihen A123 Systems'in HyMotionTM konversiosarja, jonka ydin on 5 kWh:n litiumioni-lisäakku. Järjestelmä on tehty niin, että lisäakku "lataa" auton omaa akkua niin kauan kuin lisäakussa riittää sähköä. Lisäakku ei kuitenkaan lataudu jarrutustilanteessa. (Laurikko & Pellikka 2010). Teknisesti auto ei ole samanlainen kuin Toyotan oma kolmannen sukupolven Priukseen tekemä plug-in koeversio, mutta jälkiasennetullakin järjestelmällä saadaan osviittaa plug-in -auton suorituskyvystä.

Normaalilämpötilassa R-101 -säännön mukaisessa testissä jälkiasennettu plug-in järjestelmä vähentää polttoaineen kulutusta vajaa 30 %. Laurikko ja Pellikka (2010) selvittivät plug-in järjestelmän suorituskykyä normaalissa ajossa vertaamalla pitkällä aikavälillä rinnan tavanomaisen hybridin ja plug-in hybridin kulutuslukuja. Autoja pyrittiin mahdollisuuksien mukaan käyttämään vertailukelpoisessa ajossa. Lyhyessä ajossa (ajomatka keskimäärin 11 km) plug-in järjestelmä vähensi polttoaineen kulutusta keskimäärin 43 %, ja pitemmässä työmatka-ajossa (ajomatka keskimäärin 43 km) keskimäärin 27 %.

Opel Ampera (kuva 4.7) on tekniseltä ratkaisultaan sarjahybridi, josta valmistaja käyttää EREV-nimitystä. Ajo tapahtuu aina sähkön voimalla, ja auton polttomoottori toimii tarvittaessa generaattorina. Rakenne poikkeaa siten Priuksesta. Amperalle ilmoitetaan seuraavat suoritusarvot (Opel 2011):

- toimintamatka sähköllä 40 – 80 km (akun nimelliskapasiteetti 16 kWh)
- yhdistetty CO₂-arvo 40 g/km
- yhdistetty polttoaineenkulutusarvo 1,6 l/100km

Ampera käyttää siis enemmän sähköä kuin Prius, ja selvittänee NEDC-syklin ilman generaattorin käynnistymistä. R-101 -säännön mukaisella painotuksella voidaan laskea, että tyhjällä akulla auton CO₂-päästö on noin 135 g/km.

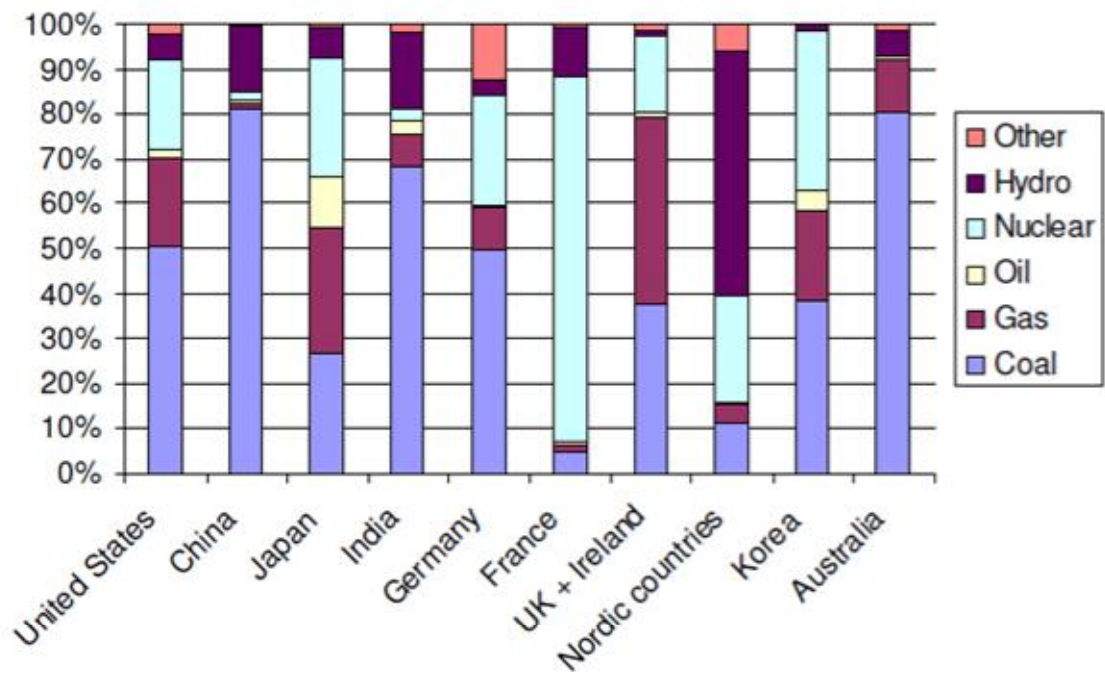
8.3 Ympäristövaikutukset

Pelkällä sähköllä ilman laatuun vaikuttavat lähipäästöt tai ns. säännellyt päästöt ovat nolla. Eräs määritelmä sähköautolle onkin se, että se on auto, jossa ei ole pakoputkea lainkaan. Englannin kielellä on myös sanottu, että sähköautot ovat EE-autoja, ja tällä on tarkoitettu "emissions elsewhere" eli päästöt muualla. Terveydelle haitallisille päästöille altistumisen kannalta päästöt voimalaitoksen korkeasta piipusta ovat aina parempi kuin polttomoottoriauton katutasolla hengitysilmaan laskemat päästöt. Kiinassa sähköajoneuvoihin panostetaan voimakkaasti, osittain juuri kaupunkien ilmanlaatuongelmien lievittämiseksi. Niinpä Kiinassa sähkömopot ja –skootterit ovat yleistyneet nopeasti.

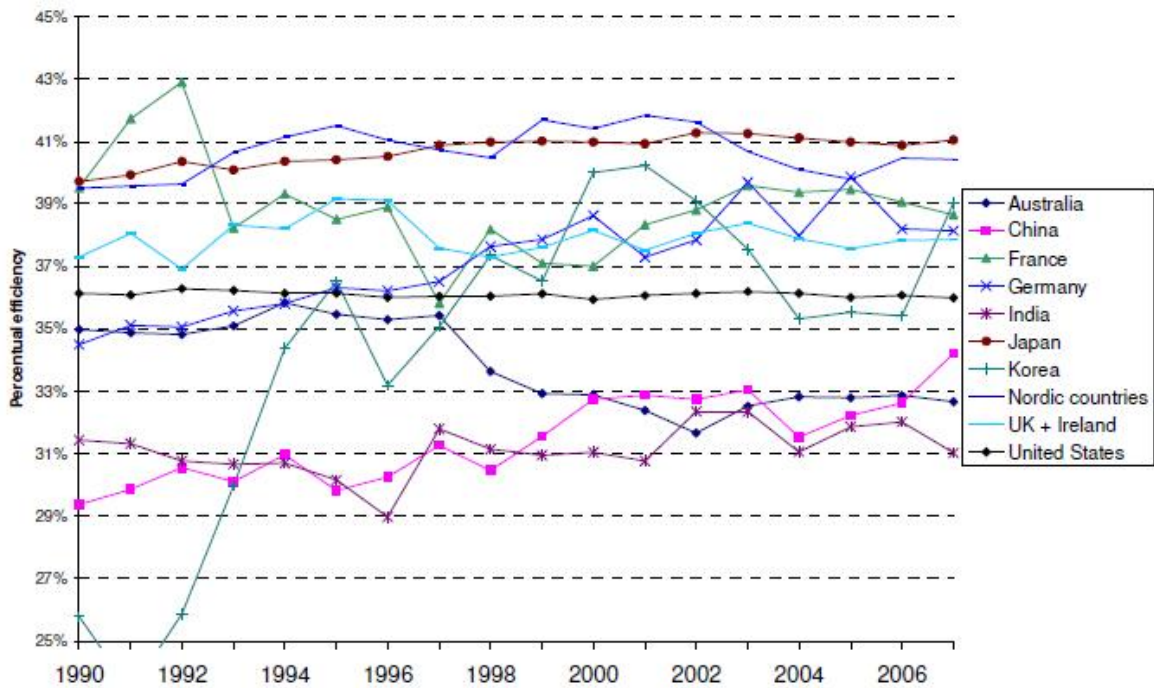
Sähköautojen eduksi voidaan myös laskea alhaisempi melutaso. Toisaalta polttomoottori ei ole ainoa melunlähde autossa, vaan myös renkaat ja ajoviima aiheuttavat melua. Pie-nillä nopeuksilla sähköauto on hyvin hiljainen, ja tästä voi olla myös haittaa huonon havaittavuuden muodossa. Käynnissä on tutkimushankkeita, joissa pyritään selvittämään, tulisiko sähköautoihin tehdä järjestelmiä auditiivisten signaalien tuottamiseksi turvallisuuden lisäämiseksi, ja millaisia näiden varoitusäänien tulisi olla..

CO₂-päästöjen ja energian kokonaiskäytön kannalta sähköautojen osalta on kuitenkin aina huomioitava sähkön tuotantotapa. Ihannetapauksessa sähköautoissa käytetään hiilineutraalia sähköä (vesivoima, tuuli, aurinko, ydinvoima), ja pahimmassa tapauksessa kivihiihtä polttoaineena käytävässä voimalaitoksessa tuotettua sähköä. Kuvassa 8.3 on esimerkkejä sähkön tuotantorakenteesta. Keskimäärin fossiilisten polttoaineiden osuus sähkön tuotannossa on yli 60 %. Australiassa ja Kiinassa hiilen osuus on 80 %, Englannissa ja Irlannissa taas hiilen ja maakaasun yhteenlaskettu osuus on 80 %. Vähähiilistä sähköä on Ranskassa (ydinvoima hallitsee) ja Pohjoismaissa (vesivoima ja ydinvoima merkittävimmät tuotantotavat). (Ecofys 2010)

Fossiilisiin polttoaineisiin perustuvan sähkön tuotannon hyötysuhde vaihtelee huomattavasti. Kuva 8.4 on hiileen perustuvalla sähkön tuotannolle. Arvot vaihtelevat Intian 31 %:sta Japanin 41 %:iin painotetun keskiarvon ollessa 35 %. Maakaasuun perustuvalla tuotannolle arvot ovat 38 % - 52 % (Australia – Englanti/Irlanti) painotetun keskiarvon ollessa 46 %. Pohjoismaissa arvot ovat hiillelle n. 40 % ja maakaasulle n. 47 %. (Ecofys 2010)



Kuva 8.3. Sähkön tuotannon rakenteita. (Ecofys 2010)



Kuva 8.4. Hyötysuhde hiileen perustuvassa sähkön tuotannossa. (Ecofys 2010)

Seuraavassa on tarkasteltu kokonaisenergiankulutusta ja CO₂-päästöjä polttomoottori- ja sähköautojen osalta. Vertailupareiksi on otettu Think City/Smart Coupe diesel (40 kW) ja Volkswagen Passat Variant EV (muunnossähköauto)/ Volkswagen Passat Variant diesel (1,6 l BlueMotion). Molempien dieselautojen päästöluokitus on Euro 5, tarkoittaen että ne on varustettu hiukkassuodattimin (Smart 2010, Volkswagen 2010).

Sähkön osalta on tarkasteltu kolmea tapaus:

- hiilineutraali sähkö, esim. vesivoima, tuotannon energiahyötysuhde 100 %
- kaasulla tuotettu sähkö, hyötysuhde 47 % (Ecosfys 2010)
- hiilellä tuotettu sähkö, hyötysuhde 40 % (Ecofys 2010)

Siirtohäviöiksi on kaikissa tapauksissa arvioitu 5 %. Maakaasun hiilidioksidipäästönä on käytetty 55,0 g CO₂/MJ ja hiilen päästönä 94,6 g CO₂/MJ (Tilastokeskus 2011).

Sähköautojen energian kulutuksena on käytetty VTT:n mittaamia arvoja (yhdistetty arvo):

- Think City 193 Wh/km
- Volkswagen Passat Variant EV 250 Wh/km

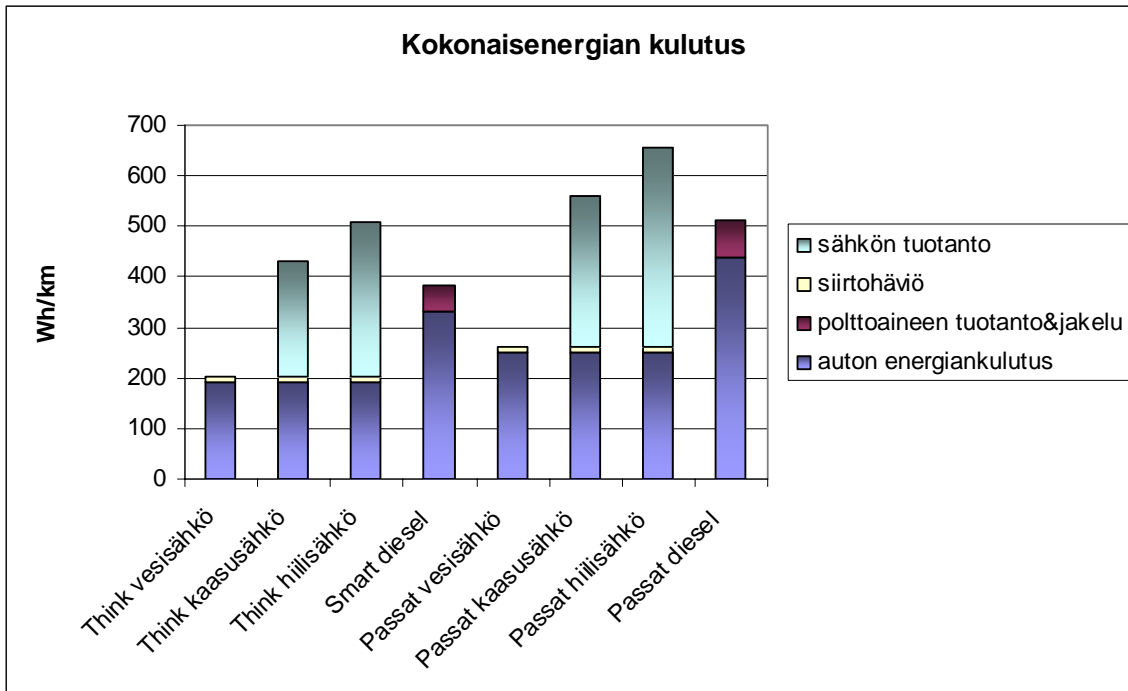
Dieselpolttoaineelle (fossiiliselle) on käytetty seuraavia oletuksia:

- lämpöarvo 36 MJ/l (2009/28/EY)
- hiilidioksidipäästö 73,6 g CO₂/MJ (Tilastokeskus 2010)
- polttoaineketjun alkupään (well-to-tank) energian kulutus 0,16 MJx/MJpolttoainetta
- (JRC 2010)
- polttoaineketjun alkupään (well-to-tank) 14,2 g CO₂/MJpolttoainetta (JRC 2008)

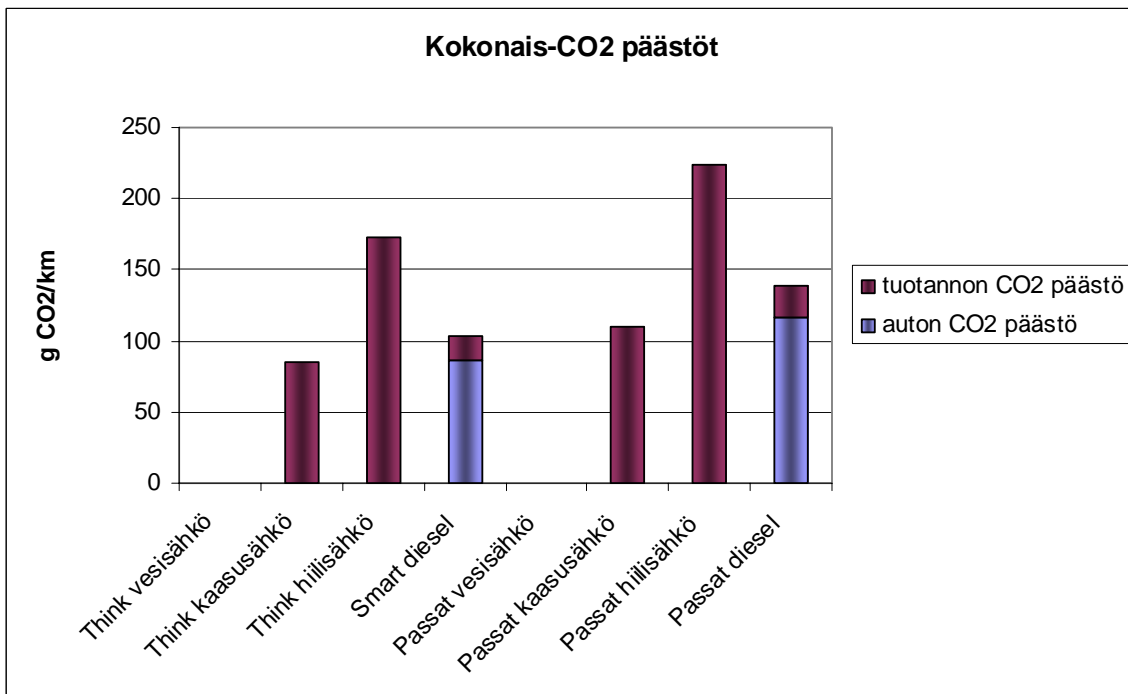
Dieselautoille on käytetty valmistajien ilmoittamia kulutus- ja CO₂-päästöarvoja (yhdistelmäarvoja):

- Smart Coupe 3,3 l/100 km ja 86 g CO₂/km
- Volkswagen Passat Variant 1,6 D BlueMotion 4,4 l/100 km ja 116 g CO₂/km

Tulokset on esitetty kuvissa 8.5 (kokonaisenergia) ja 8.6 (kokonais-CO₂-päästöt). Arvot on laskettu ajokilometriä kohti. Vesivoimaa käyttävä sähköauto on tietenkin CO₂-päästöiltään ja hyötysuhteeltaan ylivoimainen. Polttomoottoriautoihin verrattuna kokonaisenergian kulutus on vajaa 50 %. Maakaasua ja hiiltä sähkön tuotannossa käytettäessä kokonaisenergiankulutus on korkeampi kuin dieselpolttoainetta käytettäessä, hiilen kohdalla peräti 30 % korkeampi. CO₂-päästöjen osalta maakaasulla tuotettu sähkö on dieselpolttoainetta parempi, noin -20 %, hiilellä taas huonompi, noin +65 %. Tulokset osoittavat, ettei sähköauto ole lähtökohtaisesti aina polttomoottoriautoa parempi.



Kuva 8.5. Kokonaisenergian käyttö eri tekniikkavaihtoehtoilla.



Kuva 8.6. Koko energiaketjun CO₂-päästöt eri tekniikkavaihtoehtoilla.

9. Sähköautojen toiminta kylmässä

- Kylmät olosuhteet haittaavat sekä polttomoottori- että sähköautojen toimintaa.
- Akkujen tehonluovutuskyky pienenee lämpötilan laskiessa, ja tämä tarkoittaa käytännön toimintamatkan lyhenemistä.
- Kylmä ja huonot keliolosuhteet lisäävät energian kulutusta.
- Sähköauton lämmittäminen sähkön avulla lisää energian kulutusta noin 50 %.
- Pakkasessa sähköauton todellinen ajomatka saattaa olla vain noin puolet valmistajan ilmoittamasta toimintamatkasta ihanteellisissa olosuhteissa.

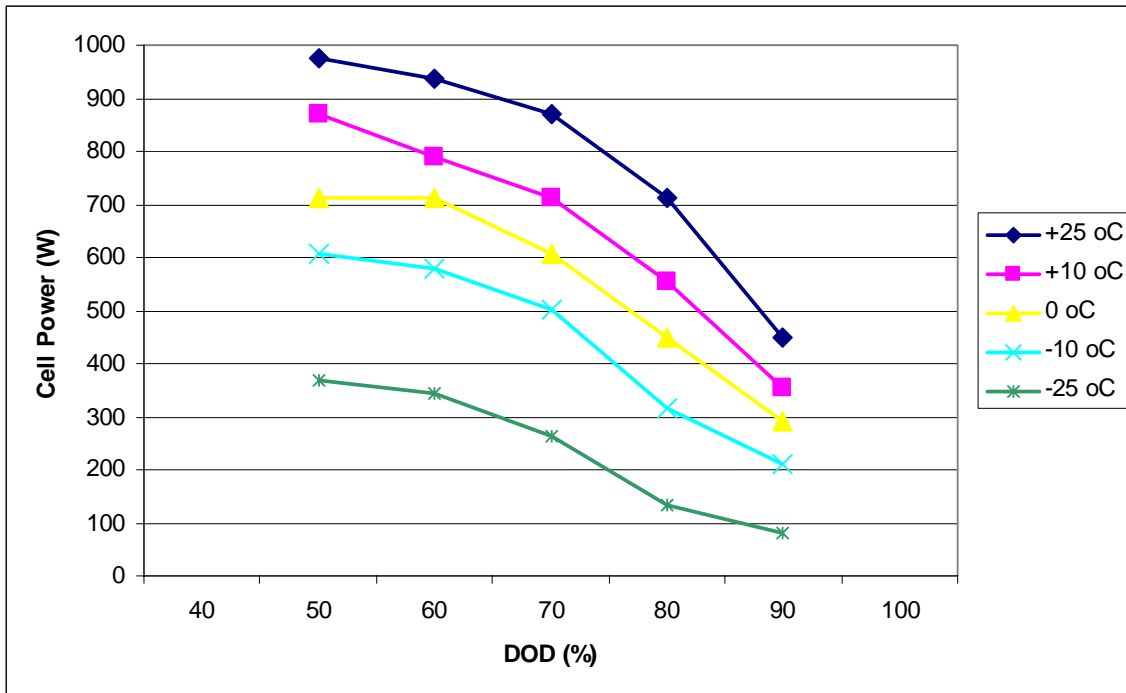
9.1 Yleistä

Kylmät olosuhteet asettavat haasteita niin polttomoottori- kuin sähköautoille. Kylmässä ajovastukset lisääntyvät karkeakuvioisempien renkaiden ja lumen vaikutuksesta. Lisäksi voimansiirron ja pyörälaakerien kitkat lisääntyvät lämpötilan laskiessa voiteluöljyjen ja –rasvojen jäykistymisen takia. Kylmäkäynnistetty polttomoottori kuluttaa noin 50 % enemmän polttoainetta kunnes se saavuttaa normaalin toimintalämpötilan. Pienen lämmittelyn jälkeen kylmä ei kuitenkaan rajoita polttomoottorista saatavaa tehoa, eikä polttoaineen kulutus lisääny kylmässä niin paljoa, että sillä olisi oleellista vaikutusta toimintamatkkaan tai tankkausväliin. Useimmiten polttomoottorista saatava hukkalämpö riittää hyvinkin pitämään matkustamon lämpimänä ja ikkunat huurteettomina, lukuun ottamatta uusimpia dieselautoja, joissa käytetään yleisesti lisälämmittämiä.

Sähköautolla ei kylmässäkään ole käynnistysongelmia, mutta kylmäkäytön haasteet ovat kaikinensa suuremmat kuin polttomoottoriautojen osalta. Ajovastusten kasvu ja auton jäykistyminen koskee tietenkin myös sähköautoja. Tämän lisäksi ulkolämpötila tai tarkemmin ottaen itse akkujen lämpötila vaikuttaa niin tehon kuin energian luovutuskykyyn.

Kylmän vaikutusta voidaan kompensoida lämmittämällä akustoa silloin kun auto on kytketty sähköverkkoon. Useissa autoissa onkin latauksessa kaksi vaihetta: ensimmäisessä vaiheessa akustoa ladataan, ja kun se saavuttaa täyden varaustilan, siirrytään ns. ylläpitovaiheeseen, jossa akustoa vain lämmitetään, ja kennojen välisiä varauseroja tasataan. Tällainen auto kärsii vähemmän ulkolämpötilasta, mutta akuston lämmittäminen luonnollisesti kuluttaa energiaa, joka tulee ottaa huomioon auton kokonaisenergiankulutuksessa.

Kuvassa 9.1 on esitetty Mitsubishi i-MiEV –sähköautossa käytettyjen litiumioniakkennojen tehonluovutuskyky varaustilan (tai oikeastaan purkuasteen) ja lämpötilan funktiona. 50 % varaustasossa tehonluovutuskyky +25 °C lämpötilassa on noin 1000 W. Lämpötilassa -25 °C vastaava teho on n. 350 W, eli laskua 65 %. Suhteellinen muutos on vielä tätäkin suurempi, noin 80 %, akun ollessa lähes tyhjä (10 % kapasiteetista jäljellä). Advanced Automotive Batteries'in (2010) mukaan tämä tarkoittaa selvää tehon luovutuskyvyn heikkenemistä, ja sen seurauksena myös selvää lyhenemää käytännön toimintamatkassa. Puutteet tehon luovutuskyvyssä saattavat aiheuttaa myös vaaratilanteita, jos auto esim. muuhun liikenteeseen liityttäessä ei kiihdykään oletetulla tavalla.



Kuva 9.1. Akkukennon tehonluovutuskyky varaustilan ja lämpötilan funktiona. (Advanced Automotive Batteries 2010)

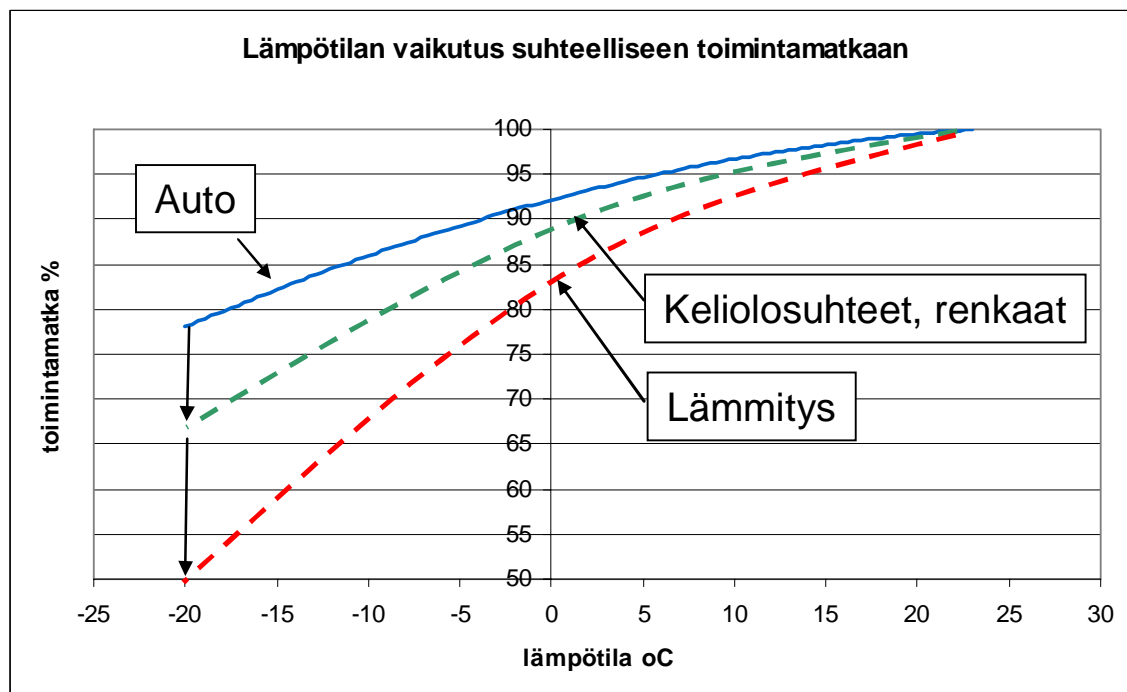
9.2 Esimerkkejä kylmän vaikutuksesta sähköautojen suorituskykyyn

VTT on sähköautojen osalta tehnyt mittauksia myös kylmässä. Mittauksia on tehty sekä em. Volkswagen Passat Variant muunnossähköautolla että vastaavaan tekniikkaan perustuvalla Volkswagen Caddy –muunnossähköautolla. Jälkimmäinen auto on tehty sähköisen postiauton kehitysalustaksi European Batteriesin, Itellan ja Valmet Automotiven yhteishankkeessa (Kauppalehti 2010).

Laurikko ja Erkkilä (2010) eivät suoraan määrittäneet muunnos-Passatin toimintamatkaa, mutta tutkivat sen sijaan kokonaishyötysuhteen muutoksia lämpötilan laskiessa. Normaalilämpötilassa muunnos-Passatin hyötysuhde oli 45 – 58 % (taulukko 8.2). Yhdistetyssä NEDC-kokeessa hyötysuhde huononee noin 6 % (absoluuttiyksiköissä) ja noin 12 % suhteellisesti lämpötilan laskiessa +23 -> -7 °C. Suhteellinen huononema kaupunkiajoa kuvaavassa ECE15-syklissä oli 17 %. Näihin lukuihin ei sisälly karkeakuvoisempien renkaiden tai esim. lumen vaikutusta, pelkästään lämpötilan laskusta aiheutuva auton ”jäykistyminen”. Todellisuudessa toimintamatra lyhenee vieläkin enemmän kuin mitä hyötysuhteen muutos indikoi johtuen renkaista, kasvaneista ajovastuksista ja myös akun heikentyneestä kyvystä luovuttaa energiaa kylmässä.

Volkswagen Caddy –muunnossähköauton osalta tehtiin sekä hyötysuhde- että toimintamattamäärityksiä +23 ja -20 °C lämpötiloissa. Tässäkään tapauksessa mittaukset eivät huomioi talvirenkaita tai tiellä mahdollisesta olevaa lunta. NEDC-syklillä määritetty toimintamatra oli normaalilämpötilassa 133 km ja pakkasessa 22 % pienempi eli 104 km.

Kuvassa 9.2 on Passatin ja Caddyn tuloksista yhdistetty arviokuva siitä, miten ulkolämpötila vaikuttaa toimintamatkaan.



Kuva 9.2. Arvio ulkolämpötilan vaikutuksesta sähköauton toimintamatkaan. Sininen käyrä huomioi itse auton, vihreä katkoviiva approksimoi talvirenkaiden ja talvikelin vaikutuksia ja punainen sähköisen lämmityslaitteen käyttöä.

VTT on myös mitannut jälkiasennettua Prius plug-in autoa $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa. Järjestelmä ei ole optimoitu kylmään, eikä järjestelmä vähentänyt polttoaineen kulutusta mainitavasti em. lämpötilassa perushybridtiin verrattuna. (VTT 2010)

Think Cityssä on 4 kW:n tehoinen matkustamon sähkölämmitin (Think 2010). Lämmittimen käyttö vähentää toimintamatkaa. NEDC-kokeen keskinopeus on 33,6 km/h. Tällä nopeudella 4 kW:n lämmittimen käyttö tarkoittaa lisäenergian kulutusta 120 Wh/km. Itse auton energiankulutus on normaalilämpötilassa 193 Wh/km. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa itse auton energiankulutus voisi olla suuruusluokkaisesti 30 % korkeampi, eli noin 230 Wh/km. Kun tähän lisätään lämmitin, yhdistetty energian kulutus on jo 350 Wh/km, ja toimintamatka vastaavasti ainakin 45 % lyhyempi kuin lämpimissä oloissa.

Sähköautossa voidaan tietenkin käyttää polttoainetoimista lämmitintä, jonka sähkön kulutus on hyvin pieni pelkkään sähkölämmitykseen verrattuna. Esimerkiksi Suomessa valmistetuissa Elcat-sähköautoissa oli biodieselillä toimiva lämmitin. Polttoainetoiminen lämmitin kuitenkin aiheuttaa auton käyttäjän kannalta lisävaivaa, koska ajosähkön latauksen lisäksi pitää huolehtia lämmittimen polttoainetäytöstä.

Helsingin Sanomat referoi tammikuussa 2011 saksalaisen Auto, Motor und Sport -lehden mittauksia sähköautojen toimintamatkoista (Helsingin Sanomat 2011). Mittaukset tehtiin $+23$ ja $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötiloissa. Syklinä oli TÜV Süd:in kehittämä sähköautojen ajosykli, TÜV

Süd-E-Car-Cycle, (TSECC), jonka keskinopeus on 60 km/h NEDC:n 33,6 km/h sijaan. Tulokset on esitetty taulukossa 8.3.

Mitattu toimintamatka -7 °C lämpötilassa oli huonoimmillaan vain 44 % valmistajan normaalilämpötilalle ilmoittamasta toimintamatkasta (64 vs. 144 km). Sähkötoimisen lämmityslaitteen käyttö on osasyys Mitsubishiin ja Smartin ajomatkan merkittävään lyhenemiseen. Prototyyppi-Mian sähkölämmitys ei toiminut testissä. Fiatissa on bensiinitoiminen lämmitin. Siksi niiden toimintasäde lyheni kylmässä vähemmän kuin sähkölämmitteisissä malleissa. (Helsingin Sanomat 2011)

Taulukko 8.3. Saksalaisen Auto, Motor und Sport –lehden tuloksia sähköautojen toimintamatkoista. (Helsingin Sanomat 2011)

Auto	Valm. ilmoitus (km)	Mitattu + 23 °C (km)	Mitattu -7 °C (km)	Mitattu -7 °C/ilm. (%)
Fiat 500 EV	140	132	105	75
Mia Electric	120	100	93	78
Mitsubishi i-MiEV	144	113	64	44
Smart fortwo ED	135	159	84	62

Akkujen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä vaikuttaa niin ikään toimintamatkaan. Kylmissä olosuhteissa akkujen lämmitys silloin kun auto on kytkettynä lataukseen on varmaankin suositeltavaa. Vastaavasti lämpimänä vuodenaikana sähköautoa kannattaa esijäähdyttää silloin, kun se on kytkettynä sähköverkkoon, koska ilmastointilaitteen ajon aikainen energiankulutus vähenee huomattavasti, jos auto on jo liikkeelle lähtiessä tavoitelämpötilassa (Barnitt et al. 2010).

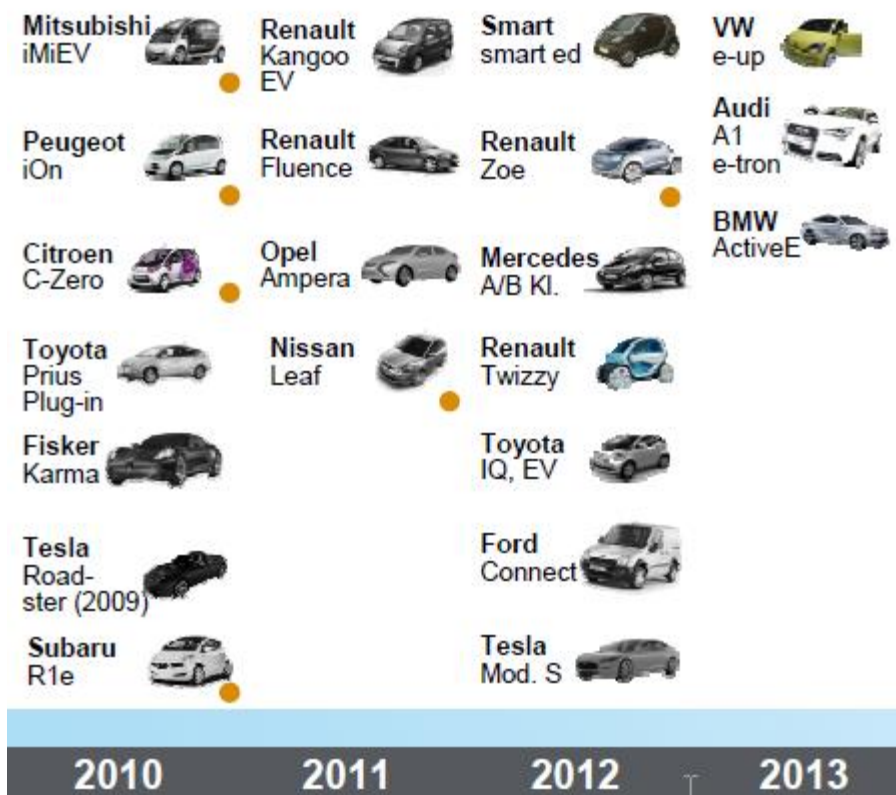
Sähköautojen tarjonta, markkinoille tulo ja kuluttajien odotukset

10. Sähköautojen tarjonta

- Tähän asti sähköautojen tarjonta on ollut hyvin rajoitettua.
- Nyt tilanne on muuttuvassa kun myös suuret ja tunnetut autonvalmistajat ovat tuomassa sähköautoja markkinoille.
- Tarjonnan painopiste tulee olemaan pienissä henkilö- ja tavara-autoissa, mutta myös perheautokokoluokkaan on tulossa tarjontaa.
- Dominoiva tekniikka on täyssähköautot, kaksineuvoiset autot (plug-in, EREV) ovat tällä hetkellä vähemmistössä.
- Tarjolla on myös sähkökäyttöisiä raskaita ajoneuvoja, kuorma-autoja ja busseja.

10.1 Yleistä

Kuten luvussa 1 todettiin, sähköautojen läpimurto on lähempänä kuin koskaan aikaisemmin johtuen mm. siitä, että suuret autonvalmistajat panostavat massamarkkinoille suunnattuihin, varta vasten sähköautoiksi suunniteltuihin malleihin. Kuvassa 10.1 on yksi yhteenveto (joskaan ei täydellinen) markkinoilla olevista/markkinoille tulevista sähköautoista. Liitteessä A on tarkempi luettelo tarjolla ja kehitteillä olevista autoista.



Kuva 10.1. Esimerkkejä sähköautoista. (RWE 2010)

Sähköautot voi jakaa useisiin ryhmiin esim. seuraavasti (sulussa esimerkkejä):

Täyssähköautot (BEV, EV):

- L6e ja L7e luokkien kevyet ajoneuvot (Garia, Mega)
- pienet kaksipaikkaiset (tai 2 + 2 -paikkaiset) kaupunkiautot (Reva, Smart fortwo ED, Think City)
- nelipaikkaiset kaupunkiautot (Mitsubishi i-MiEV ja siihen perustuvat Citroen C-Zero ja Peugeot iOn)
- perhekokoluokan autot (Mercedes-Benz A E-Cell, Nissan Leaf, Renault Fluence)
- pakettiautoluokan tavara-autot (Citroen Berlingo, Fiat Fiorino, Ford Transit Connect, Mercedes-Benz Vito E-Cell, Peugeot Partner, Renault Kangoo)
- kevyet kuorma-autot (Freightliner, Fuso Canter E-Cell)
- raskaat kuorma-autot (Balqon)
- akkukäyttöiset bussit (runsaasti kiinalaisia esimerkkejä, mm. Thunder Sky, muita esimerkkejä Ecoliner/EcoRide/Proterra ja Tecnobus)
- johdinbussit (Hess, Irisbus, New Flyer, Solaris)

”Kaksineuvoiset” autot (sähkö ja polttomoottori, EREV ja PHEV):

- perhekokoluokan autot (Opel Ampera, Toyota Prius)
- pakettiautokokoluokan autot (Cleanova, Iveco Daily Bimodale)

Urheilu/”superautot”:

- BEV (Tesla Roadster)
- EREV ja PHEV (Fisker Karma)

Konversiosähköautot:

- teollisesti valmistettavat autot (Micro-Vett)
- harrastaja-autot (Sähköautot Nyt- yhteisön eCorolla)

Muut:

- mm. sähkökäyttöiset kaksipyöräiset ajoneuvot (runsaasti esimerkkejä)
- polttokennoautot (Honda Clarity, Mercedes-Benz B F-Cell)

Frost & Sullivan (2010 a) on luokitellut vuosina 2010 - 2017 markkinoille tulevat sähköautot toisaalta akselivälin (auton koon) ja toisaalta hinnan perustella (kuva 10.2). Pienet alle 3,5 m akselivälin omaavat autot ovat hyvin edustettuina. Tässä kokoluokassa hintahaarukka on suuri, mopoluokan autojen 5000 €:sta Mitsubishi i-MiEV:in noin 35.000 €:oon.

Toinen keskittymä löytyy noin 4 m akselivälin kohdalta hinnan ollessa noin 25.000 €. Molemmassa keskittymässä pienet tavara-autot ovat hyvin edustettuina.

Seuraavassa on lyhyitä esittelyjä eri sähköautoista. Pääjako on kahteen ryhmään, täyssähköautot ja kaksineuvoiset eli hybridautot. Jollei muuta ole ilmoitettu, niin kuvat ovat peräisin valmistajien verkkosivuilta tai tekstin yhteydessä olevista linkeistä.



Garia



Mega

Sanifer. Sanifer on kotimainen L6e –luokan sähköauto. Autossa on European Batteries'in 7,7 kWh:n akku ja 4 kW:n tasavirtamoottori. Ilmoitettu toimintamatka on 100 km, ja huippunopeus on L6e-luokan mukainen 45 km/h. Hinta on 16.000 €.

http://www.amcmotors.fi/uploads/files/sanifer_minicar_L6e.pdf

Pienet kaksipaikkaiset kaupunkiautot

Tazzari Zero. Tämä on pieni urheilullinen kaksipaikkainen italialaisvalmisteinen auto. Tekniset tiedot ovat osittain puutteelliset. Autossa on litiumioniakku, mutta kapasiteettia ei ilmoiteta. Moottorista on ilmoitettu ainoastaan vääntömometti, 150 Nm. Latausajaksi ilmoitetaan 1 – 5 tuntia laturin tyypistä riippuen. Huippunopeus on 100 km/h ja toimintamatka 140 km. Autolla on suomalainen maahantuoja (Stella Fennica Oy), ja auto on myös hinnoiteltu: 27.990 € veroineen. Akkujen takuu on 2 vuotta.

<http://www.tazzari-zero.com/>,

http://stellaone.fi/fileadmin/stella_uploads/Zero_flyeri_6s_FI_web.pdf

Think City. Tunnetuin tämän luokan auto on varmaankin norjalaisukuinen Think. Ensimmäinen Think prototyyppi (alun perin Pivco) valmistui jo vuonna 1991. Think oli Fordin omistuksessa 1999 – 2003. Vuonna 2006 norjalaiset sijoittajat ostivat yhtiön. Vuoden 2009 joulukuusta lähtien tuotanto tapahtuu Valmet Automotiven tehtailla. Think Cityssä on nyt EnerDel'in 22 kWh:n litiumioniakut. Ilmoitettu toimintamatka on 160 km, ja latausaika 8 tuntia. Moottorin maksimiteho on 30 kW, ja huippunopeus 110 km/h. Autossa on 4 kW:n sähköinen lämmityslaite. Thinkin perusversio on kaksipaikkainen, mutta autosta on nyt esitelty myös 2 + 2 –paikkainen versio. Think City on hinnoiteltu Suomeen. Ohjehinta veroineen on 43 298,94 € (kaksipaikkainen versio, 4.1.2011). Takuu on 5 vuotta tai 100.000 km. <http://www.thinkev.com/>, <http://www.thinkcity.fi/index.html>



Tazzari Zero

Think City

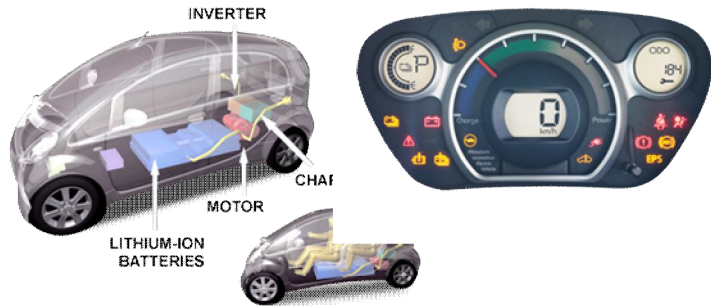
Nelipaikkaiset kaupunkiautot

Citroen C-Zero, Mitsubishi i-MiEV & Peugeot iOn. Autot perustuvat Mitsubishiin tekniikkaan. Auton pohjana on nelipaikkainen ja –ovinen ns. kei car, jota on tarjolla myös polttomoottoriversiona. Sähköversion varsinainen valmistus käynnistyi 2009, ja vuodesta 2010 autoja on ollut laajemmin saatavilla. Autoja on odotettavissa Suomeen 2011. Autossa on Litium Energy Japanin 16 kWh:n akusto. Moottorin maksimiteho on 47 kW, ja toimintamatkaksi ilmoitetaan 144 km (eri lähteissä hieman erilaisia arvoja). Ajomoodeja on kaksi, normaali "D" sekä taloudelliseen ajon tarkoitettu Eco-vaihtoehto, jolla teho on rajoitettu 19 kW:iin. Akut on sijoitettu auton pohjan alle, joten ne eivät häiritse auton sisätiloja. Auton akseliväli on kohtuullisen suuri, 255 cm. Englannissa myynti alkaa tammikuussa 2011. Hinta on 23.990 £, jossa on huomioitu hallituksen myöntämä 5000 £:n tuki ladattaville autoille. Euroina hinnat ovat n. 29.000 € tuettuna ja 35.000 € ilman tukea. i-MiEV:in informaatiojärjestelmä on melko yksinkertainen. Siihen sisältyy tehomittari (jossa "vihreä" alue), energiamäärän mittari, ennuste jäljellä olevasta ajomatkasta sekä varoitusvalot alhaiselle lataustilalle ja akun tyhjentymiselle (power down). Sähköjärjestelmän takuu on 5 vuotta tai 100.000 km. Ilmeisesti Eurooppaan aluksi tulevissa autoissa ei ole pikalatausmahdollisuutta (kts. 6.2.1). Mitsubishi i-MiEV tulee myyntiin USA:ssa syksyllä 2011, eikä sille ole vielä määritelty hintaa USA:ssa.

<http://www.c-zero.citroen.com>, <http://www.citroen.fi/kampanja/c-zero/>,
<http://www.mitsubishi-motors.com/special/ev/index.html>, <http://www.mitsubishi-cars.co.uk/imiev/>,
<http://www.peugeot.com/en/products/concepts-cars-and-future-models/ion.aspx>, <http://www.peugeot.fi/autot/esittely?malli=iOn>



Peugeot iOn. Kuva Nils-Olof Nylund



Mitsubishi i-MiEV

Perhekokoluokan autot

Nissan Leaf lienee Mitsubishi i-MiEV:in ohella tunnetuimpia sähköautoja. Nissan-Renault on panostanut voimakkaasti sähköautoihin, ja "hypännyt" hybridivaiheen yli. Nissan Leaf on viisipaikkainen perhekokoluokan auto. Moottorin teho on 80 kW, ja vääntömomentti hyvää dieselluokkaa, eli 280 Nm. Auton ilmoitettu huippunopeus on yli 140 km/h. Akun (AESC) kapasiteetti on 24 kWh, ja ilmoitettu toimintamatka on 174 km (NEDC). Mitsubishi i-MiEV:in tapaan akut on sijoitettu pohjalevyn alle (kts. kuva 5.5). Autossa on pistoke sekä hitaalle lataukselle että CHAdeMO-pikalataukselle (kts. 6.2.1). Leafissa on varsin kehittynyt informaatiojärjestelmä, johon sisältyy mm. navigointijärjestelmä latausasemia koskevine tietoineen ja mahdollisuus auton toimintojen (mm. latauksen) ohjaukseen matkapuhelimen avulla. Englannissa Leafin hinta on sama kuin Mitsubishi i-MiEV:in hinta, tuettuna 23.990 £. USA:ssa hinta on 32.780\$ eli n. 25.000 €. USA:ssa sähköauton ostaja saa alennusta tuloverosta, ja tänä huomioiden hinta on alimmillaan 25.280 \$ eli n. 19.500 €.

<http://www.nissan.co.uk/vehicles/electricvehicles/leaf.htm#vehicles/electricvehicles/leaf>,
<http://www.nissanusa.com/leaf-electric-car/index#/leaf-electric-car/index>,
<http://www.nissan.fi/FI/fi/vehicles/electricvehicles/leaf/more-about.html#vehicles/electricvehicles/leaf/more-about>



Nissan Leaf. Kuvat Nils-Olof Nylund

Nissan Leafille toukokuussa 2010 ilmoitetut hinnat:

http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2010/_STORY/100517-01-e.html

- Price in UK is 23,350 Pounds (27,471 Euros) after government incentives
- Price in the Netherlands is 32,839 Euros (28,068 Pounds). Dutch buyers will benefit from 6,000-19,000 Euros (5,128-16,239 Pounds) in tax savings over five years
- Price in Republic of Ireland is 29,995 Euros (25,637 Pounds) after government incentives
- Price in Portugal is 29,955 Euros (25,603 Pounds) after government incentives
- All prices include battery
- Reservations for the four initial markets to begin in July
- Prices for other countries to be announced closer to launch

Renault Fluence Z.E. Renault esitteli Pariisin autonäyttelyssä syyskuussa 2010 neljä sähköautoa: 2011 myyntiin tulevat Renault Fluence Z.E. ja Renault Kangoo Z.E., sekä konseptiautot Renault Twizy and Renault ZOE, jotka mahdollisesti tulevat tuotantoon 2012. Fluence on Turkissa valmistettava keskikokoinen 5-paikkainen ja 4-ovinen perheauto. Perusautoa tarjotaan joko bensiini- tai dieselmootorilla varustettuna. Sähköversio on 13 cm perusversiota pitempi, ja sen 22 kWh:n akusto on sijoitettu heti takaistuimen selkänojan taakse. Akusta huolimatta tavaratilan vetoisuus on kohtuulliset 300 l. Autossa on aluksi pelkästään hidas lataus. Nopean latauksen mahdollisuus (400 V, 32 A) on tulossa 2013. Autoon on myös tulossa Better Place'n kanssa yhteistyössä toteutettava akunvaihtojärjestelmä. Moottorin teho on 70 kW, ilmoitettu toimintamatka 160 km ja huippunopeus 130 km/h. Erityisen mielenkiintoista on myyntikonsepti. Kuluttaja ostaa auton, mutta vuokraa akun. Auton arvonlisäverollinen hinta on noin 26.000 €. Ranskassa valtio myöntää sähköautojen ostajalle 5000 €:n tuen, ja Ranskassa Fluencen vähittäismyyntihinta on 21.300 €. Akun vuokra on kohtuulliset 79 € kuukaudessa (arvonlisäverollinen hinta). Tällä vuokrajärjestelyllä akkuihin liittyvät epävarmuustekijät jäävät valmistajan, ei kuluttajan kannettaviksi, millä varmasti on erittäin suuri psykologinen vaikutus sähköauton ostoa harkitsevalle kuluttajalle.

<http://www.renault.com/en/vehicules/renault/pages/fluence-ze.aspx>

<http://www.renault-ze.com/z.e.-range/fluence-z.e./presentation-1935.html>



Renault Fluence Z.E.

BYD e6. BYD (Build Your Dreams) on esimerkki kiinalaisesta sähköautosta. BYD on alun perin akkutehdas, joka osti autotehtaan. BYD on saanut huomiota osakseen mm. siksi, että yhdysvaltalainen suursijoittaja Warren Buffet on investoinut yritykseen. e6 on melko isokokoinen 5-paikkainen auto, ja valmistaja käyttää sitä "cross-over" nimitystä. e6:lle on tunnusomaista teknisten tietojen epämääräisyys. Vuonna 2009 autolle ilmoitettiin seuraavat suoritusarvot: toimintamatka 400 km, kiihtyvyyssika 0 – 100 km/h alle 8 sekuntia ja huippunopeus 160 km/h. Moottorin tehoksi ilmoitettiin 200 kW. Uusimmassa verkkoesitteessä ilmoitetaan vaatimattomampia arvoja: toimintamatka 330 km, kiihtyvyyssika 14 s, huippunopeus 140 km/h ja teho 75 kW. BYD itse ei ilmoita akun kapasiteettia, mutta teknologiaksi kerrotaan litiumioni-rautafosfaatti. Frost & Sullivanin mukaan kapasiteetti on 48 kWh (Frost & Sullivan 2010 a). e6 on ollut koekäytössä Shenzhenin taksissa kevästä 2010. Syyskuussa 2010 kokeen 50 autoa olivat ajaneet yhteensä 600.000 km. Taksin hinnaksi on arvioitu n. 40.000 USD.

<http://www.byd.com/showroom.php?car=e6>,

<http://www.byd.com/buzz/company-news/byd-e6-achieves-fleet-distance-milestone-over-600000-kilometers-logged/>

<http://www.autoblog.com/2009/01/12/detroit-2009-byd-e6-is-worlds-first-production-dual-mode-plug/>,

<http://green.autoblog.com/2010/05/20/byd-e6-electric-taxi-fleet-takes-to-the-roads-in-china/>



BYD e6

Urheiluautot

Tesla Roadster. Tesla on yksi tunnetuimmista "uuden aallon" sähköautoista. Auto on ollut myynnissä vuodesta 2008 alkaen. Kaksipaikkaisessa urheiluautossa on hiilikuiturunko. Roadster Sport –mallin moottorin vääntömomentti on 400 Nm, kun se Roadster-perusmallissa on 370 Nm. Molemmille ilmoitetaan sama huipputeho, 215 kW. Nämä arvot antavat autolle erinomaisen suorituskyvyn, Sport-mallin kiihtyvyyssarvo 0 – 100 km/h on 3,7 ja huippunopeus 200 km/h (rajoitettu). Toimintamatkaksi on ilmoitettu 390 km (kts. taulukko 4.1). Autossa on 56 kWh:n akusto, joka muodostuu yhteensä 6831 yksittäisesti litiumioniakkukennosta (taulukko 5.3). USA:ssa Roadsterin hinnat alkavat 109.000 USD:sta (n. 82.000 €). Tesla on myös kehittämästä 4-ovista coupe-autoa, "Model S", jonka on ilmoitettu tulevan markkinoille 2012.

<http://www.teslamotors.com/roadster>

<http://www.autoblog.com/2010/02/23/2010-tesla-roadster-sport-review/>



Tesla Roadster

Pakettiautoluokan tavara-autot

Renault Kangoo Z.E. Kangoo on pienehkö pakettiauto. Tavaratilan koko on 3 – 3,5 m³ ja kantavuus 650 kg. Renault ilmoittaa samat arvot polttomoottori- ja sähköautoversioille. Akku on samankokoinen kuin Fluencessa, 22 kWh. Moottorin tehoa on rajoitettu Fluenceen verrattuna, Kangoo Z.E.:ssä se on 44 kW. Vääntömomentiksi on ilmoitettu sama arvo kuin Fluencessa, 226 Nm. Ilmoitettu toimintamatka on Fluencen tapaan 160 km. Myös Kangoon tapauksessa akut vuokrataan. Itse auton arvonlisäverollinen hinta ilman tukia on noin 20.000 €. Kangoon tapauksessa akun vuokra, 72 € kuukaudessa, ilmoitetaan ilman arvonlisäveroa.

<http://www.renault.com/en/vehicules/renault/pages/kangoo-express-ze.aspx>



Renault Kangoo Z.E.

Mercedes-Benz Vito E-Cell. Mercedes-Benz julkaisi alkuvuodesta 2010 sähköpakettiauton prototyypin. Esisarjan 100 autoa otettiin käyttöön Saksassa loppuvuodesta 2010. Vuoden 2011 aikana on tarkoitus valmistaa 2000 auton sarja. Sähkö-Viton kantavuus on 900 kg. Ilmoitettu toimintamatka on 130 km. Sähkömoottorin jatkuva teho 60 kW ja hetkellinen maksimiteho 70 kW. Auton lattian alle sijoitettujen litiumioniakuston nimelliskapasiteetti on 36 kWh, ja siitä käytetään 90 % eli 32 kWh. Lataus tapahtuu enimmillään 6,1 kW:n teholla. Autossa on polttoainetoiminen lämmitin. Hintaa ei ole ilmoitettu.

[http://www.mercedes-](http://www.mercedes-benz.fi/content/finland/mpc/mpc_finland_website/fi/home_mpc/van/home/vans_world/news_archive/vans/vito_ecell_for_delivery.html)

[benz.fi/content/finland/mpc/mpc_finland_website/fi/home_mpc/van/home/vans_world/news_archive/vans/vito_ecell_for_delivery.html](http://www.mercedes-benz.fi/content/finland/mpc/mpc_finland_website/fi/home_mpc/van/home/vans_world/news_archive/vans/vito_ecell_for_delivery.html)

<http://www.caradvice.com.au/57107/mercedes-benz-vito-electric-vehicle-prototype-unveiled/>



Mercedes-Benz Vito E-Cell

Kuorma-autot

Fuso Canter E-Cell. Daimler-yhtymään kuuluva Mitsubishi Fuso esitteli syksyn 2010 IAA hyötyajoneuvonäyttelyssä Hannoverissa sähkökäyttöisen kevyen kuorma-auton. Canter-autoja tehdään kolmessa painoluokassa, 3,5, 6,5 ja 7,5 tonnia. Sähköautoversio on tehty keveimpään 3,5-tonnin malliin. Akkukapasiteetti on 40 kWh, moottorin teho 70 kW, ja ilmoitettu toimintamatka 120 km. Auto on tarkoitettu jakeluajoon kaupunkialueella.

<http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-854990-1-1333476-1-0-0-0-0-13460-614240-0-1-0-0-0-0-0.html>



Fuso Canter E-Cell

Balqon. Balqon on yhdysvaltalainen sähköautoihin keskittynyt erikoisajoneuvojen valmistaja. Valikoimaan kuuluvat lähinnä terminaali- ja traktoreiksi luonnehdittavat Nautilus XE20 ja XE30 –mallit sekä raskas Mule 150 –kuorma-auto kokonaispainoltaan 24 tonnia. Kaikissa Balqonin ajoneuvoissa käytetään litiumioniakkuja. Mule 150:n kantavuus on 7 tonnia. Järeästi rakennetussa autossa on vetävä teli. Moottorin teho on 300 hv (220 kW). Autossa on kuusiportainen automaattivaihteisto riittävän vetokyvyn ja nopeuden takaamiseksi. Akuston koko on peräti 280 kWh, ja toimintamatkaksi ilmoitetaan 240 km tyhjällä autolla ja 150 km täyteen kuormatulla autolla. Huippunopeus on 88 km/h. Auto on varustettu 60 kW:n pikalatausvarustuksella. Spesifikaatioidensa perusteella Mule 150 voisi sopia esim. jäteauton alustaksi.

http://www.balqon.com/product_details.php?pid=3



Balqon Mule 150

Bussit

EcoRide BE35. Yhdysvaltalainen Coloradossa toimiva Proterra on kehittänyt täyssähköisen bussin, jossa käytetään automatisoitua pikalatausta (kts. 6.10). Auto on noin 11 m pitkä, ja siinä on 35 istumapaikkaa. Lataus vie aikaa 10 minuuttia, eli latausvirta on 6C. Bussioperaattori Veolia Transport demonstroi auton käyttöä Kaliforniassa. Veolia on käyttänyt autosta myös nimeä Ecoliner. Autossa on komposiittikori painon säästämiseksi ja litium-titanaattiakut. Akkukapasiteettia tai toimintamatkaa ei ole ilmoitettu, mutta auton on sanottu pystyvän toimimaan 3 tuntia ilman latausta. Ajomoottorin teho on 150 kW. Auton hinnaksi on ilmoitettu 1,2 miljoonaa USD, ja automatisoidun pikalatausaseman hinnaksi 2 miljoonaa USD.

<http://www.proterra.com/index.php/about>

<http://www.veolia-transport.com/ressources/files/1/1618,DP-Foothill-Transit.pdf>



Ecoliner/EcoRide BE35

Thunder Sky EV 2009. Kiinalainen akkuvalmistaja Thunder Sky tekee myös ajoneuvoja. EV 2009 on 12 m pitkä akkukäyttöinen kaupunkibussi. Istumapaikkoja on 41 -60 (kirjoittajan huomio: 60 istuinpaikan sovittaminen 12 m pitkään bussiin voi olla vaikeaa). Auton kokonaispaino on 16.500 kg, ja omapaino on 11.850 kg. Moottorin jatkuva teho on 120 kW, ja huipputeho 300 kW. Huippunopeus on 100 km/h. Autossa on litiumioniakusto, ilmoitettu kapasiteetti on 350 kWh ja toimintamatka yli 300 km. Auton hinnaksi on ilmoitettu noin 200.000 €, eli vähemmän kuin mitä perinteinen dieselbussi maksaa Suomessa. Jos oletetaan, että litiumioniakusto maksaa 500 €/kWh, jo pelkän akuston hinnaksi tulee 175.000 €.

http://www.thunder-sky.com/products_en.asp?fid=71&fid2=75

http://www.alibaba.com/product-gs/340169336/TS_Super_Low_Floor_Pure_Electric.html



Thunder Sky EV 2009

Johdinbussit

Euroopassa tällä hetkellä käytössä olevista noin 250 johdinautojärjestelmästä suurin osa on Itä-Euroopassa. Länsi-Euroopassa vanhojen järjestelmien modernisoinnin lisäksi kookaan uusia johdinautojärjestelmiä on viime vuosina perustettu esimerkiksi Italiaan, Ranskaan ja Espanjaan. Helsingissä johdinautoliikenne päättyi noin 30 vuotta sitten. Vuonna 2009 Helsingin osalta tehtiin johdinautoliikenteen esiselvitys, ja nyt on käynnissä tarkempi selvitys. Johdinauto ei tarvitse kalliita akkuja, mutta vaatii toisaalta kalliin infrastruktuurin, ts. ajolankajärjestelmän. Uusimmissa johdinautoissa on pieni akusto, jonka avulla auto pystyy esim. kiertämään mahdollisen liikenne-esteen. Eurooppalaisia valmistajia on useita, näistä mainittakoon Hess, Irisbus ja Solaris.

http://www.hsl.fi/FI/mikaonhsl/julkaisut/Documents/2009/D_2_2009_Johdinautoliikenteen%20toteutettavuusselvitys.pdf



Hess johdinauto Genevessä. Kuva Niils-Olof Nylund

Suomalaiset täyssähköautot (konseptit)

EVA. Valmet Automotive esitteli maaliskuussa 2010 Geneven autonäyttelyssä EVA-sähköautokonseptinsa. EVA on 2 + 2-paikkainen sähköauto, jonka ajomatka yhdellä latauksella on 160 km ja nopeus 120 km/h. Auto on suurempi kuin Think City. Valmet Automotiven mukaan itsekantava alumiinirunko on tehty erityisesti sähköautolle sopivaksi. Modulaarinen profiilirakenne mahdollistaa alumiinirungon soveltamisen erityyppisiin autoihin ja koriversioihin. Autossa on kaksi sähkömoottoria, yksi kummallekin takapyörälle. Suoravetosähkömoottorien käyttö yksinkertaistaa ajoneuvon mekaanista rakennetta ja parantaa Valmet Automotiven mukaan auton taloudellisuutta. Hankkeessa oli mukana useita suomalaisia toimijoita: Fortum, UTU Elec, Nokia, NAVTEQ, Vacon, Nokian Renkaan, Idis Design, Cadrang, AXCO-Motors, Hybria, Powerfinn, Convergens, Aalto-yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja Metropolia ammattikorkeakoulu. Lisäksi hankkeessa oli mukana saksalainen suunnittelutoimisto RLE International.

<http://www.valmet-automot-ve.com/automotive/bulletin.nsf/PFBD/F9C6CF123F916877C22576D6004558B6?opendocument>



Eva (Valmet Automotive)

ERA. Electric RaceAbout eli ERA on Metropolia Ammattikorkeakoulun suunnittelema ja rakentama (2008 - 2010) täyssähköinen urheiluauto. Auton ulko- ja sisämuotoilun ovat tehneet Lahden Ammattikorkeakoulun muotoiluinstituutin opiskelijat. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto on suunnitellut autossa käytettävät suoravetosähkömoottorit yhdessä Metropolian kanssa. Auto on suunniteltu kaksipaikkaiseksi urheiluautoksi, ja rakennettu rekisteröitäväksi yksittäiskappaleena Suomessa. Auton erikoisuudet ovat pyöräkohtaiset ajomoottorit sekä niiden ohjausjärjestelmä, pikaladattava litiumakusto ja täysin hiilikuituinen itsekantava kori. ERA osallistui kesällä 2010 Yhdysvalloissa järjestettyyn Automotive X PRIZE kilpailuun ja sijoittui luokassaan toiseksi. Kilpailuun ilmoittautui yli 100 ajoneuvoa joista varsinaisiin ajokokeisiin osallistui yli 50. Seuraavaksi Metropolian aikena on demonstroida ERA:lla noin 10 minuutissa tapahtuva pikalataus (6C) sekä osallistua Michelin Challenge Bibendum tapahtumaan Berliinissä. Auton litium-titanaattiakut ja pikalatausjärjestelmä hankittiin Yhdysvalloista AeroVironment Inc. nimiseltä yritykseltä. Akuston kapasiteetti on 32 kWh, ja sillä saavutetaan noin 200 km:n toimintamatka. Akusto pystyy luovuttamaan 330 kW:n hetkellisen (10 sekuntia) tehon. Suoravetomootoreiden yhteenlaskettu hetkellinen vääntömomentti on 3200 Nm. 1700 kg painava auto kiihtyy paikaltaan 100 km/h nopeuteen noin 5 sekunnissa, ja haasta tällä monet polttomoottorikäyttöiset urheiluautot.

<http://www.raceabout.fi/era/>

<http://www.metropolia.fi/tutkimus-ja-kehi->

[tys/uutisarkisto/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=2418&cHash=bbac88a8438a63517571682b233760bf](http://www.metropolia.fi/tutkimus-ja-kehi-tys/uutisarkisto/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=2418&cHash=bbac88a8438a63517571682b233760bf)



ERA (Metropolia)

eCorolla. Sähköautoyhteisö Sähköautot – Nyt! on kehittänyt muunnossähköautokonseptin. Ideana on toiminta avoimen lähdekoodin (open source) periaatteella, eli dokumentit ovat julkisesti saatavissa, jolloin periaatteessa kuka hyvänsä teknisesti pätevä henkilö kykenisi tekemään tämän vaihto-operaation. Muunnoksen kohteena on Suomessa yleinen Toyota Corolla. Muunnoksessa käytetään Azure Dynamics –moottoria ja -ohjauselektronikkaa. Moottorin jatkuva teho on 15 kW ja huipputeho 47 kW. Silti sähköversiolle luvataan samat suoritusarvot kuin polttomoottoriversiolle. Akuston muodostaa 90 Thunder Sky litium-rautafosfaattikennoa. Kapasiteetiksi tulee 30 kWh, ja toimintamatkaksi ilmoitetaan 150 km. Toimintamatka voidaan kaksinkertaistaa lisäkustolla. Autoja on tarkoitus valmistaa sarjatyönä tuottamalla sähkökomponenteista modulaarinen asennussarja, joka on suhteellisen nopeasti vaihdettavissa polttomoottoritekniikan tilalle. Sähköautot – Nyt! –sivustolta ei käy ilmi, kuinka monta eCorolla-muunnossähköautoa on saatu liikenteeseen. Kiinnostus muunnossähköautoihin on ilmeisesti hiipunut sitä mukaan kun markkinoille alkaa tulla tehdasvalmisteisia sähköautoja.

<http://www.sahkoautot.fi/>

<http://www.sahkoautot.fi/autot:saehkoeinen-toyota-corolla>

<http://suomenkuvalehti.fi/jutut/talous/sahkoautot-ecorolla-naki-paivanvalon>



eCorolla. Kuva Janne Björklund / www.kuvateko.com

10.3 "Kaksineuvoiset" autot (sähkö ja polttomoottori, EREV ja PHEV)

Perhekokoluokan autot

Opel Ampera. Ampera on tekniseltä ratkaisultaan sarjahybridi, ts. ajo tapahtuu aina sähkömoottorin avulla². Opel on nimennyt auton voimajärjestelmän Voltec'iksi, ja käyttää tässä yhteydessä termiä EREV (Extended Range Electric Vehicle). Autossa on T-muotoinen 16 kWh litiumioniakusto, jolla saavutetaan 40 – 80 km:n sähköinen ajomatka. Kokonaisajomatka on yli 500 km täydellä akustolla ja täydellä polttoainesäiliöllä. Akkukennot toimittaa korealainen LG Chem, mutta GM itse kokoaa akut. Sähkömoottorin teho on 111 kWh, ja tällä teholla auto kiihtyy 0 – 100 km/h 9 sekunnissa. Huippunopeus on 160 km/h. Generaattoria käyttävän polttomoottorin tehoa ei ilmoiteta. Moottorin iskutilavuus on kuitenkin ilmoitettu, 1,4 litraa, ja tämän kokoinen moottori taannee kohtuullisen suorituskyvyn myös täysin tyhjennein akuin. Polttomoottori toimii joko bensiinillä tai E85 etanolipolttoaineella. Opel toteaa useassa kohdin, että EREV-järjestelmä eliminoi tavallisten sähköautojen "range anxiety" (huoli toimintamatkan riittävydestä) ongelman. Ampera on nelipaikkainen, ja tavaratilan koko on 300 l. Amperan ennakkomyynti on alkanut Saksassa. Toimitukset alkavat loppuvuodesta 2011. Suositushinta on 42.900 € sisältäen arvonlisäveron. CO₂-arvoksi ilmoitetaan 40 g/km ja polttoaineen kulutukseksi 1,6 l/100 km (ECE R-101 yhdistelmä, alustavat arvot).

<http://www.opel-ampera.com/index.php/mas/home#>

http://www.opel-ampera.com/index.php/mas/news_events/press_releases

² Tammikuussa 2011 kiertää huhu, että Opel Amperassa/Chevrolet Voltissa on myös mekaaninen yhteys polttomoottorista vetäviin pyöriin. Opelin virallisilla verkkosivuilla sanotaan "it uses electricity to drive the car's wheels at all times and speeds" (http://www.opel-ampera.com/index.php/mas/news_events, luettu 18.1.2011).



Opel Ampera

Toyota Prius PHEV. Toyotan kokeiluvaiheessa oleva PHEV-malli pohjautuu vuonna 2009 esiteltyyn kolmannen sukupolven Prius hybridiin. Toyota valmisti 600 auton PHEV-esisarjan, ja näiden autojen toimitukset alkoivat loppuvuodesta 2009. Kolme autoa on koekäytössä Suomessa. PHEV-versio on tehty lisäämällä normaaliin hybridiin litiumionilisäakusto. Lisäakuston nimelliskapasiteetti on 5,2 kWh, ja se antaa noin 20 km:n sähköisen toimintamatkan. PHEV-varustus lisää auton omapainoa 130 kg. Huippunopeus pelkällä sähköllä on 100 km/h. PHEV-version CO₂-päästäärvoksi ilmoitetaan 59 g/km ja polttoaineen kulutukseksi 2,6 l/100 km (yhdistelmäarvot). Varsinainen myyntiversio on odotettavissa 2012 (Skogster 2010).

http://www.toyota.com/esq/articles/2010/Prius_Plug_In_Demo_Program.html

http://www.toyota.com/esq/articles/2010/Prius_Plgin_In_Hybrid.html



Toyota Prius PHEV

Urheiluautot

Fisker Karma. Rakenteellisesti Fisker Karma on Opel Amperan tapaan sarjahybridi. Fisker ei käytä termiä EREV, vaan kutsuu Karmaa plug-in hybridiksi. Polttomoottori/generaattoriyhdistelmä on edessä, ja ajomoottorit (kahden sähkömoottorin yhdistelmä) ovat takana. Auto on siis takavetoinen. Polttomoottorin teho on 191 kW. Ajomoottoreiden teho on $2 * 150 = 300$ kW. Litiumioniakuston kapasiteetti on 20 kWh. Ajomoodeja on kaksi, "Sport Mode", jolloin tehoa otetaan sekä polttomoottorista että akustosta, ja "Stealth Mode", jolloin toimitaan pelkästään akun varassa. "Sport Mode" -tilassa auton huippunopeus on 200 km/h ja kiihtyvyyssarvo 0 – 100 km/h on 5,9 sekuntia. Pelkällä akkusähköllä arvot ovat vastaavasti 153 km/h ja 7,9 sekuntia. Pelkästään polttomoottorin tehokin (191 kW) riittänee kohtuulliseen suorituskykyyn. Sähköinen toimintamatka on 80 km, ja kokonaistoimintamatka on 483 km. Polttoaineen kulutukseksi ilmoitetaan 2,4 l/100 km. Auton painoa ei ole ilmoitettu, mutta teknisissä tiedoissa puhutaan kevytrakennetekniikasta: alumiinirunko ja alumiinin ja komposiittimateriaalien käyttö koripaneeleissa. Valmet Automotive ja Fisker Automotive allekirjoittivat yhteistyösopimuksen marraskuussa 2008. Sopimuksen mukaan Valmet Automotive on Fisker Automotiven kumppani Fisker Karma -hybridiauton suunnittelussa ja valmistuksessa. Fisker Karman sarjatuotanto oli suunniteltu alkavaksi 2010 (Korhonen 2010). Tuotannon käynnistys on ilmeisesti myöhässä. Fisker Karman verottomaksi hinnaksi on arvioitu noin 80.000 € (Tekniikka & Talous 2009).

<http://www.fiskerautomotive.com/>

<http://www.valmet-automotive.com/automotive/cms.nsf/www/fiskerfi>



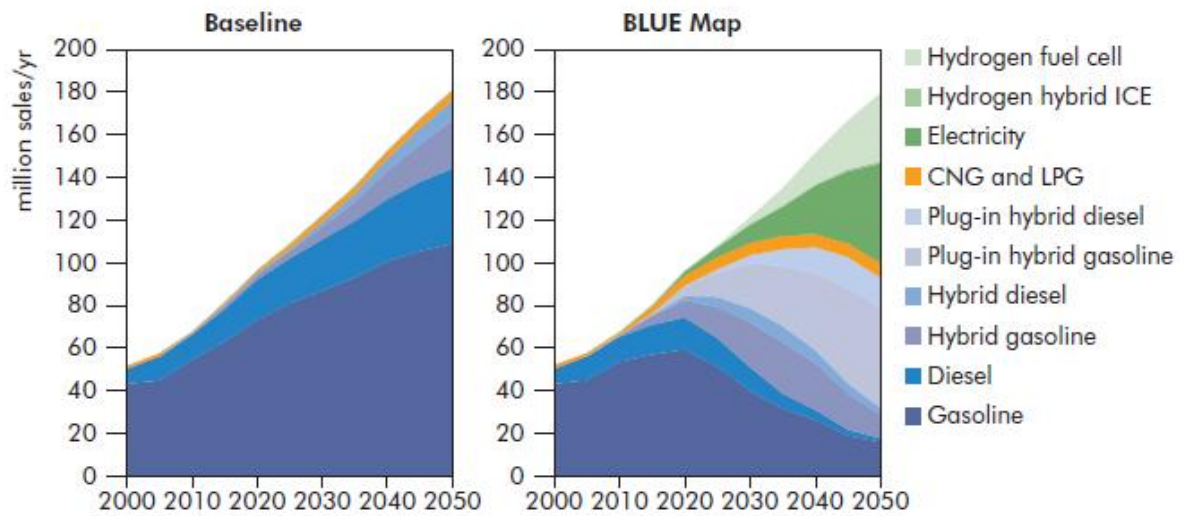
Fisker Karma

11. Projektioita sähköautojen yleistymisestä

- Useat tahot ovat laatineet ennusteita sähköautojen yleistymisestä.
- IEA:n mukaan henkilöautokaluston merkittävä sähköistäminen yhdistettynä vähähiiliseen sähkön tuotantoon on välttämättömyys jotta liikennesektorilla voitaisiin saavuttaa merkittäviä CO₂-päästövähennyksiä vuoteen 2050 mennessä.
- IEA:n progressiivisen BLUE Map –skenaarion mukaan verkosta ladattavien sähköautojen osuus uusien autojen myynnistä on lähes 60 % vuonna 2050.
- Vuoden 2020 osalta keskimääräinen ennuste verkosta ladattavien autojen myyntiosuudelle on suuruusluokkaisesti 10 %, mikä merkitsee että sähköautojen osuus ajoneuvokannassa vuonna 2020 tulee todennäköisesti olemaan vain joitakin prosentteja.
- Sähköautojen osuus kasvaa merkittäväksi vasta vuoden 2030 tienoilla.

Eri kansainväliset organisaatiot ja konsulttiyritykset ovat esittäneet arvioita sähköautojen yleistymisestä. Ennusteet koskevat pääsääntöisesti henkilö- ja pakettiautoluokkia (light-duty vehicles LDV). Kansainvälisen energijärjestön IEA:n ennusteet ulottuvat aina vuoteen 2050 asti. Kuvassa 11.1 on IEA:n Energy Technology Perspectives 2010 -julkaisun kaksi skenaariota uusien henkilöautojen myynnin kehittymisestä. Baseline on konservatiivinen skenaario, BLUE Map teknologian osalta progressiivinen skenaario. Molemmissa ennusteissa maailmanlaajuinen autojen myynti nousee vuoden 2010 tasosta 60 miljoonaa yksikköä vuodessa lukuun 180 miljoonaa yksikköä vuodessa vuonna 2050. Baseline-skenaariossa perinteisten bensiini- ja dieselautojen osuus uusien autojen myynnistä on n. 70 % vuonna 2050, BLUE Map –skenaariossa enää n. 10 %. Jälkimmäisessä skenaariossa plug-in hybridien osuus on n. 30 % ja täyssähköautojen n. 25 % (ETP 2010).

IEA:n vuoden 2009 julkaisussa ”Technology Roadmap: Electric and plug-in hybrid electric vehicles” sähköautojen kehitysnäkymiä on katsottu tarkemmin. Kuvassa 11.2 on ennuste plug-in hybridien ja akkusähköautojen yleistymisestä. Projektio tukeutuu em. progressiiviseen BLUE Map –skenaarioon. Tämän IEA:n ennusteen mukaan plug-in ja täyssähköautojen yhteenlaskettu myynti vuositasolla on 1,2 miljoonaa kappaletta vuonna 2015 (osuus n. 2 %), 7,2 miljoonaa kappaletta vuonna 2020 (osuus n. 8 %) ja 101 miljoonaa kappaletta vuonna 2050, jolloin päädytään 55 %:n myyntiosuuteen (kts. ETP 2010 edellä). IEA:n arvion mukana plug-in autojen myyntiosuus pysyy täyssähköautojen osuutta suurempana lähes vuoteen 2050. Tämä johtunee siitä, että IEA näkee että akkuteknikassa on vielä tapahtuttavaa merkittävää kehittymistä jotta täyssähköautoista tulee kilpailukykyisiä.

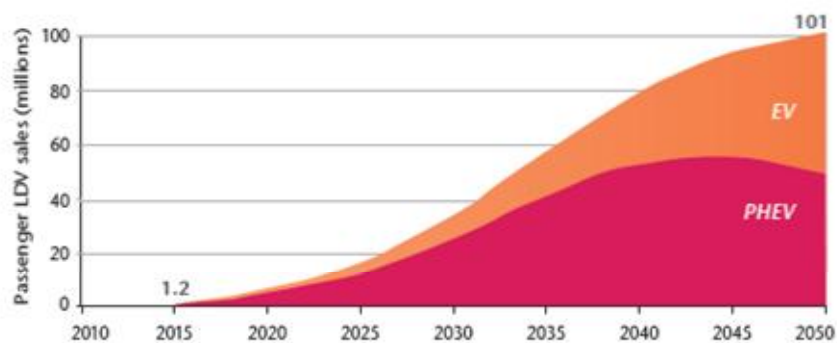


Kuva 11.1. Eri tekniikkaa edustavien autojen markkinaosuuksien kehittyminen vuoteen 2050. Baseline= konservatiivinen skenaario, BLUE Map= progressiivinen teknologiaskenaario. Kuvat ovat henkilö- ja pakettiautoluokille. (ETP 2010)

	2012	2015	2020	2025	2030	2040	2050
PHEV	0.05	0.7	4.7	12.0	24.6	54.8	49.1
EV	0.03	0.5	2.5	4.4	9.3	25.1	52.2

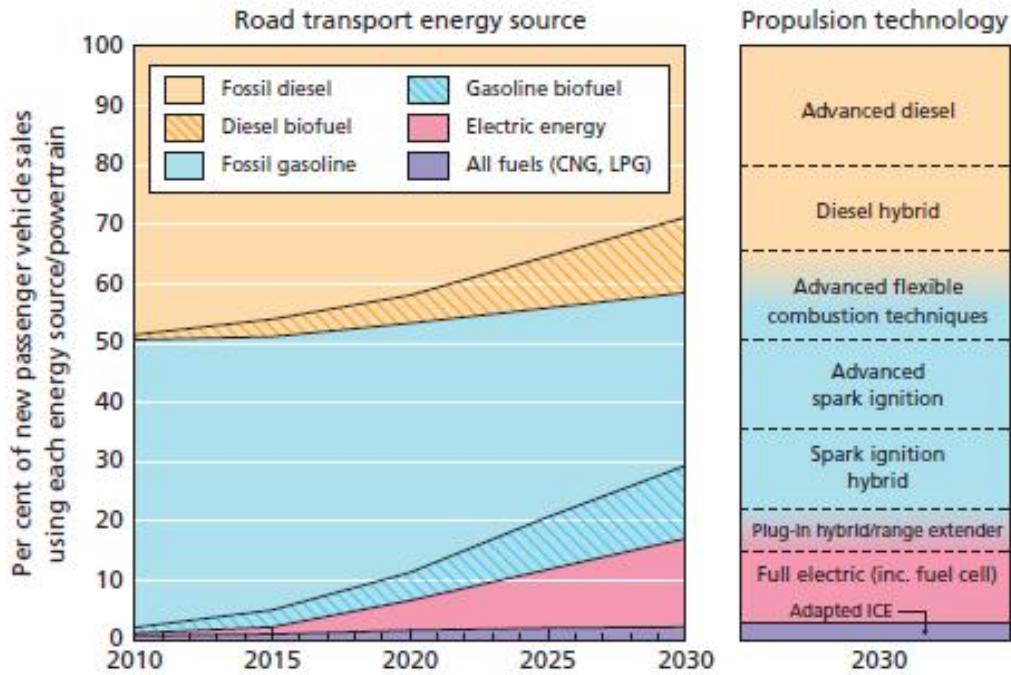
Source: IEA 2009.

Annual global EV and PHEV sales in BLUE Map scenario



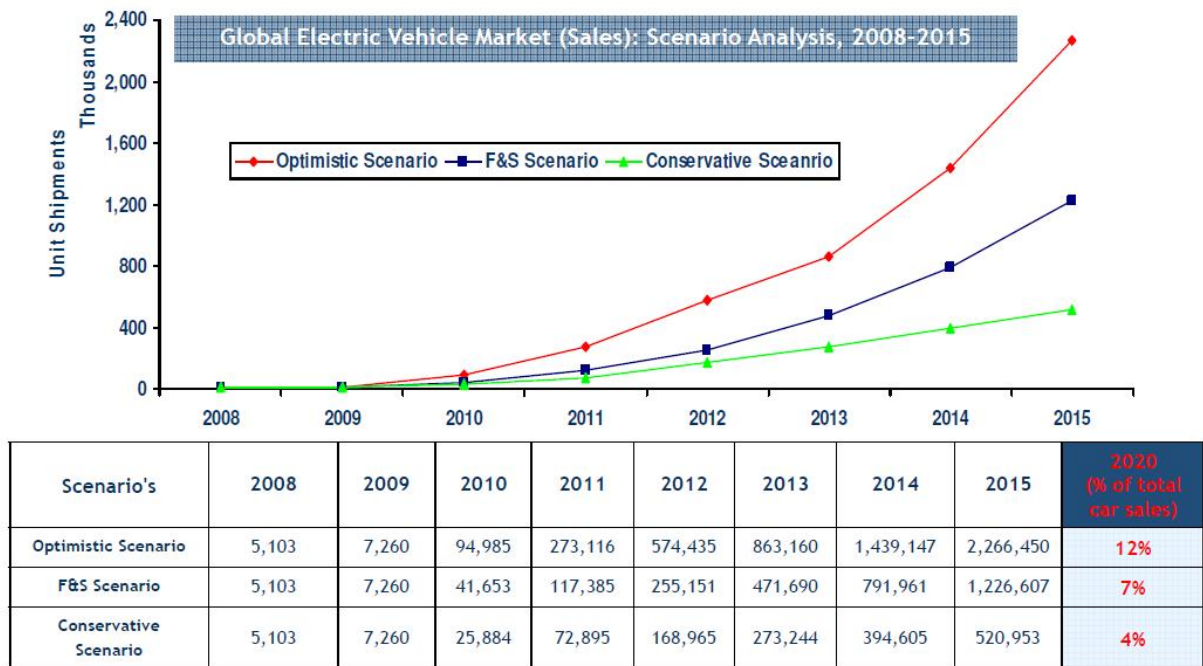
Kuva 11.2. IEA:n arvio ennuste plug-in ja akkusähköautojen yleistymisestä. Projektio tukeutuu IEA:n progressiiviseen BLUE Map –skenaarioon. (IEA 2009)

Suurin osa muista ennusteista ulottuu vuoteen 2020 tai 2030. ERTRAC:in (European Road Transport Research Advisory Council) vuoden 2010 uudistetussa tutkimusagendas- sa (Strategic Research Agenda 2010) pääpaino on vuodessa 2030. Ennuste täyssähköau- tojen osuudesta henkilöautojen myynnistä vuonna 2030 on n. 12 %. IEA:sta poiketen ERTRAC arvioi plug-in hybridien/EREV-autojen osuuden täyssähköautoja pienemmäksi, n. 7 % (kuva 11.3).

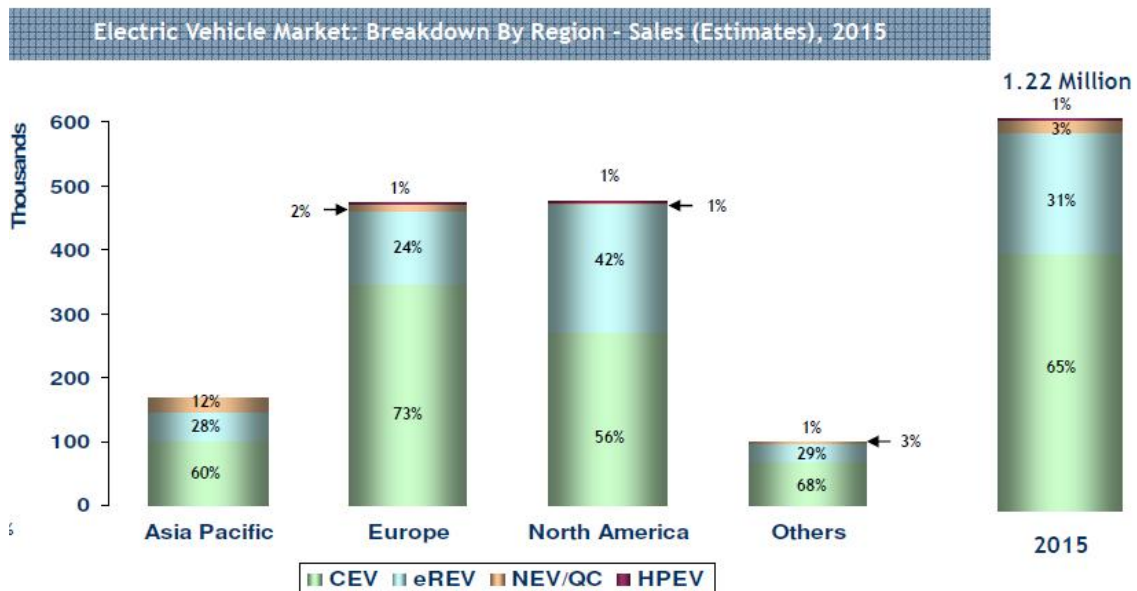


Kuva 11.3. ERTRAC:in arvio eri teknologioiden suhteellisen osuuden kehittymisestä henkilöautokalustossa. (ERTRAC 2010)

Frost & Sullivanin (2010 b) vuoteen 2020 yltävä ennuste on kuvassa 11.4. Kuvasta käy hyvin ilmi, miten myynti lähtee aluksi kiihtymään hitaasti nollassa. F&S:n oma "keskiskenaario" vastaa hyvin kuvan 11.2 IEA-skenaariota: vuoden 2015 myyntimäärä 1,2 miljoonaa ja vuoden 2020 osuus uusien autojen myynnistä 7 %. Kuvassa 11.5 on F&S:n arvio sähköautojen jakautumisesta eri ryhmiin vuonna 2015, ja tämä poikkeaa IEA:n näkemyksestä. F&S:n mukaan maailman tasolla jako on 1/3 plug-in hybridejä ja 2/3 täyssähköautoja. F&S:n arvion mukaan täyssähköautot dominoivat myös Euroopassa. Ranskalainen energiayhtiö EDF puolestaan on IEA:n kanssa samaa mieltä plug-in hybridien ja täyssähköautojen jakaumasta (Czerny 2010).



Kuva 11.4. Frost & Sullivanin ennuste sähköautojen myynnin kehittymisestä vuoteen 2015. Vuoden 2020 suhteelliset osuudet on merkitty taulukkoon. F&S:n oman ennusteen lisäksi mukana ovat myös optimistinen ja pessimistinen skenaario. (Frost & Sullivan 2010 b)



Kuva 11.5. Arvio sähköautojen myynnin jakautumisesta eri ajoneuvoluokkiin vuonna 2015. CEV= city electric vehicle= akkusähköauto kaupunkillienteeseen, eREV= ladattava hybridi, NEV= neighborhood electric vehicle= kevyt sähköauto, HPEV= high-performance electric vehicle= sähköinen urheiluauto. (Frost & Sullivan 2010 b)

Muita sähköautojen tulevaisuuden ennustajia ovat mm. Roland Berger ja Bain & Company. Roland Berger (2010) ei puhu sähköautojen lukumääristä vaan sähköautoekvivalen-teista, ja tarkoittaa tällä 25 kWh:n akkukapasiteettia. Ladattavien hybridien mitta on puoli sähköautoekvivalenttia, eli 12,5 kWh. Ronald Bergerin luvuista vuoden 2020 myyn-timääräksi muodostuu (Roland Berger 2010):

- täyssähköautot 2,8 miljoonaa autoa
- plug-in hybridit rinnakkaishybriditeknikalla 200.000 autoa
- plug-in hybridit sarjahybriditeknikalla 5,6 miljoonaa autoa
- yhteensä 8,6 miljoonaa autoa, josta ladattavien hybridien osuus 2/3-osaa

Bain & Company (2010) on muita optimistisempi sähköautojen tulemisen suhteen. Bain & Company esittää kolme skenaariota vuoteen 2020 mentäessä. Perusskenaariossa täys-sähköautojen osuus uusien henkilöautojen myynnistä on 10 %, ladattavien hybridien 15 % ja tavanomaisten hybridien 25 %. Bain & Companyn "vähäisten muutosten skenaario" vastaa likimain IEA:n näkemystä: täyssähköautojen osuus myynnistä 2 % ja ladattavien hybridien osuus 5 %. "Merkittävien muutosten skenaariossa verkosta ladattavien autojen osuus on peräti 50 %, täyssähköauto 20 % ja ladattavat hybridit 30 %.

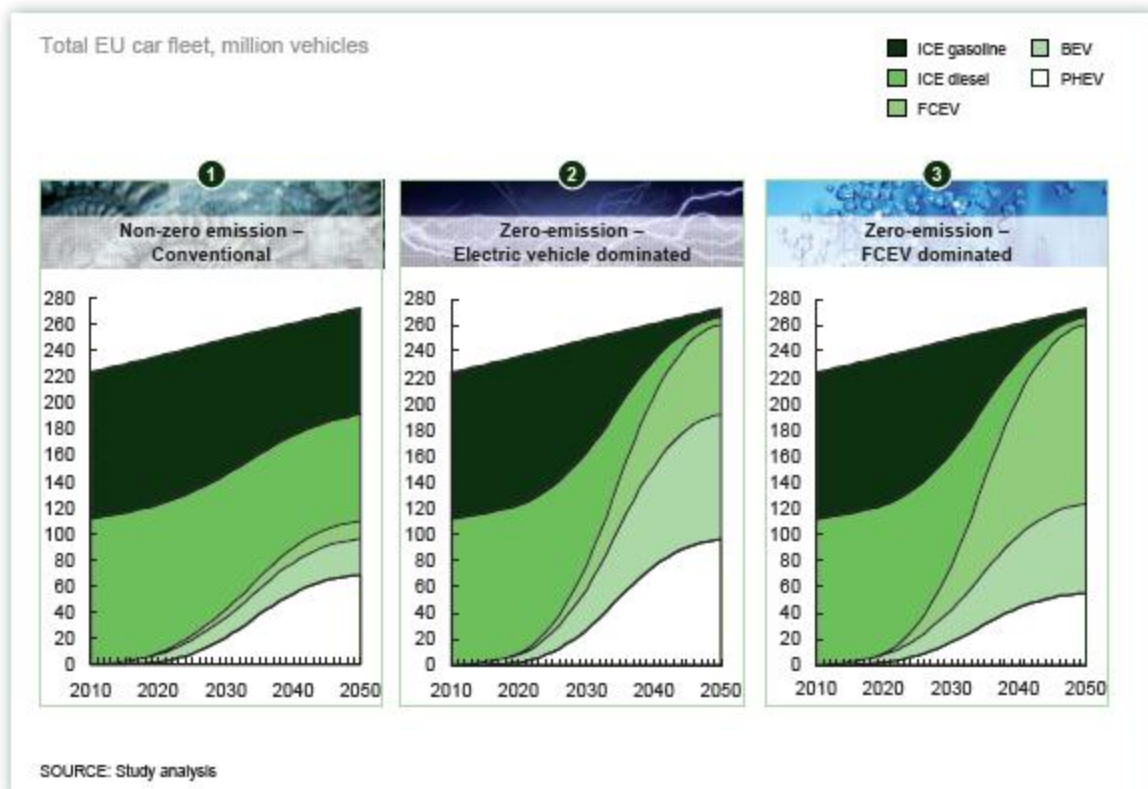
Taulukossa 11.1 on yhteenveto eri tahojen ennustamista sähköautojen myyntiosuuksista vuodelle 2020. Ilman Bain & Companyn optimistia ennustuksia keskiarvo ladattavien au-tojen osuudelle uusien autojen myynnistä vuonna 2020 on luokkaa 8 %, jakautuen lähes tasan täyssähköautoihin ja ladattaviin hybrideihin. Koko autokannassa sähköautojen pe-netraatio voisi olla tasolla 2 %, ja sähköllä ajettava suorite vielä tätäkin lukua pienempi arvo.

Taulukko 11.1. Yhteenveto sähköautojen markkinaosuuksia koskevistä ennusteista vuo-delle 2020. Luvut (likimääräiset) ovat "light-duty vehicles" –kategorialle (henkilöautot ja kevyet tavara-autot). Arvio henkilöautojen kokonaisymyynnistä vuonna 2020 on 93 mil-joonaa yksikköä.

	Täyssähköautot (%)			Ladattavat hybridit (%)			Yhteensä (%)		
	min.	med.	maks.	min.	med.	maks.	min.	med.	maks.
IEA 2009		3			5			8	
ERTRAC 2010		5			3			8	
F&S 2010 [*]	3	5	8	1	2	4	4	7	12
R.B. 2010		3			6			9	
Bain & Co 2010	2	10	20	5	15	30	7	25	50
keskiarvo kaikki		5,2			6,2			11,4	
ilman Bain & Co		4			4			8	

^{*}) jako täyssähköautot/ladattavat hybridit vuodelle 2015 tehdyn arvion perusteella

McKinsey & Company (2010) on tehnyt vuoteen 2050 ulottuvia projekteja Euroopan unionin osalta. Skenaarioita on kolme: konventionaalisiin polttomoottoriautoihin, polttokennoautoihin ja sähköautoihin pohjautuvat skenaariot. Projektiot eri ajoneuvotyyppien osuuksista ajoneuvokannassa on kuvassa 11.6. Vuoden 2020 osalta skenaariot eivät vielä oleellisesti poikkea toisistaan: polttokennoautot eivät vielä näy autokannassa, ja sähköautojen osuus kannassa on luokkaa 3 %. Sähköautoja painottavassa skenaariossa sähköautojen (täyssähköautot + plug-in hybridit) osuus ajoneuvokannassa on vajaa 25 % vuonna 2030 ja noin 70 % vuonna 2050. Konservatiivisen skenaarion luvut ovat vastaavasti vajaa 20 % (2030) ja noin 35 % (2050).



Kuva 11.6. McKinsey & Companyn (2010) kolme projekteja vuoteen 2050.

12. Edistämiskeinot ja kehitysohjelmat

- Sähköautojen edistämisen takana voi olla esim. energiapolitiikka, ilmastopoliitiikka ja teollisuuspolitiikka.
- Alkuvaiheessa sähköautojen tekniikan parantamiseen ja markkinoille tuomiseen tarvitaan kehitysohjelmia ja kannustimia.
- Taloudelliset kannustimet voivat kohdistua tutkimus- ja kehityshankkeisiin, autojen hankinnan tai infrastruktuurin rakentamisen tukemiseen.
- Tyypillinen hankinnan tuki on 5000 €/auto.
- Liikennepoliittisin keinoin sähköautoille annetaan erilaisia käyttöetuisuuksia.
- Maat, joissa on vahva autoteollisuus panostavat jopa miljardeja euroja sähköautojen kehitys- ja demonstraatiohankkeisiin.
- Myös eräät maat, joissa ei ole vahvaa autoteollisuutta, panostavat sähköautojen markkinoille saattamiseen.
- Kannustimet ovat yleensä määräaikaista.
- Hankintaa tuettaessa saatetaan asettaa vaatimuksia sähköautojen suorituskyvylle (Englanti) tai autoja käyttöön ottaville yhteisöille (Ruotsi).

12.1 Yleistä

Luvussa 2 todettiin, että sähköautoja halutaan edistää monista eri syistä. Taustalla voi olla esim. energiapolitiikka, ilmastopoliitiikka ja teollisuuspolitiikka. Selvää on myös, etteivät verkosta ladattavat sähköautot ole vielä aidosti kilpailukykyisiä polttomoottoriautoihin verrattuna. Niinpä alkuvaiheessa sähköautojen tekniikan parantamiseen ja markkinoille tuomiseen tarvitaan kehitysohjelmia ja kannustimia. Myös julkisten latausverkkojen rakentaminen vaatii panostusta. Sähköautojen edistämiseen käytetyt menetelmät vaihtelevat maasta toiseen riippuen mm. siitä, onko kyseisessä maassa vahvaa omaa autoteollisuutta vai ei.

Seuraavassa on esimerkkejä sähköautojen edistämiseen käytetyistä keinoista, Tämän lisäksi esitetään esimerkkejä eri maiden ohjelmista sähköautojen kehittämiseksi ja markkinoille tuomiseksi.

12.2 Sähköautoilun edistämiseen käytetyt keinot

Frost & Sullivan luettelee seuraavat sähköautojen käyttöönoton kannalta merkittävät kannustimet ja tekijät (Frost & Sullivan 2010 a):

- hankinnan rahallinen tuki
- ilmainen pysäköinti
- vapautus ruuhkamaksuista
- mahdollisuus käyttää bussikaistoja
- valtionhallinnon asettamat tavoitteet sähköautojen lukumäärälle
- valtionhallinnon asettamat tavoitteet latauspisteiden lukumäärälle
- latausverkoston kehitysohjelmat
- tavoitteet sähköautojen osuudelle julkishallinnon autokalustossa
- sähköautojen kohtelu yritysverotuksessa
- energian hinta

- ministeriöiden yhteistyö sähköautojen edistämässä
- tuki demonstraatiohankkeille
- paikallinen sähköautojen tai sähköautokomponenttien valmistus

Yllä olevan luettelon elementit voidaan luokitella esim. seuraavasti (ei absoluuttinen jako, jotkut toimet/tekijät voitaisiin luokitella useampaan ryhmään):

- I. Tahtotilan määrittely (5, 6, 8, 11)
- II. Liikennepoliittiset kannustimet (2, 3, 4)
- III. Taloudelliset kannustimet (1, 9, 10)
- IV. Mahdollistavat toimet (7)
- V. Elinkeinopoliittikka (12, 13)

Valtiovallan tahtotilan määrittely on keskeinen elementti, koska se luo pohjan kaikille muille toimenpiteille ja päätöksille. Selkeä tahtotilan määrittely on myös tärkeää niin kuntien, yritysten kuin yksittäisten autoilijoiden kannalta. Tällä luodaan uskottavuutta, pitkäjänteisyyttä, ja tahtotilasta voidaan myös johtaa tarvittavat panostukset. Sähköautoa ei voi tarkastella pelkästään kapeasta autoteknisestä näkökulmasta, koska sähköautoilla on heijastumia infrastruktuuriin, sähköverkkoon ja myös itse liikennejärjestelmään.

Osa sähköautoille käytetyistä kannustimista eivät ole kestävän liikennepoliittikan mukaisia. Glotz-Richter (2010) ja Schallaböck (2010) toteavat, etteivät sähkökäyttöiset henkilöautot ole ratkaisu kaupunkien liikenneongelmiin, vaan että joukkoliikenteen pitäisi olla ensisijainen panostuskohde. Nylund et. al. (2006) tekivät vuonna 2006 selvityksen ”Vähäpäästöiset ajoneuvot Helsingissä”. Selvityksessä todetaan:

”Ainakin seuraavat vähäpäästöisten henkilöautojen edistämiskeinot ovat ristiriidassa joukkoliikenteen edistämisen ja ajoneuvoliikenteen haittojen vähentämisen kanssa:

- vähäpäästöisten autojen vapauttaminen mahdollisista ruuhkamaksuista, jos sellaisia päätetään pääkaupunkiseudulla ottaa käyttöön
- joukkoliikennekaistojen avaaminen vähäpäästöisille autoille
- pysäköintietuuksien tarjoaminen vähäpäästöisille autoille”

Erilaiset ympäristövyöhykkeet ja polttomoottoriautojen kiellot ovat myös mahdollisia keinoja sähköautojen edistämiseen. Rooman historiallinen keskusta, hiihtokeskus Zermatt Sveitsissä (kuva 12.1) ja Caprin saari Etelä-Italiassa ovat esimerkkejä turistikohdeista, joissa polttomoottoriautojen käyttöä on rajoitettu.

Useissa maissa sähköautojen hankintaa tuetaan rahallisesti, joko hankinnan tuen tai verohuojennusten muodossa. Verohuojennus voi merkitä joko ajoneuvon hankintaan tai käyttöön liittyvien verojen huojennusta tai huojennusta yksityisen henkilön tai yrityksen maksamiin veroihin. Hankinnan tuki on käytössä mm. Englannissa, Ranskassa ja Ruotsissa, verohuojennukset mm. Belgiassa, Japanissa, Norjassa, Tanskassa ja USA:ssa. Hankinnan tuki on tyypillisesti luokkaa 5000 €. Frost & Sullivan antaa seuraavat esimerkit taloudellisista kannustimista sähköautoille (Frost & Sullivan 2010 a):

- Englanti: hankinnan tuki 5000 £ (n. 6000 €)
- Norja: vapautus arvonlisäverosta (25 %) ja autoverosta
- Tanska: vapautus autoverosta, joka on enimmillään peräti 180 %



Kuva 12.1. Zermatt'in sähköauto. (<http://www.zermatt.ch/en/>)

Belgiassa sähköauton ostava yksityishenkilö saa vähentää verotettavista tuloista 30 % sähköauton hinnasta, kuitenkin enintään 9000 €. Yritykset saavat vähentää 120 % täys-sähköauton hinnasta, ja tehdä poistot kahdessa vuodessa. Vähemmän kuin 60 g CO₂/km päästävien plug-in hybridien osalta vähennysoikeus on 100 %. (Going Electric 2010)

Energiayhtiön kannalta julkisen latausjärjestelmän rakentaminen ja ylläpito eivät välttämättä ole liiketaloudellisesti kannattavaa. Niinpä on odotettavissa, että latausjärjestelmien rakentamiseen tarvitaan julkista tukea. Pikalatausasema maksaa suuruusluokkaisesti 20.000 – 30.000 €. Sähköauton kerralla "tankkaama" sähkömäärä taas on suuruusluokkaisesti 15 – 20 kWh. Tammikuun 2011 yleissähkön hinnalla sähköautotankkauksen energiahinta on näin ollen 2 – 2,5 €, eikä tästä riitä katetta latausinfrastruktuurin rakentamiseen.

Maat, joissa on vahvaa autoteollisuutta tai akkuteollisuutta, panostavat luonnollisestikin kehitystoimintaan elinkeinopoliittisista syistä. Mm. Japanissa ja USA:ssa panostukset ajoneuvojen sähköistämiseen ja akkukehitykseen ovat huomattavat.

12.3 Maakohtaiset kehitysohjelmat

12.3.1 Yleistä

Kansainvälinen energiajärjestö IEA järjesti syyskuussa 2010 Pariisiin autonäyttelyn yhteydessä tapahtuman "Electric Vehicle Initiative Launch and Roundtable Event". Tilaisuudessa kuultiin sekä maakohtaisia raportteja että teollisuuden puheenvuoroja. Tilaisuuden materiaali on ladattavissa IEA:n verkkosivuilta ositteesta http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482. Seuraava katsaus pohjautuu osittain IEA:n tilaisuuden esityksiin. Maakohtaista tietoa löytyy myös IEA:n "Hybrid and Electric Vehicles" (HEV) –tutkimusohjelman vuosiraportista. Vuoden 2010 raportti "Move

Electric” julkaistiin maaliskuussa 2010. HEV-tutkimussopimuksesta löytyy tietoa osoitteesta <http://www.ieahev.org/>.

12.3.2 Kiina

Kiinassa henkilöautojen lukumäärä tulee talouskasvun seurauksena kolminkertaistumaan vuodesta 2010 vuoteen 2020. Sähköajoneuvoja halutaan edistää niin ilmansaasteiden kuin öljyriippuvuuden vähentämiseksi. Eräät kaupungit ovat jo kieltäneet polttomoottori-käyttöiset mopot ja skootterit, ja sähköskoottereiden esiinmarssi on ollut voimakasta. Autojen osalta Kiinassa on käynnissä kaksi rinnakkaista kehityslinjaa, toisaalta perinteisten autojen voimalinjan optimointi polttoaineen kulutuksen vähentämiseksi ja toisaalta uusien sähkön perustuvien voimalinjaratkaisujen kehittäminen. Jälkimmäiseen kategori-aan luetaan niin hybridit, sähköautot kuin polttokennoautot. Kiinassa on asetettu numeraaliset tavoitteet niin sähköautojen ja latausasemien määrille kuin sähköautojen akkujen suorituskyvylle ja hinnalle. Autojen ja latausasemien lukumäärien osalta tavoitteet ovat (kuva 12.1, Chen 2010):

- 2010: vähintään 20.000 sähköautoa
- 2015: 1 miljoona sähköautoa, 2000 pilalatausasemaa ja 400.000 hitaan latauksen pistettä
- 2020: 10 miljoonaa sähköautoa, latausjärjestelmän jatkuva laajentaminen



Kuva 12.1. Kiinan kansantasavallan sähköautotavoitteet. (Chen 2010)

Saksalaisen arvion mukaan Kiina satsaa sähköautojen kehitykseen suuruusluokkaisesti 1 miljardia € teknologian kehitykseen ja 2 miljardia € erilaisiin demonstraatiohankkeisiin vuosina 2009 – 2011 (Die Bundesregierung 2009).

12.3.3 USA

Presidentti Obaman hallinto on asettanut tavoitteeksi saada 1 miljoona plug-in hybridiä liikenteeseen vuoteen 2015 mennessä. Talouden elvytysohjelman (Recovery Act) puitteissa sähköautojen kehitystä ja käyttöönottoa tuetaan seuraavasti (kokonaisbudjetit, ei vuosibudjetit, Howell 2010):

- seuraavan sukupolven akkutekniikka 1,8 miljardia USD
- sähköisen voimansiirron komponenttien valmistus 500 miljoonaa USD
- liikenteen sähköistäminen 400 miljoonaa USD

Sähköistysohjelman demonstraatiohankkeiden puitteissa on otettu käyttöön 13.000 sähköautoa, mukana sekä henkilöautoja että hyötyajoneuvoja, yli 20.000 keskinopeaa latausasemaa ja 350 DC-tyyppistä pikalatausasemaa. Demonstraatio-ohjelmiin sisältyy yksityiskohtainen datan keruu ajoneuvoista ja latauspisteistä autojen käytön, latauksen ja mahdollisten sähköverkkoon kohdistuvien vaikutusten analysoimiseksi. Tätä tietoa käytetään pohjustettaessa sähköautojen ja latausjärjestelmien tulevaa laajaa käyttöönottoa. (Telleen 2010).

USA:ssa on liittovaltion tasolla varattu huomattava summa, yhteensä 2 miljardia USD, erilaisiin verotuksiin. Yksittäinen henkilö voi henkilökohtaisessa verotuksessaan saada 2.500 – 7.500 USD:n arvoisen huojennuksen verkosta ladattaville autoille (akuston koosta riippuen, 4 – 16 kWh). (Howell 2010).

Lisäksi kannustimia on käytössä osavaltioiden tasolla. Telleen'in (2010) mukaan kannustimia hybridi- ja sähköautoille on käytössä seuraavasti:

- verohuojennukset 31 osavaltiota 50:stä, lisäksi Washington D.C.
- hybridi- ja sähköautoja suosivat pakokaasumääräykset 12 osavaltiota 50:stä
- hybridi- ja sähköautoja suosivat yhteiskäyttö- ja pysäköintimääräykset 12 osavaltiota 50:stä

Kaliforniassa on käytössä kaikki em. kannustimet.

12.3.4 Japani

Japanissa on vahva auto- ja sähköteknillinen teollisuus. Japani on edelläkävijöitä niin hybridiautojen, sähköautojen kuin akkujen osalta. Arvatenkin Japanissa teollisuus- ja elinkeinopolitiikka ohjaa sähköautojen kehittämistä. Japanissa sähköautoprojektioita on määritelty niin teollisuuden kuin valtionhallinnon toimesta. Tärkeä toimija hallinnossa on Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). Taulukossa 12.1 on teollisuuden näkemykset ja METI:n asettamat tavoitteet sähköautojen (täyssähköautot ja plug-in hybridit) ja muiden uutta teknologiaa edustavien autojen osuuksille uusien autojen myynnistä vuosina 2020 ja 2030. METI:n sähköautotavoitteet ovat 15 – 20 % vuodelle 2020 ja 20 – 30 % vuodelle 2030, teollisuuden projektiot 10 prosenttiyksikköä näitä alemmat.

Vuonna 2010 Japanissa panostettiin sähköautoihin seuraavasti (Tsujiimoto 2010):

- akkukehitys 55 miljoonaa USD
- latausverkoston rakentaminen 124 miljoonaa USD, tuki 50 % installaatioiden kustannuksista
- sähköautojen ja plug-in hybridien hankinnan subventointi, tuki 50 % sähköauton ja tavanomaisen auton hintaerosta

Latausinfrastruktuurin osalta vuoden 2020 tavoitteet ovat 2 miljoonaa hitaan latauksen pistettä ja 5000 pikalatauspistettä (Tsujiimoto 2010). Latausinfrastruktuurin osalta yksi aktiivisemmista toimijoista on kohdassa 6.2.1 mainittu TEPCO.

Taulukko 12.1. Japanilaisia näkemyksiä sähköautojen ja muiden uutta tekniikkaa edustavien autojen markkinaosuuksista. (Tsujiimoto 2010)

	Projections (private-sector efforts)		Government Targets	
	2020	2030	2020	2030
Conventional Vehicles	80% >	60-70%	50-80%	30-50%
Next-Generation Vehicles	< 20%	30-40%	20-50%	50-70%
HEV	10-15%	20-30%	20-30%	30-40%
EV/PHEV	5-10%	10-20%	15-20%	20-30%
FCV	Miniscule	1%	0-1%	0-3%
CDV	Miniscule	0-5%	0-5%	5-10%

12.3.5 Saksa

Saksassa on elokuussa 2009 määritelty sähköisen liikennöinnin kehittämissuunnitelma. Suunnitelmassa on sanottu, että Saksa haluaa olla sähköisen liikkumisen kehittämisen veturi. Määrälliset tavoitteet ovat 1 miljoona sähköautoa vuonna 2020 ja 5 miljoonaa sähköautoa vuonna 2030. Vuoden 2050 tavoite on, että suurin osa taajamaliikenteestä on fossiilista polttoaineista riippumatonta (Die Bundesregierung 2009). Saksan autokanta on tällä hetkellä noin 75 miljoonaa yksikköä, joten vuosien 2020 ja 2030 suhdeluvut ovat suuruusluokkaisesti 1,5 ja 7 %.

Saksan panostukset sähköautoihin ovat useita satoja miljoonia €. Liittovaltio panostaa demonstraatiohankkeisiin vuosina 2009 – 2011 seuraavasti (Kühne 2010):

- 7 demonstraatiota painottuen ICT:hen, volyyymi 100 miljoonaa €
- 8 demonstraatiota liikennejärjestelmään painottuen (autojen käyttöä koskevan tiedon kerääminen, eri liikennemuotojen ja toimijoiden integrointi, uusien liiketoimintamallien kehittäminen), volyyymi 115 miljoonaa €
- 2 demonstraatiota Berliinin alueella, painopisteenä päästöt ja ympäristövaikutukset, volyyymi 70 miljoonaa €

Teollisista toimijoista mainitaan BMW, joka on toteuttanut kenttäkokeen 650 sähkökäyttöiseksi muutetulla Mini-autolla. Autoja on testattu Saksassa, USA:ssa, Englannissa, Ranskassa, Japanissa ja Kiinassa. (Kühne 2010). Sähköautojen kehityksessä saksalaiset autonvalmistajat näyttäisivät kuitenkin olevan jäljessä japanilaisista ja ranskalaisista kilpailijoistaan.

Saksan sähköautostrategia on erittäin selkeästi muotoiltu. Siihen sisältyy mm. 15-kohtainen luettelo eri toimenpiteistä tai projekteista. Suunnitelmassa todetaan myös, että sähköisen liikennöinnin kehittämisessä tulee huomioida koulutustarpeet, akkujen ja sähkölaitteiden tehokas kierrätys, standardisointi ja kehitystä ohjaava lainsäädäntö (Die Bundesregierung 2009).

12.3.6 Ranska

Sähköautokehityksen eturintamassa kulkeva ranskalainen Renault ja Renaultin kanssa liitossa oleva Nissan ovat panostaneet 4 miljardia € sähköautojen (autot + akut) kehitykseen (Schultz 2010). Renault tekee myös sähköautoyhteistyötä ranskalaisen EDF-energiayhtiön kanssa (Reuters 2010). Luokkaa 80 % Ranskan sähköstä tuotetaan ydinvoimalla, joten Ranskassa on tarjolla vähähiilistä sähköä (kts. kuva 8.3).

Ranskan valtio on asettanut konkreettisia tavoitteita sähköautoille. Tavoite sähköautojen markkinaosuudelle vuonna 2020 on 16 %, ja tuolloin sähköautokannan pitäisi olla 2 miljoonaa yksikköä. Vuoden 2012 "välitavoite" on 60.000 sähköautoa (Legrand 2010). Koikeiluhankkeet jakautuvat tasaisesti ympäri maata (kuva 12.2). Ranskan valtion panostus sähköautojen kehittämiseen on yli 100 miljoonaa € vuositasolla (Die Bundesregierung 2009).

Ranskan valtio myöntää tukea vähäpäästöisten autojen hankintaan. Autoille, joiden CO₂-päästö on alle 60 g/km (käytännössä täyssähköautot ja plug-in hybridit), tuki on 5000 € ("Super Malus"). Tuki voi kuitenkin olla enintään 20 % kustannuksista. (ADEME 2010)

Ranskalaiset toimijat suunnittelevat mittavaa sähköautojen yhteishankintaa, kaavailtu automäärä on 23.000 – 100.000 autoa. Mukana ovat sellaiset yritykset kuten Air France, Areva, EDF, La Poste, SNCF (Ranskan valtion rautatiet) ja Veolia. (Legrand 2010)

12.3.7 Englanti

Englannissa julkistettiin keväällä 2009 Ultra Low Carbon Vehicles (ULCV) –strategia. Strategialla tavoitellaan liikenteen CO₂-päästöjen ja ilmansaasteiden vähentämistä ja myös autoteollisuuden kilpailukykyyn parantamista. Ensisijaisesti kuluttajille ja infrastruktuuriin suunnattuun toimenpidepakettiin sisältyy tukitoimia, joiden kokonaisarvo on n. 400 miljoonaa £. Lisäksi autoteollisuutta tuetaan 2,3 miljardilla £:lla. ULCV ei koske pelkästään sähköautoja, mutta sähköautoilla on tärkeä asema ULCV-strategiassa. Sähköautojen lukumäärälle ei ole asetettu tavoitteita. (DfT 2011, BERR 2009)

Pilot agglomerations

60.000 cars
2012 year end



* EcoCités: Bordeaux, Rennes, Strasbourg/Kehl, Grenoble, Nice et La Réunion

Kuva 12.2. Sähköautojen kokeiluhankkeet Ranskassa. (Legrand 2010)

Sähköautojen ja plug-in hybridien markkinoille tuomiseksi Department for Transport (DfT, liikenneministeriö) myöntää tukea seuraavasti:

- tukipaketin kokonaisarvo 250 miljoonaa £, josta:
 - 230 miljoonaa £ autohankintojen tukemiseen, 2000 – 5000 £ autoa kohti
 - 20 miljoonaa £ latausinfrastruktuuriin ”Plugged in Places” –ohjelman kautta, lisäksi latausinfrastruktuurin kehittämiseen tulee 10 miljoonaa £ muuta rahoitusta

Tuen saaville autoille on asetettu tiettyjä vaatimuksia, mm. (DfT 2009):

- tuen piirissä ovat osittain tai kokonaan sähköllä toimivat M1-luokan autot
- plug-in hybridien CO₂-päästön tulee olla alle 75 g/km
- sähköauton toimintamatkan tulee olla vähintään 112 km ja plug-in hybridin sähköisen toimintamatkan vähintään 16 km
- auton huippunopeuden tulee olla vähintään 96 km/h
- auton tulee saavuttaa vähintään 4 tähteä EuroNCAP-kolaritestissä, muunnossähköautoilta saatetaan edellyttää lisätestausta
- sähköjärjestelmän (ml. akun) takuun tulee olla vähintään 7 vuotta tai 160.000 km

Suoran rahallisen tuen lisäksi sähköautoille on tarjolla myös muita etuisuuksia, mm. (DfT 2011):

- veroetuja ajoneuvojen verotuksessa ja työsuhdeautojen verotuksessa
- vapautus Lontoon ruuhkamaksuista
- ilmainen/hinnaltaan alennettu pysäköinti City of Westminsterissä

Mainittakoon, että Nissan on ilmoittanut rakentavansa sekä akkutehtaan että sähköauto-tehtaan Englannin Sunderlandiin. Akkutuohtanto alkaa 2012 ja sähköautojen valmistus 2013. Tuotantovolyymit ovat 60.000 akkujärjestelmää 50.000 autoa vuodessa. (Ueda 2010)

12.3.8 Ruotsi

Ruotsin tavoitteena on fossiilisista polttoaineista riippumaton ajoneuvokanta vuoteen 2030 mennessä. Strategian tärkeimmät elementit ovat sähköautojen laajamittainen käyttöönotto, toisen sukupolven biopolttoaineet ja liikenteen energiatehokkuuden parantaminen. Ohjausvälineinä ovat rahoitus, regulaatio ja yhteistyö. (Palm 2010)

Sähköautoihin panostetaan julkisia varoja seuraavasti (Palm 2010):

- tutkimus 30 miljoonaa € vuositasolla
- sähköautojen hankinnan tuki
- sähköautojen demonstraatiot 2011 – 2014 20 miljoonaa €

Latausasemien ja sähköautoille tarkoitettujen pysäköintipaikkojen hallinnointiin kehitetään yksinkertaistettuja menettelytapoja. Ruotsi tekee yhteistyötä Norjan kanssa latausinfrastruktuurin kehittämiseksi ja USA:n kanssa sähköautoihin liittyvässä teknologiassa. (Palm 2010)

Kuntatasolla Tukholma panostaa voimakkaasti sähköautoihin. Syyskuussa 2010 Suur-Tukholman alueella oli 78 julkista latausasemaa. Tukholma on yhteistyössä Vattenfall-energiayhtiön kanssa aktiivinen toimija sähköautojen yhteishankinnassa. Vuodenvaihteessa 2009/2010 tehdyn esiselvityksen perusteella vuosina 2011 – 2014 olisi kysyntää yhteensä 14.000 sähköautolle (Landahl 2010). Sähköautojen yhteishankinnasta löytyy tietoa osoitteesta <http://www.elbilsupphandling.se/>.

Elbilsupphandling tarkentaa sähköautojen hankinnan tukea:

- 25 % lisäkustannuksesta, enintään 50.000 SEK/auto= 5500 €/auto
- tuki mitoitettu riittämään noin 1000 autolle
- tietyt kriteerit täyttävälle yrityksille ja yhteisöille, ei yksityishenkilöille
- vuoden 2010 tavoite oli 50 – 100 auton hankinta, näille autoille tuki enintään 100.000 SEK/auto

12.3.9 Norja

Norjassa ei ole omaa autoteollisuutta eikä vahvaa sähköteknistä teollisuutta. Tästä huolimatta Norjassa halutaan edistää sähköautoilua. Norjan sähkön tuotanto perustuu lähes täysin vesivoimaan.

Norjassa oli vuoden 2010 lopulla noin 3000 sähköautoa. Noin 2000 näistä on rekisteröity tavallisina henkilöautoina (lähinnä Think-autoja), ja loput autot on rekisteröity keveinä nelipyöräisinä ajoneuvoina (lähinnä Buddy- ja Reva-autoja). Norjan autokanta on yhteensä 2,3 miljoonaa yksikköä, joten sähköautojen osuus kannassa on 0,15 %.

Norjassa polttoaineita ja autoja verotetaan raskaasti. Sähköautot huojennetaan sekä autoverosta että 25 %:n suuruisesta arvonlisäverosta. Muita kannustimia sähköautoille ovat (Sønstelid 2010):

- sähköautot saavat käyttää joukkoliikennekaistoja
- sähköautoilta ei peritä pysäköintimaksuja julkisilla pysäköintipaikoilla
- sähköautoilta ei peritä tiemaksuja
- sähköautoilta ei peritä maksuja valtateiden lautoilla
- sähköautot saavat 50 % alennuksen työsuhdeautojen verotuksessa
- sähköautojen vuotuinen vero on ainoastaan 390 NOK (n.50 €)

Vuonna 2009 Norjan hallitus käynnisti Transnova-projektin (www.transnova.no) tukemaan sähkö-, vety- ja biopolttoaineautojen demonstraatioita ja näihin liittyviä infrastruktuurihankkeita. Vuonna 2009 Transnovan rahoitus oli 50 miljoonaa NOK eli noin 6,5 miljoonaa €. Nämä rahat korvamerkittiin sähköautojen latauspisteisiin, ja tuloksena oli noin 1600 vuonna 2010 käyttöön otettua latauspistettä (n. 4000 €/piste). Vuoden 2010 myöntö oli 52 miljoonaa NOK, ja vuonna 2011 summa nousee 72 miljoonaan NOK:iin. Sähköautojen tutkimusta rahoitetaan RENERGI-ohjelmasta. Vuonna 2010 rahoitus sähköautoihin, vetyyn ja biopolttoaineisiin liittyviin hankkeisiin oli 58 miljoonaa NOK. Vuonna 2009 Norjan ja Ruotsin hallitukset muodostivat yhteisen työryhmän suunnittelemaan sähköautojen latausinfrastruktuuria. Ajatuksena on kehittää sellainen sähköautojen latausinfrastruktuuri, joka mahdollistaa ajon sähköautolla maasta toiseen. Työryhmän oli määrä jättää mietintönsä vuoden 2010 aikana. (Sønstelid 2010)

12.3.10 Tanska

Tanskan energiajärjestelmälle on ominaista tuulivoiman merkittävä ja alati kasvava osuus. Tanskassa sähköautot ja niiden ohjattu lataus tarjoavat kiinnostavan mahdollisuuden sähköverkon tasapainottamiseen (kts. 6.3).

Tanskassa on jo pitkään ollut kiinnostusta sähköautoihin. Tanskassa on erittäin korkea autovero. Vero on enimmillään 180 % (ACEA 2008). Täyssähköautot vapautettiin autoverosta jo vuonna 1983, ja nyt verovapautta on alkuvuodesta 2010 tehdyllä päätöksellä jatkettu vuoden 2015 loppuun asti (Udvikling 2010).

Tanskaan on muodostettu Dansk Elbil Alliance (DEA), jossa on noin 50 jäsenyritystä tai –järjestöä. Mukana on energiayhtiöitä, sähköjärjestelmätoimittajia, leasing-yhtiöitä ja sähköautojen myyjiä. DEA:n tavoite on, että sähköautojen osuus Tanskan autokannassa olisi vähintään 20 % vuonna 2020 (DEA 2011). Tanskassa on nyt noin 2,5 miljoonaa autoa, joten 20 % olisi lukumääräisesti noin 500.000 yksikköä.

Energiayhtiö Dong on tärkeä tekijä DEA:ssa, ja ilmeisesti Dong on vaikuttanut DEA:n sähköautotavoitteen asettamiseen. Dong tekee yhteistyötä Better Placen kanssa. Dongin ja Better Placen yhteinen julki lausuttu tavoite on 500.000 sähköautoa vuonna 2020, vastaten DEA:n tavoitetta. Tanskan energiaviranomaisella (Energistyrelsen) on vaatimatompampi tavoite, 80.000 autoa vuodelle 2020 (epn 2010). Tanskan lehdistössä onkin käyty keskustelua 500.000 sähköauton tavoitteen realistisuudesta.

Vuonna 2008 tehtiin päätökset kahdesta sähköautojen käyttöönottoa tukevasta julkisesta hankkeesta. Osana tanskalaista ilmasto- ja energiasopimusta sähköautojen demonstraatiohankkeisiin vuosille 2009 – 2012 varattiin 30 miljoonaa DKK (noin 4 miljoonaa €). Rahaa käytetään mm. sähköautojen hankinnan tukeen. Edellytys tuelle on, että autot va-

rustetaan tiedonkeruulaitteistoilla palautetiedon saamiseksi. Rahaa hallinnoi Energistyrelsen. Center for Grøn Transport toimii liikenneviranomaisen (Vejdirektoratet) alaisuudessa. Center for Grøn Transportille on myönnetty 200 miljoonaa DKK energiatehokkaiden ja vähäpäästöisten kuljetusratkaisujen demonstraatiohankkeisiin. Näihin kuuluu muitakin hankkeita kuin sähköautohankkeita. (IEA HEV 2010, Vejsektoren 2009)

13. Sähköautot kuluttajan näkökulmasta

- Kuluttajan näkökulmasta sähköautoihin liittyy vielä paljon epävarmuustekijöitä.
- Miten pitkälle autolla todellisuudessa pääsee on yksi keskeisimmistä kysymyksistä.
- Täyssähköautojen toimintamatka riittää kattamaan suurimpaan osaan päivittäisestä liikkumistarpeesta, mutta sähköauto ei vielä ole "yleisauto".
- Kattava pikalatausjärjestelmä tai plug-in hybriditekniikka tuovat lievennystä "range anxiety" ongelmaan.
- Sähköautopioneerit suhtautuvat sähköautoiluun tunteella, ja ovat valmiita tiettyihin uhrauksiin ja lisäkuluihin.
- Sähköautot lyövät itsensä kunnolla läpi siinä vaiheessa, kun ne saavat suuren massa hyväksynnän ja ovat hinnaltaan kilpailukykyisiä perinteisiin autoihin verrattuna.

13.1 Yleistä

Kuluttajat suhtautuvat yleensä varovaisuudella uuteen tekniikkaan. Sähköautoihin liittyy vielä paljon kysymysmerkkejä:

- Mikä on todellinen toimintamatka eri ajotilanteissa?
- Mitä tehdä, jos akku tyhjenee matkan aikana?
- Missä sähköauton voi ladata?
- Miten maksan autooni ladatun sähkön?
- Miten auto toimii pakkasessa ja miten auto pysyy lämpimänä?
- Miten auto toimii poikkeuksellisessa helteessä?
- Paljonko auto maksaa, ja onko hankintaan saatavissa tukea?
- Miten kauan akku kestää ja mitä maksaa akun mahdollinen uusiminen?
- Mikä on käytetyn sähköauton jälleenmyyntiarvo?
- Minkälaisen takuun valmistaja antaa sähköautolle?
- Mitkä ovat sähköauton kokonaiskustannukset verrattuna polttomoottoriautoon?
- Jos ostohetkellä sähköautolle myönnetään erilaisia etuisuuksia, niin kuinka kauan nämä etuisuudet ovat voimassa?
- Onko sähköauto turvallinen kolaritilanteessa?
- Kuka osaa huoltaa tai korjata sähköauton?

Yksityistaloudelle auton hankinta on aina iso asia, ja kestää varmaankin jonkin aikaa ennen kuin tavalliset kuluttajat ovat valmiita siirtymään sähköautoihin. Ruotsissa sähköautojen yhteishankinta "Elbilsupphandning" kohdistuukin tietyt kriteerit täyttäviin yrityksiin ja yhteisöihin. Renaultin kehittämä malli akkujen vuokrauksesta siirtää ainakin osan epävarmuustekijöistä kuluttajalta auton valmistajalle.

Useissa sähköautojen kokeiluhankkeissa mainitaan autojen käyttöprofiilien ja lataustottumusten selvittäminen. "Range anxiety" on varteen otettava ilmiö täyssähköautojen kohdalla. Nettikeskusteluissa väitetään jopa Chevrolet Volt/Opel Ampera plug-in hybridin kehittäneen GM:n keksineen termin vastaiskuna Nissanin Leaf täyssähköautolle.

Eri tahot ovat tehneet tutkimusta kuluttajien auton käytöstä ja odotuksista sähköautoille. Usein esitetään väittämä, että 100 km:n toimintamatka sähköautolle on täysin riittävä, koska ajomatkat ovat keskimäärin alle 20 km. Todellisuudessa lyhyen toimintamatkan omaava täyssähköauto on lähinnä perheen kakkosauto, tai sitten yritysauto, jota käytetään paikallisesti vakioiteilla. "Range anxiety" ongelma voidaan poistaa tai sitä voidaan lieventää eri tavoilla (vaihtoehdot toteutuksen aikataulun mukaisessa järjestyksessä):

- Kehitetään liikkumisen palvelukonsepteja
 - "tässä ja nyt"
 - kuluttaja ei välttämättä osta autoa vaan liikkumispalveluita
 - palvelun tarjoaja voi tarjota palvelua esim. sähköauton ja polttomoottoriauton yhdistelmällä
 - yksi mahdollisuus on, että sähköauton ostaja tarvitessaan saa polttomoottoriauton käyttönsä edullisesti
- Käytetään täyssähköautojen sijaan tai rinnalla plug-in hybridejä
 - "melkein tässä ja nyt"
- Rakennetaan kattava pikalatausjärjestelmä
 - aikajänne 5 vuotta
 - standardointi osittain kesken
- Kehitetään akkutekniikkaa tavoitteena toimintamatkan merkittävä pidentäminen
 - aikajänne 10 – 20 vuotta, kts. luku 5

Usein väitetään, että sähköautot mahdollistavat täysin uudet liikkumisen toimintamallit. Totuus lienee kuitenkin, että autojen yhteisomistus, car sharing tai autojen vuokraus voidaan yhtä hyvin toteuttaa myös polttomoottoriautoilla.

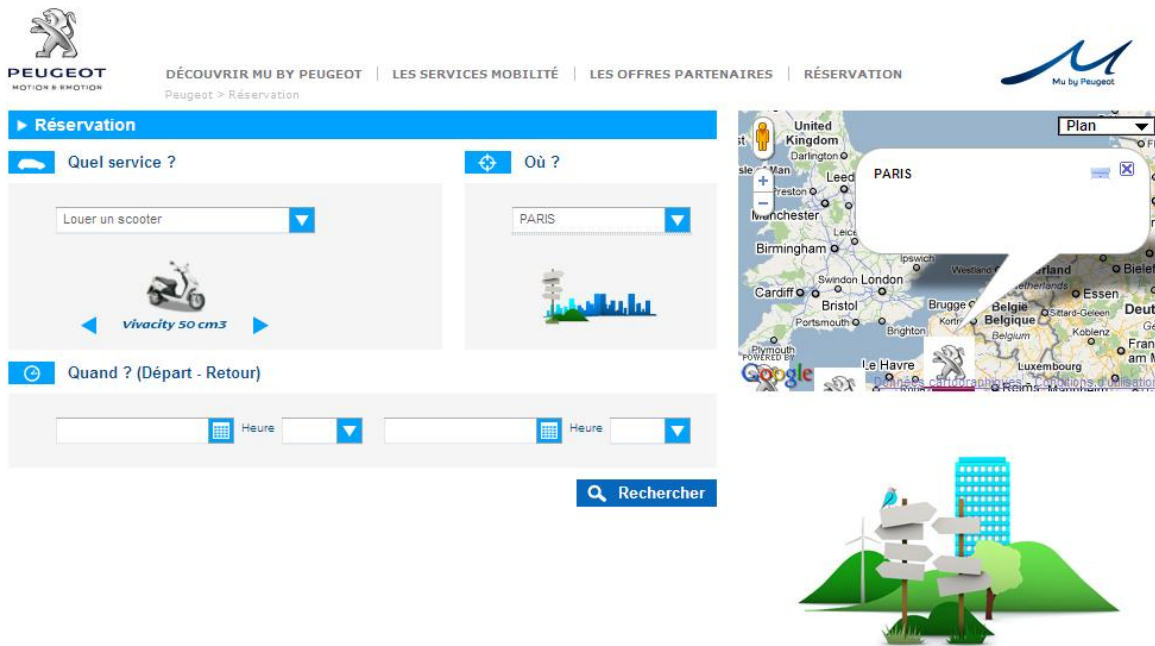
Peugeot on kehittänyt liikkumispalvelun (mobility service) nimeltä Mu. Mu:n kautta on mahdollista vuokrata erilaisia ajoneuvoja polkupyöristä tavara-autoihin. Mu:ta voivat käyttää myös ne, joilla ei ole omaa autoa. Kuvassa 13.1 on Mu:n varausjärjestelmä. Toistaiseksi järjestelmä toimii Ranskassa, mutta se tullaan ottamaan käyttöön myös muissa maissa. (Mu by Peugeot 2009)

Seuraavassa käsitellään pikalatauksen merkitystä ja esitetään yhteenvetoja eräistä sähköautoihin liittyvistä kuluttajatutkimuksista.

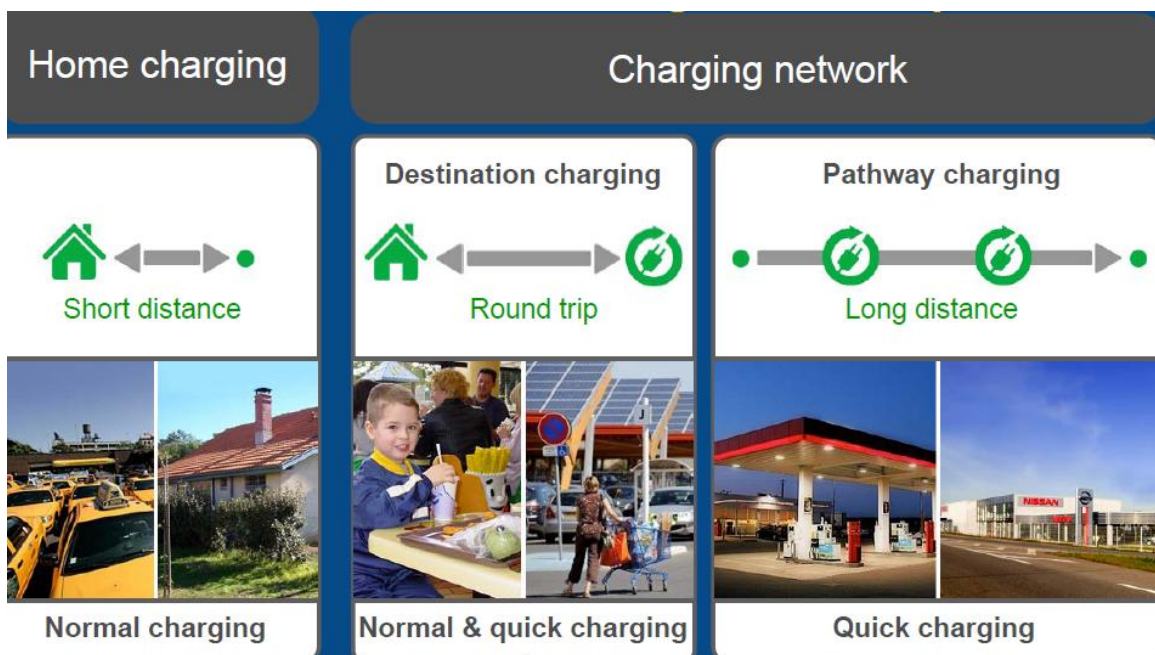
13.2 Pikalatauksen merkitys

Kuvassa 13.2 on havainnollistettu, miten lataustapa vaikuttaa täyssähköauton käyttöön. Jos autoa pystyy lataamaan vain kotona, toimintamatka jää lyhyeksi. Tilanne paranee, jos auto pystytään lataamaan vakioitein "molemmissa päissä", esim. työpaikalla tai ostoskeskuksessa. Destination charging (lataus määränpäässä) ei välttämättä edellytä pikalatausta. Jotta autolla voisi liikkua ilman rajoitteita, tarvitaan kattava pikalatausjärjestelmä. (esb 2009)

Jos tavanomaisessa polttomoottoriautossa on varakanisteri mukana, autoilija uskaltaa ajaa varsinaisen polttoainesäiliön normaalia tyhjemmäksi. Sähköautojen osalta pikalataus toimii eräänlaisena varakanisterina.



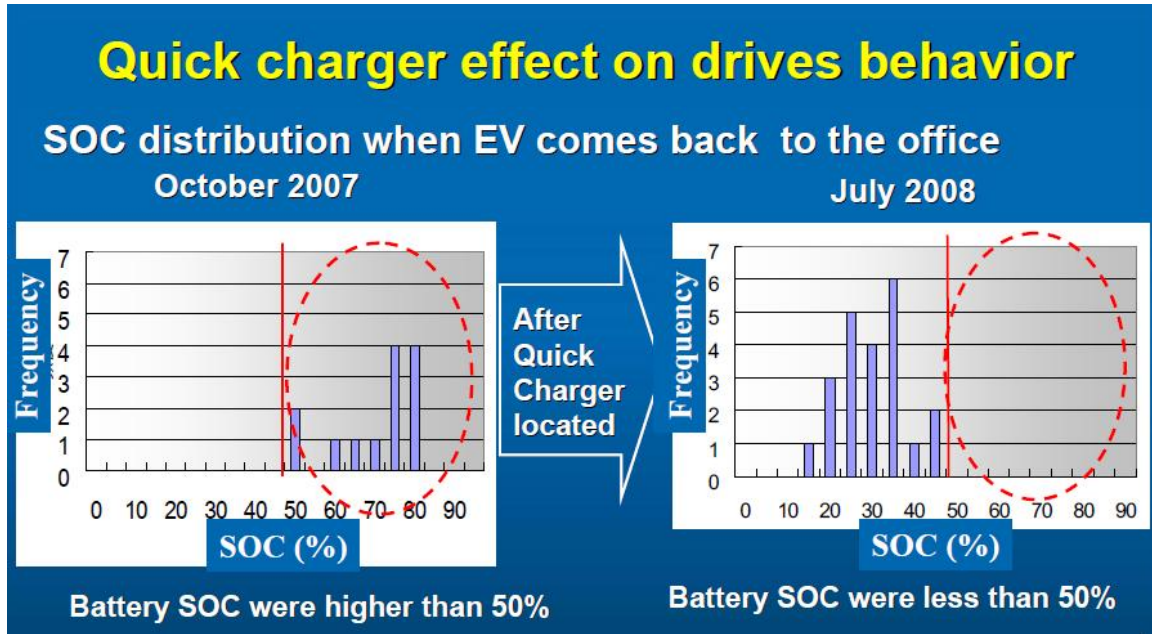
Kuva 13.1. Peugeot Mu (μ) ajoneuvojen varausjärjestelmä.
(<http://www.mu.peugeot.fr/reservation/>)



Kuva 13.2. Lataustavan vaikutus täyssähköauton käyttömahdollisuuksiin. (esb 2009)

Tokyo Electric Power Company (TEPCO, kts. 6.2.1) on tutkinut pikalatausmahdollisuuden olemassa olon vaikutuksia s hk autoilijoiden käyttäytymiseen. TEPCO:n henkilöllä on mahdollisuus käyttö sähköautoja. Kuvassa 13.3 on esitetty palautettujen sähköautojen akkujen varaustila ilman pikalatausmahdollisuutta ja tilanteessa, jossa oli mahdollisuus pikalatauksen käyttö. Ensin mainitussa tapauksessa akkujen varaustila oli keskim arin

selvästi yli 50 %, jälkimmäisessä selvästi alle 50 %. Jo tieto pikalatausmahdollisuuden olemassa olostu tuo varmuutta sähköautojen käyttäjille, ja akkukapasiteetti käytetään paremmin hyväksi (Anegawa 2009, Funakoshi 2010).



Kuva 13.3. Palautuvien täyssähköautojen varaustila ilman pikalatausta ja pikalatausmahdollisuuden ollessa käytettävissä. (Anegawa 2009)

EDF on omalta osaltaan arvioinut, että 95 % sähköautojen latauksista tapahtuu hitaalla latauksella ja vain 5 % nopealla latauksella. Tähän jakoon vaikuttaa EDF:n näkemys siitä, että vuonna 2020 2/3-osaa sähköautoista on plug-in hybridejä ja 1/3-osaa täyssähköautoja (Czerny 2010). Suuremmalla täyssähköautojen osuudella pikalatauksen tarve olisi suurempi.

13.3 Mini E User Study

Kohdassa 12.3.5 mainittiin BMW:n kenttäkoe 650:llä sähkö-Minillä. Kuluttajakäyttäytymisellä oli suuri painoarvo tässä hankkeessa. Autot tehtiin konvertoimalla niin, että akkupaketti vei takaistuimen ja myös tavaratilan. Autosta tuli siten kaksipaikkainen (kuva 13.4.). Akku oli isokokoinen (nimelliskapasiteetti 35 kWh, käytössä 29 kWh), ja tämän seurauksena toimintamatka käytännön ajossa oli melko pitkä, noin 180 km. Koeautot vuokrattiin valikoiduille käyttäjille. Euroopassa vuokra oli 400 €/kk, USA:ssa 800 USD/kk. (Schwalm 2010)

Kuluttajatutkimuksella haluttiin selvittää (Becker 2010)

- Ketkä olivat kiinnostuneita Mini E:stä, vuokraajien profiili?
- Mitä käyttäjät odottivat sähköautolta?
- Miten Mini E:tä käytettiin jokapäiväisessä ajossa?
- Miten autoja ladattiin ja mitkä tekijät pitää huomioida tulevaa latausinfrastruktuuria kehitettäessä?
- Mitä mieltä käyttäjät olivat Mini E:n ekologisuudesta?



Kuva 13.4. Mini E. (Schwalm 2010)

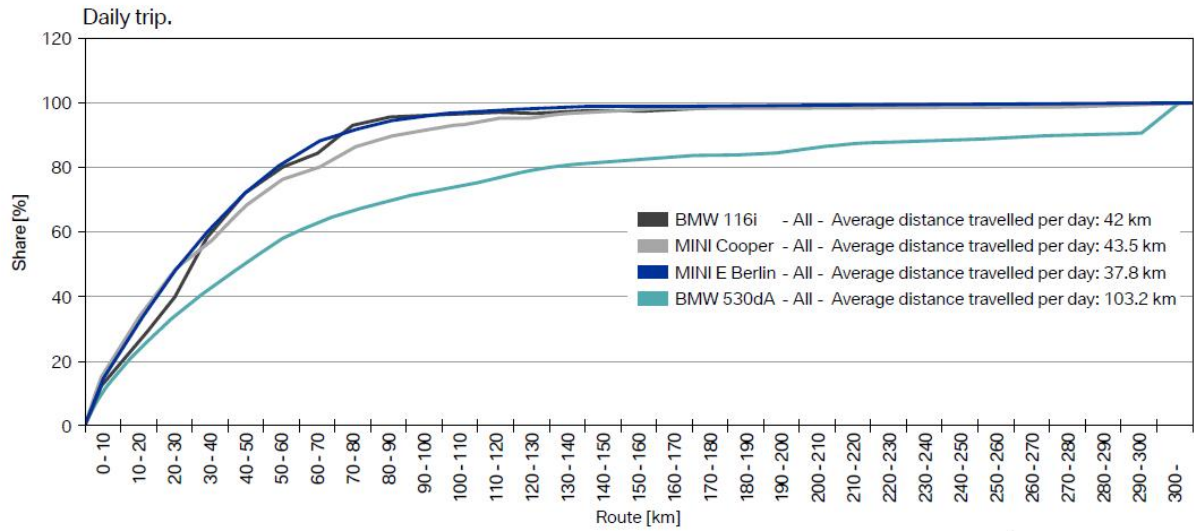
Syvällisimmät analyysit tehtiin Saksan noin 100 autosta. Schwalmin mukaan Mini E:n vuokranneet henkilöt olivat keskimäärin hyvin toimeen tulevia, akateemisen taustan omaavia omakotiasujia. Todennäköisesti vuokraajilla oli käytössään myös tavallinen auto. Koska lisäksi Mini E:n toimintamatka sähköllä on keskimääräistä pitempi (180 km), kaikki nämä tekijät yhdessä heikentävät tulosten yleisputevyyttä.

Ekologisuuden osalta vain 18 % osallistujista piti Saksan sähkön tuotantoa ekologisesti kestäväenä, ja 93 % haluaisi sähköautoissa käytettävän uusiutuvaa sähköä. (Becker 2010)

Kuvassa 13.5 on kuva ajosuoritteiden kertymistä erityyppisillä autoilla. Data on kerätty Berliinin alueelta. Tavallisella Minillä ja pienehköllä BMW 116:lla keskimääräinen päivittäinen ajomatka on hieman yli 40 km. Mini E:n keskimääräinen suorite oli 38 km, eli hyvin lähellä em. autoja. Päivittäinen ajosuorite kasvaa kuitenkin auton koon mukana. Mini E:stä ei ole BMW 530 dieselin korvaajaksi, koska jälkimmäisellä ajetaan jo keskimäärin yli 100 km päivässä.

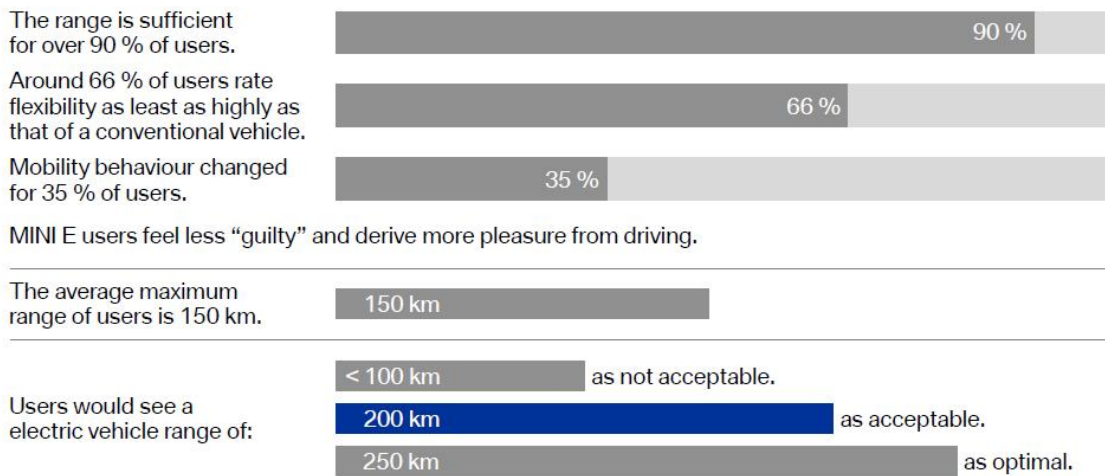
Mini E:n toimintamatkan riittävyyttä koskevan analyysin yhteenveto on kuvassa 13.6. Käyttäjistä 90 % piti toimintamatkaa riittävänä, 2/3-osaa auton joustavuutta riittävänä ja vain 1/3-osa ilmoitti muuttaneensa liikkumistottumuksiaan. Päivittäisen ajon maksimiarvon keskiarvo oli 150 km. Alle 100 km:n toimintamatkaa pidettiin riittämättömänä, 200 km:n toimintamatkaa hyväksyttävänä ja 250 km:n toimintamatkaa toivottavana. (Becker 2010)

Latausta koskevassa selvityksessä kävi ilmi, että auton ladattiin lähes poikkeuksetta kotiin asennetuista hitaan latauksen pisteistä (kuva 13.7). Osallistujista 56 % ei koskaan käyttänyt pikalatausta.



Kuva 13.5. Päivittäinen ajosuorite erityyppisillä autoilla. (Becker 2010)

Assessment of range in connection with everyday mobility.



Kuva 13.6. Analyysi Mini E:n toimintamatkan (180 km) riittävydestä. (Becker 2010)

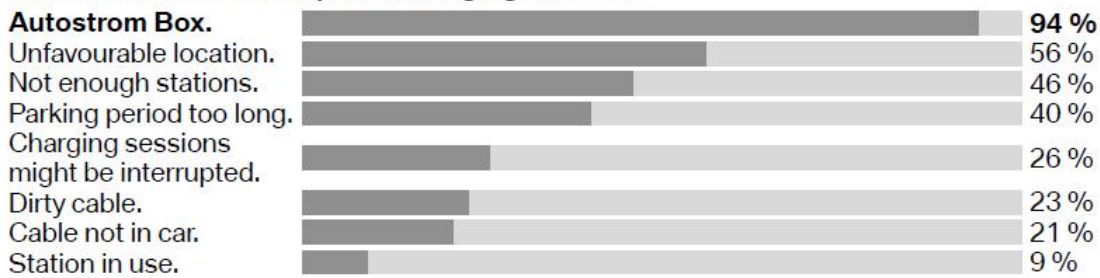
Charging - where do users charge the vehicle?

56 % of users have never used a public charging station.



They mainly use private Autostrom boxes.

Reasons for non-use of public charging stations:



Kuva 13.7. Latauskäyttäytyminen Berliinin Mini E –kokeilussa. (Becker 2010)

13.4 IEA HEV Market Deployment of Electric Vehicles

IEA:n hybridi- ja sähköautotutkimusohjelmalla (IEA HEV) on erityinen projekti (Annex) sähköautojen markkinoille saattamisesta ja kuluttajakäyttäytymisestä.

Kiinnostus sähköautoihin on vaihdellut viimeisten 20 vuoden aikana. Välillä kehitystä on ajanut regulaatio (Kalifornia, Ruotsi, Sveitsi), välillä teollisuus on nähnyt uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Tähän asti lukuisat pienet, kovalla innolla käynnistetyt, mutta sittemmin esim. rahoituksen puutteen takia kokoon kuivuneet hankkeet ovat dominoineet sähköautosektoria. Silloin tällöin on syntynyt teknisesti toimivia tuotteita, jotka eivät kuitenkaan ole vastanneet kuluttajien tarpeita. Hybridiautot sen sijaan ovat menestyneet myös kaupallisesti. Nyt tilanne on muuttumassa sähköautojenkin osalta, koska isot autonvalmistajat ryhtyvät tuottamaan kunnan auton oloisia ja näköisiä autoja. (IEA HEV Annex XIV)

IEA HEV:in projekti pyrkii vastaamaan mm. seuraaviin kysymyksiin:

- Mitkä aikaisemmin sähköautojen markkinoille tuomisesta saadut kokemukset ovat relevantteja uudessa tilanteessa?
- Mitkä kysymykset jäivät vastausta vaille aikaisemmissa vaiheissa?
- Millä valmistajilla on parhaat mahdollisuudet onnistua sähköautojen markkinoille tuomisessa: uudet, nollasta lähtevät mutta riittävä rahoituksen omaavat yritykset vai etabloituneet autonvalmistajat?
- Miten erilaiset ohjaus- ja edistämiskeinot vaikuttavat sähköautojen tuotekehitykseen ja markkinoille saattamiseen?
- Miten latausinfrastruktuurin kehittyminen vaikuttaa sähköautojen markkinoille tuloon?
- Miten riippuvuus kalliista ostokomponenteista, esim. akuista, vaikuttaa autonvalmistajien toimintaan?

- Ovatko tietyt sähköautoihin liittyvät edistykselliset ratkaisut kuten autojen pieni koko, kevytrakenneratkaisut ja kehittynyt elektroniikka liikaa konservatiiviselle autosektorille?
- Oliko aikaisempien epäonnistumisten syynä yksinkertaisesti se, että sähköauton ympäristöhyödyt eivät kuluttajien mielestä riittäneet kompensoimaan lyhyen toimintamatkan ja hankalan latauksen mukanaan tuomia haittoja?
- Vai oliko syynä se, että akut ja niiden koko haittasivat liikaa sähköautojen käyttökelpoisuutta, kuljetuskapasiteettia ja turvallisuutta?

HEV Annex XIV vetää professori Tom Turrentine, University of California, Davis. Annex XIV on vuosina 2007 – 2010 järjestänyt yhteensä 12 työpajaa sähköautojen markkinoille saattamisesta ja kuluttajien sähköautoiluun kohdistamista odotuksista. Työpajoja on järjestetty USA:ssa, Japanissa, Ruotsissa, Sveitsissä, Englannissa, Ranskassa ja Saksassa. Turrentinen mukaan kuluttajan näkökulmasta keskeisiä kysymyksiä ovat (Turrentine 2010):

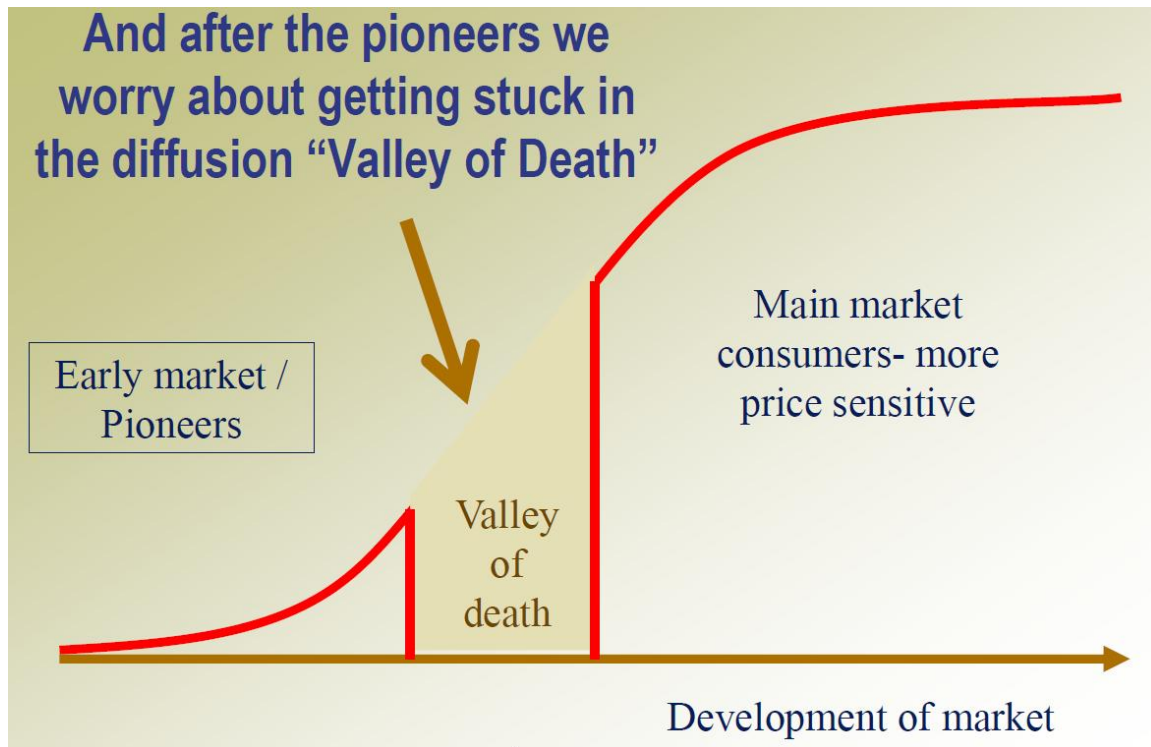
- toimintamatka
- turvallisuus
- akkujen kestävyys
- sähköautojen toimivuus kuumissa ja kylmissä olosuhteissa

Turrentinen mukaan "sähköautopioneerit" suhtautuvat usein tunteella autoihinsa:

- saavat hyvän olon tunteen sähköautolla ajamisesta
- valintatilanteessa käyttävät mieluummin sähköautoa kuin polttomoottoriautoa
- kiittävät autojen hyvää ja tasaista kiihtyvyyttä sekä helppoa ajettavuutta
- ovat valmiita maksamaan sähköautosta normaaliautoa enemmän

Laajojen käyttäjäjoukkojen saavuttaminen voi kuitenkin olla haastavaa. Turrentinen mukaan tavallinen kuluttajan tietämys sähköautoista on heikkoa. Vain noin neljännes amerikkalaisista ymmärtää sähköauton ja plug-in hybridin eron ja miten eri autotyypit tankataan.

Hyvät reaaliaikaista tietoa jäljellä olevasta toimintamatkasta ja lähellä olevista latauspai-koista tuottavat järjestelmät koetaan tärkeiksi kuluttajien luottamuksen voittamisessa. Kuvassa 13.8 on havainnollistettu haastetta siirryttäessä pioneerivaiheesta ja sähköautoihin sitoutuneista kuluttajista suuriin massoihin. Massoihin siirryttäessä myös hinnasta tulee kriittinen tekijä.



Kuva 13.8. Haasteet sähköautojen markkinoille tuomisessa. (Turrentine 2010)

Sähköautot Suomessa – mahdollisuudet ja haasteet

14. Suomen autokanta ja autojen käyttö

- Suomessa on liikenteessä noin 2,5 miljoonaa henkilöautoa.
- Vuonna 2010 rekisteröitiin noin 110.000 henkilöautoa, ja tällä rekisteröintitahdilla autokalusto vanhenee entisestään.
- ILPO edellyttäisi noin 8 %:n uusiutumismuutoksia (n. 200.000 uutta autoa vuodessa).
- Suomen sähköautokanta vuonna 2020 voisi alimmillaan olla noin 11.000 ja ylimmillään noin 140.000, todennäköisimmin noin 35.000 kappaletta.
- Henkilöautoilla ajetaan keskimäärin 16.500 km vuodessa tai noin 45 km päivässä.
- Noin 80 % päivittäisestä ajosuoritteesta on 50 km tai alle.
- Täyssähköautojen toimintamatka ylittää kaikissa tilanteissa henkilöautojen keskimääräisen päivittäisen ajosuoritteen.
- Täyssähköautolla ei kuitenkaan pystytä ajamaan kaikkia loma- ja mökkimatkoja.
- Pitkien välimatkojen Suomessa plug-in hybridi lienee useimmille täyssähköautoa käyttökelpoisempi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto.

14.1 Yleistä

Seuraavassa tarkastellaan Suomen autokantaa, polttoaineen kulutusta, suoritteita ja autojen käyttöä. Sähköautojen yleistymistä koskevista projektioista arvioidaan, mitä osuutta sähköautot voisivat edustaa Suomen tieliikenteen energian kulutuksesta ja ajosuoritteista.

14.2 Suomen autokanta ja henkilöautojen valinnan kriteerit

Manner-Suomessa vuonna 2010 autoja oli liikenteessä seuraavasti (TraFi 2011 a):

- henkilöautot 2.520.995 kpl
- pakettiautot 292.234 kpl
- kuorma-autot 97.203 kpl
- linja-autot 11.484 kpl
- erikoisautot 9.303 kpl
- yhteensä 2.931.219 kpl

Ajoneuvokannan luvut ovat hieman korkeammat (kokonaisluku 3.291.4349), koska lukuun sisältyvät myös ne ajoneuvot, jotka on merkitty liikennekäytöstä poistetuiksi.

Sähköautoja on rekisterissä arviolta vajaa 100 (joukossa vanhoja Elcat-autoja), ja maakaasuautoja arviolta vajaa 1000. Maakaasukäyttöiset (metaanikäyttöiset) henkilö- ja pakettiautot vapautettiin polttoainemaksusta vuonna 2004. Maakaasuautoista ei myöskään ole tarvinnut maksaa käyttövoimaveroa. Maakaasun ekvivalentti pumppuhinta on noin puolet bensiini pumppuhinnasta. Lisäksi CO₂-pohjainen autovero suosii maakaasuautoja, koska maakaasu antaa bensiiniä alhaisemmat CO₂-päästöt. Kaikesta tästä huolimatta maakaasukäyttöiset henkilöautot eivät ole tehneet läpimurtoa. Hidastavia tekijöitä ovat bensiiniautoja korkeampi hinta (keskimäärin 3000 - 4000 €) ja rajoitettu tankkaus-

verkosto. Maakaasukäyttöisissä henkilöautoissa tosin on kaksoispolttoainejärjestelmä, joka mahdollistaa ajon myös bensiinillä. Maakaasuautojen tapaus osoittaa, ettei uuden tekniikan markkinoille tulo käy hetkessä. Tästä voidaan ehkä tehdä joitakin arveluita siitä, miten nopeasti kuluttajat ottavat sähköautot omakseen.

Vuonna 2010 ensirekisteröitiin 111.867 henkilöautoa ja 11.045 pakettiautoa. Nämä ovat ne ajoneuvoluokat, joihin tuleva sähköautojen tarjonta ensisijaisesti kohdistuu. Henkilöautojen osalta lukumäärät ja käyttövoiman mukainen jakautuma olivat (TraFi 2011 b):

- bensiini 64.750 kpl (57,88 %)
- diesel 46.709 kpl (41,75 %)
- muu 408 kpl (esim. maakaasu, sähkö, osuus yhteensä 0,36 %)
- yhteensä 111.867 kpl

Tekniikan Maailma (TM) analysoi numerossa 2/2011 vuoden 2010 rekisteröintejä. TM:n tilastossa näkyvät ainakin seuraavat sähköautot (suluissa lukumäärät): Think (12), Micro-Vett (1) ja Tesla (1). (TM 2011)

Myydyimmät henkilöautomallit vuonna 2010 olivat Volkswagen Golf (6172 kpl) ja Skoda Octavia (5505 kpl). Molemmat kuuluvat ns. C-segmenttiin (alempi keskiluokka), ja useimpien malliversioiden hinnat sijoittuvat haarukkaan 20.000 – 25.000 €.

Lisäksi maahamme tuotiin vuonna 2010 yhteensä 30.141 käytettyä henkilöautoa, jotka eivät näy ensirekisteröintitilastossa (TraFi 2011 c). Näiden autojen keski-ikä on arviolta noin 9 vuotta. Käytettyjen autojen merkittävä tuonti hidastaa omalta osaltaan autokannan uudistumista.

Taulukossa 14.1 on henkilöautokannan ja käyttövoiman jakautuman kehitys vuosina 1999 - 2010. Kuvassa 14.1 on dieselautojen osuus ensirekisteröinneistä. Vuoden 2008 autoverouudistus nosti dieselhenkilöautojen osuuden n. 50 prosenttiin. Vuosina 2009 ja 2010 dieseleiden osuus on lähtenyt laskuun. Koko autokannassa osuus on noin 19 %. Kuvassa 14.2 on uusina rekisteröityjen henkilöautojen CO₂-päästöjen kehitys. Vuoden 2008 verouudistus käänsi päästöt selvään laskuun.

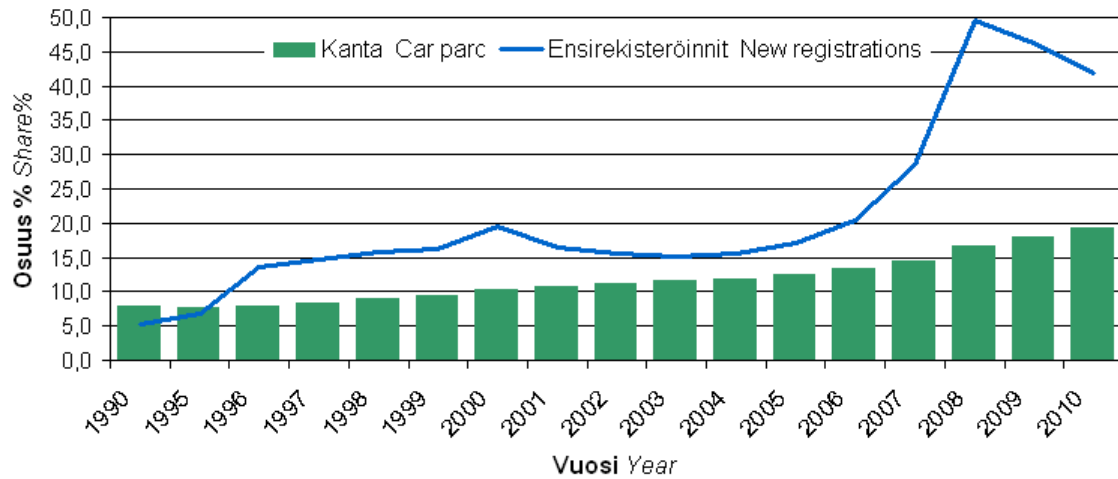
Suomessa on tehty useitakin tutkimuksia autojen valintaperusteista. Skogster (2010) siteeraa TNS Gallup –yrityksen vuoden 2009 tutkimusta. Vuonna 2009 valintakriteereissä pieni polttoaineen kulutus oli sijalla 4, edullinen hinta sijalla 11, matalat päästöarvot sijalla 17 ja ympäristöystävällisyys sijalla 20 (kuva 14.3). Hiilidioksidipäästöt ovat sidoksissa polttoaineen kulutukseen. Tutkimuksen tulokset viittaavat kuitenkin siihen, että polttoaineen kulutus mielletään enemmänkin kustannustekijänä kuin ympäristötekijänä.

Korhonen (2010) puolestaan siteeraa saksalaista tutkimusta sähköautoista, jossa kysyttiin sekä maksuhalukkuutta että vaatimuksia toimintamatkasta (taulukko 14.2). Vastaa- jista 84 % olisivat valmiita maksamaan sähköautosta enimmillään 0 - 10 % lisää. 10 % em. Golf/Octavia –tapauksessa tarkoittaisi enimmillään noin 2500 €. 32 % vastaajista tyytyisi toimintamatkaan, joka on minimissään 200 km.

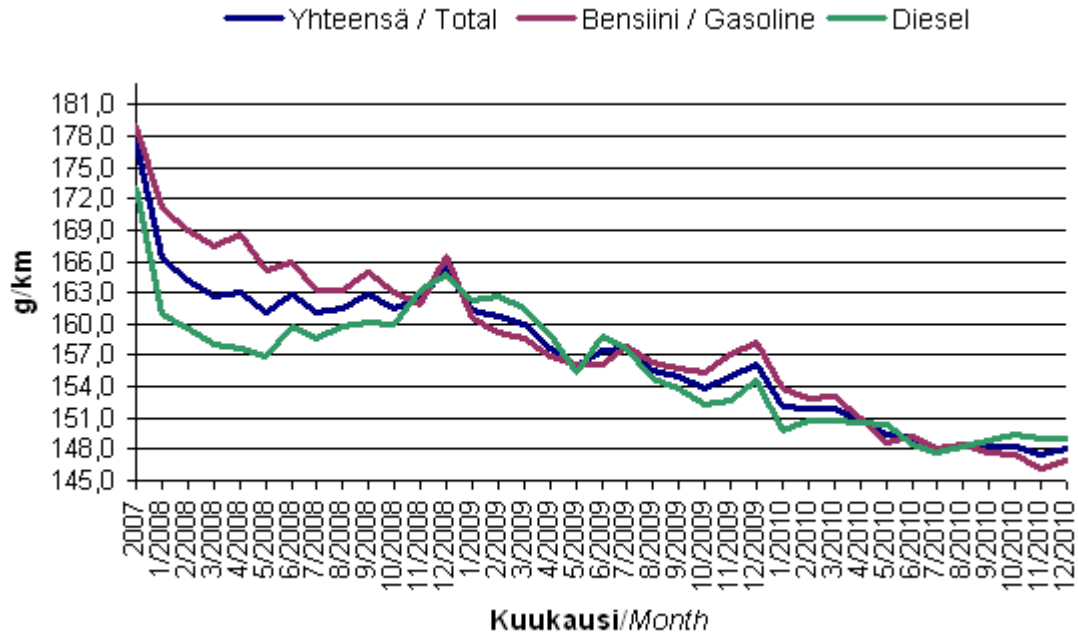
Taulukko 14.1. Henkilöautokannan käyttövoiman jakautuma Luvut ovat autokannalle. (Autoalan tiedotuskeskus 2011)

	<u>Bensiini</u>	<u>Osuus</u>	<u>Diesel</u>	<u>Osuus</u>	<u>Sähkö</u>	<u>Osuus</u>	<u>Muu</u>	<u>Osuus</u>	<u>Yhteensä</u>
	<i>Petrol</i>	<i>Share</i>	<i>Diesel</i>	<i>Share</i>	<i>Electric</i>	<i>Share</i>	<i>Other</i>	<i>Share</i>	<i>Total</i>
1999	1 871 860	90,5	196 281	9,5			914	0,04	2 069 055
2000	1 901 943	89,7	218 128	10,3			678	0,03	2 120 749
2001	1 915 576	89,3	230 157	10,7			510	0,02	2 146 243
2002	1 936 940	88,8	242 710	11,1			375	0,02	2 180 025
2003	1 995 049	88,3	264 071	11,7			263	0,01	2 259 383
2004	2 056 949	88,2	274 040	11,8			201	0,01	2 331 190
2005	2 113 042	87,5	301 283	12,5			152	0,01	2 414 477
2006	2 157 205	86,7	331 882	13,3			200	0,01	2 489 287
2007	2 183 655	85,5	369 855	14,5			46	0,00	2 553 556
2008	2 235 642	83,3	446 815	16,7	9	0,00	365	0,01	2 682 831
2009	2 263 278	82,1	494 463	17,9	17	0,00	533	0,02	2 758 291
2010	2 302 328	80,6	554 851	19,4	34	0,00	1 031	0,04	2 858 244

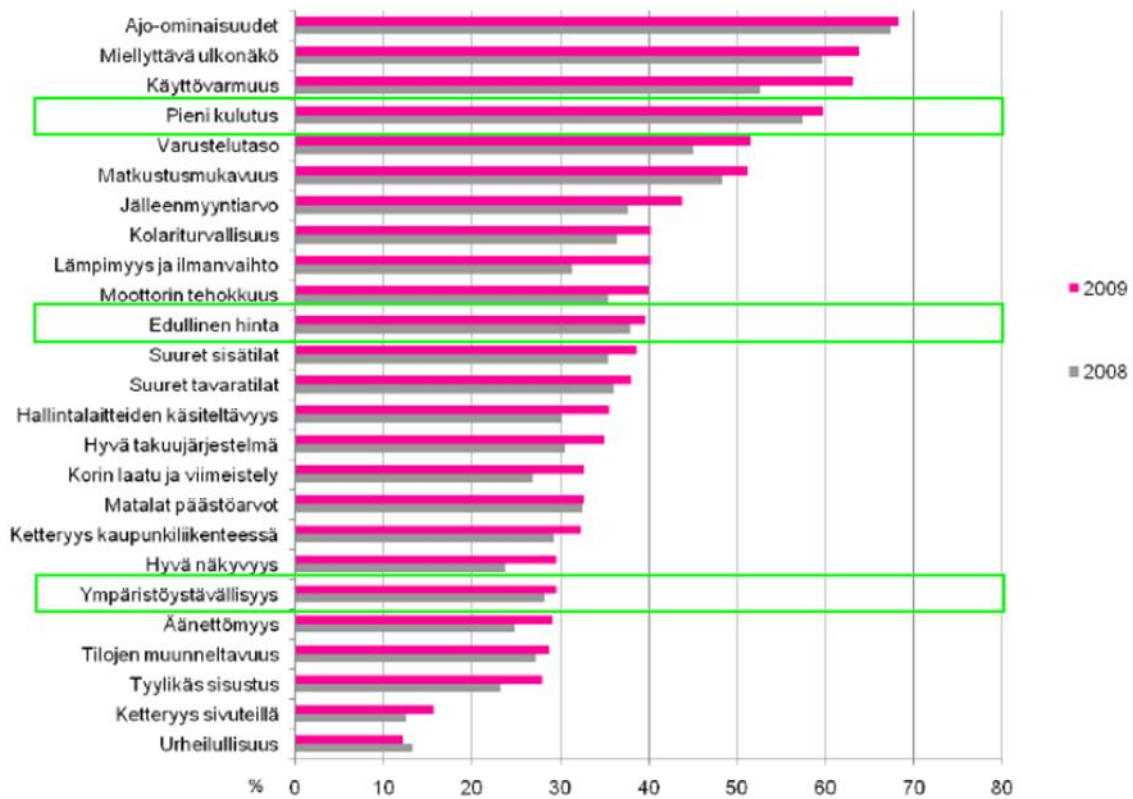
Dieselautojen osuus henkilöautokannasta ja ensirekisteröinneistä



Kuva 14.1. Dieselhenkilöautojen osuus henkilöautokannassa ja ensirekisteröinneissä. (Autoalan tiedotuskeskus 2011)



Kuva 14.2. Uusien henkilöautojen CO₂-päästöjen kehittyminen. (Autoalan tiedotuskeskus 2011)



Kuva 14.3. Henkilöauton valintakriteerit. Alkuperäinen aineisto TSN Gallup. (Skogster 2010)

Taulukko 14.2. Syyskuussa 2009 tehty saksalaiskysely sähköautoista. Alkuperäinen ai-neisto Handelsblatt/TNS Infratest. (Korhonen 2010)

Kuinka paljon olet valmis maksamaan lisähintaa sähkökäyttöisyydestä?		Paljonko sähköauton "tankkausvälin" on vähintään oltava?	
En yhtään	12%	100 km	16%
Alle 5%	35%	200 km	16%
Alle 10%	37%	300 km	23%
Alle 15%	6%	400 km	12%
Yli 15%	8%	500 km	29%

14.3 Sähköautojen lukumäärän mahdollinen kehitys

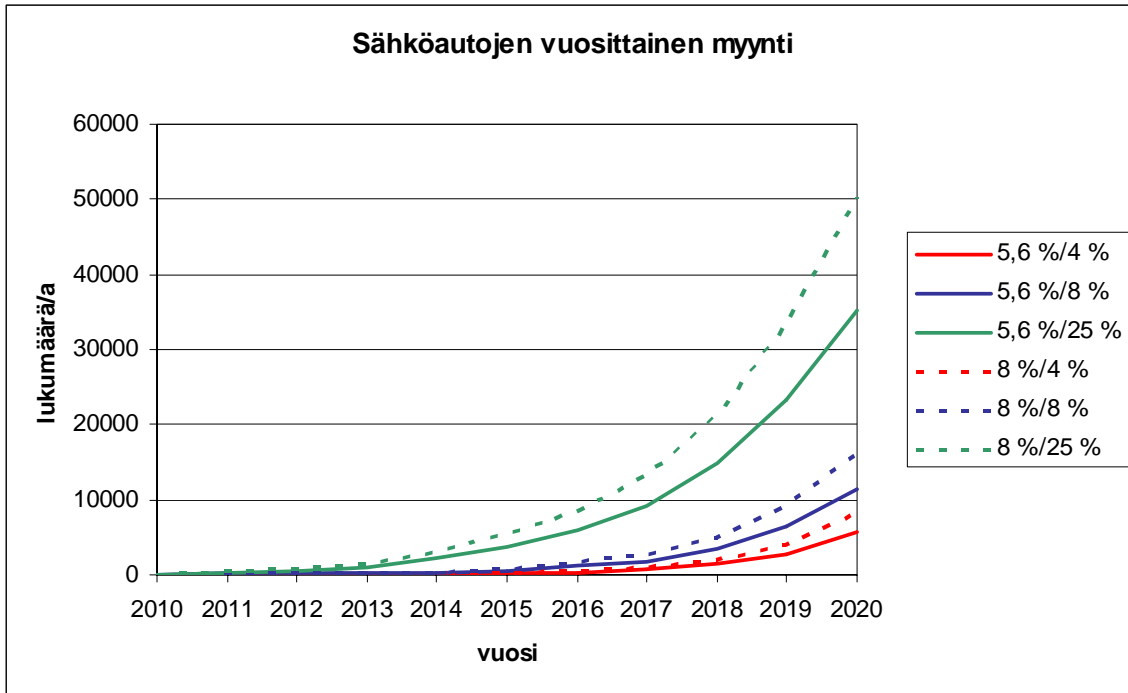
Suomessa autojen romutusikä on noin 18 vuotta (Suomen ympäristökeskus 2008). Uusiutumisasasteena 18 vuoden romutusikä on 5,6 %. Vuoden 2010 lukujen mukaan liikenteessä olevien henkilöautojen uusiutumisaste oli 4,4 %, eli kaluston keski-ikä on itse asiassa kasvussa. Liikenne- ja viestintäministeriön ILPO-ohjelmassa henkilöautokaluston uusiutumisen tavoitteeksi on asetettu 8 % (ILPO). Sähköautojen mahdollinen osuus vuoden 2020 ajoneuvokannassa riippuu toisaalta kaluston uusiutumisen nopeudesta ja toisaalta sähköautojen myyntiosuudesta. Taulukossa 11.1 on yhteenveto sähköautojen markkinaosuuksia koskevista ennusteista vuodelle 2020. Ennusteiden keskiarvo on noin 8 %.

Kuvissa 14.4 (vuosittainen myynti) ja 14.5 (kannan kehitys) on yksinkertaistettu tarkastelu siitä, miten sähköautot voisivat yleistyä Suomessa. Tarkastelu on tehty seuraavilla olettamuksilla:

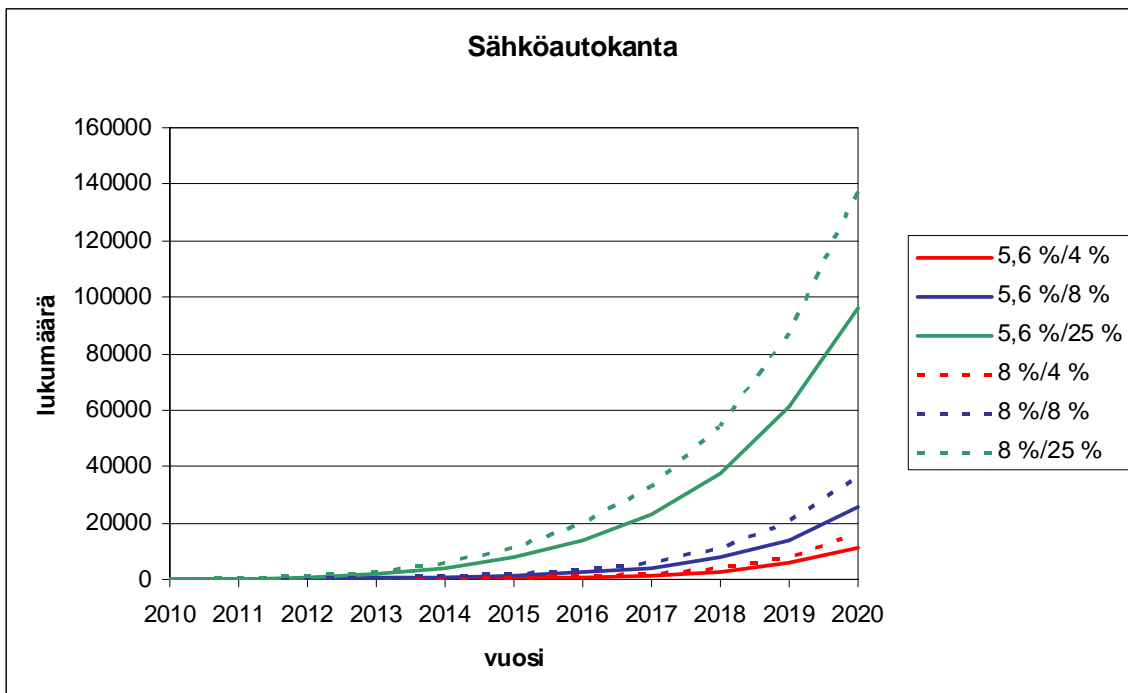
- henkilöautokanta 2.520.995 kpl (ei kasva)
- henkilöautokaluston uusiutumisnopeus 5,6 % (kaluston keski-ikä ei muutu) ja 8 % (kaluston keski-ikä laskee, ILPO-tavoite)
- tarkastelussa ei huomioida käytettyinä maahan tuotavia autoja
- sähköautojen osuus myynnistä 2020 4 % (hidas kehitys), 8 % (arviot keskimäärin) ja 25 % (erittäin nopea kehitys)
- tarjonnan kehittymisen profiilit sovitettu likimäärin vastaamaan kuvan 11.4 käyrien muotoa (Frost & Sullivan)
- tarkastelussa ei oteta kantaa täyssähköautojen ja plug-in hybridien suhteeseen

Bain & Company'n (2010) "keskitien" ennuste vuodelle 2020 on 25 %. Työ- ja elinkeinoministeriön vuoden 2009 "Sähköajoneuvot Suomessa" työryhmän mietinnössä tavoitteeksi Suomen osalta asetettiin, että vuonna 2020 25 % myytävistä henkilöautoista on verkosta ladattavia, ja näistä 40 % (eli 10 % kaikista) on täyssähköautoja (Sähköajoneuvot Suomessa 2009). 25 %:n osuutta voitaneen pitää ehdottomana maksimiskenaariona.

Näin tarkasteltuna Suomen sähköautokanta vuonna 2020 on 11.000 – 140.000 kappaletta. 8 %:n "keskiarvoskenaarion" mukaan sähköautokanta on 25.000 – 36.000 kappaletta. Prosenttilukuina ääripäät ovat 0,5 – 6 %, ja keskiarvoskenaarion mukaan 1 – 1,5 %.



Kuva 14.4. Sähköautojen mahdollinen myynnin kehitys Suomessa.



Kuva 14.5. Sähköautokannan mahdollinen kehittyminen Suomessa.

14.4 Liikennepolttoaineiden kulutus ja ajoneuvojen suoritteet

Liikennepolttoaineiden myynti vuonna 2009 oli seuraava (ÖKL 2011):

- moottoribensiini 2.285349 m³/1.714.012 tonnia
- dieselöljy 2.575.972 m³/2.176.697 tonnia
- yhteensä 3.890.709 tonnia

Näistä määristä valtaosa käytetään tieliikenteessä, ja pienempiä määriä esim. erilaisissa työkoneissa ja veneissä. Maakaasun liikennekäyttöä ei tilastoida erikseen. Gasumin ilmoituksen mukaan liikennekaasun kulutus on noin 5 miljoonaa Nm³, vastaten energiamäärältään n. 5 miljoonaa litraa dieselpolttoainetta, joka taas on noin 0,2 % dieselpolttoaineen kulutuksesta.

VTT:n LIISA 2009 laskentajärjestelmä laskee päästöjä ja polttoaineen kulutusta tieliikenteelle. LIISA erittelee henkilöautot, pakettiautot, linja-autot ja kuorma-autot, ja tietyissä ajoneuvoluokissa on vielä alaryhmiä (LIISA 2009). Polttoaineiden kokonaismäärä perustuu ÖKL:n lukuihin. LIISA:n arvion mukaan 7,4 % bensiinistä (n. 137.000 tonnia) kulutetaan muualla kuin tieliikenteessä. Dieselajoneuvojen välinen kulutussuhde perustuu tutkimustiedon puuttuessa paljolti arvioon. LIISA:n arvio tieliikenteen vuoden 2009 polttoaineiden kulutuksen jakautumasta on seuraava (suluissa prosentiosuus yhteenlasketuista tonnimääristä):

- henkilöautot 2.324.734 tonnia (61,9 %)
- pakettiautot 376.374 tonnia (10,0 %)
- linja-autot 157.692 tonnia (4,2 %)
- kuorma-autot 860.973 tonnia (22,9 %)
- moottoripyörät ja mopot 33.828 tonnia (0,9 %)
- yhteenlaskettu tieliikenteen polttoainemäärä 3.753.600 tonnia

LIISA:n luvuista voidaan johtaa seuraava jakauma henkilöautojen bensiinin ja dieselöljyn kulutukselle:

- bensiini 1.553.347 tonnia (66,8 %)
- diesel 771.387 tonnia (33,2 %)

Autoalan tiedotuskeskus ilmoittaa Liikenneviraston lukuihin perustuen henkilöautojen keskimääräiseksi ajosuoritteeksi 16.500 km/a vuonna 2009. Tähän keskiarvoon päästään seuraavilla olettamuksilla:

- Bensiiniautot:
 - polttoaineen kulutus 7,9 l/100 km
 - keskimääräinen suorite 13.400 km/a
 - keskimääräinen suorite 37 km/päivä
- Dieselautot:
 - polttoaineen kulutus 6,9 l/100 km
 - keskimääräinen suorite 30.500 km/a
 - keskimääräinen suorite 84 km/päivä

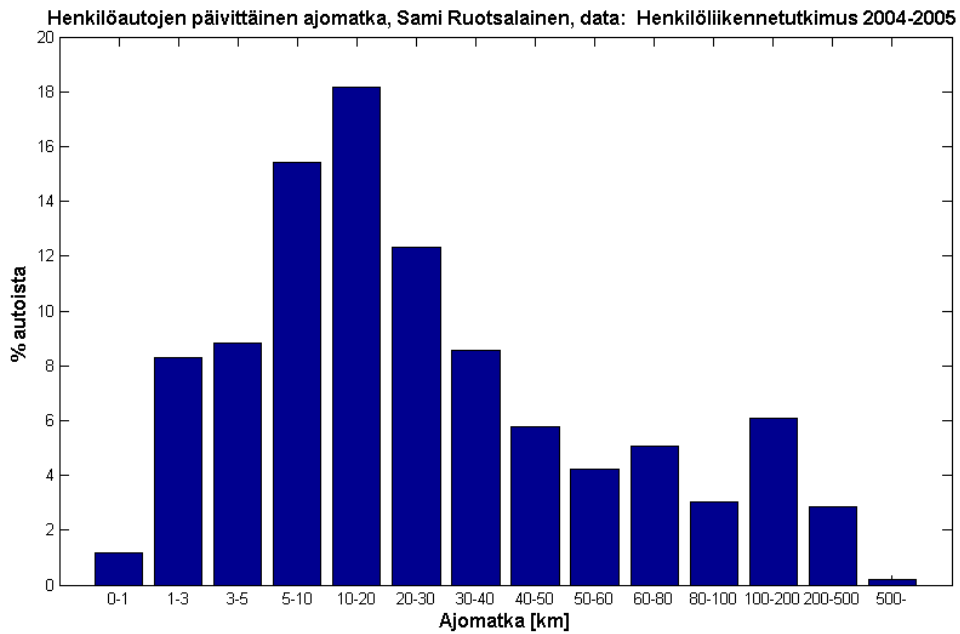
Ym. luvuista henkilöautokaluston keskimääräiseksi CO₂-päästökseksi tulee n. 180 g/km, mikä vastaa ILPO:ssa esitettyä arviota.

Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus toteutetaan kuuden vuoden välein. Uusin tutkimus on vuosilta 2004 – 2005. Seuraava tehdään 2010 – 2011. Taulukossa 14.3 on kotimaassa ja ulkomailla tehtyjen päivittäisten matkojen matkaluvut, keskipituudet ja suoritteet kulkutavan mukaan. (HLT 2004-2005)

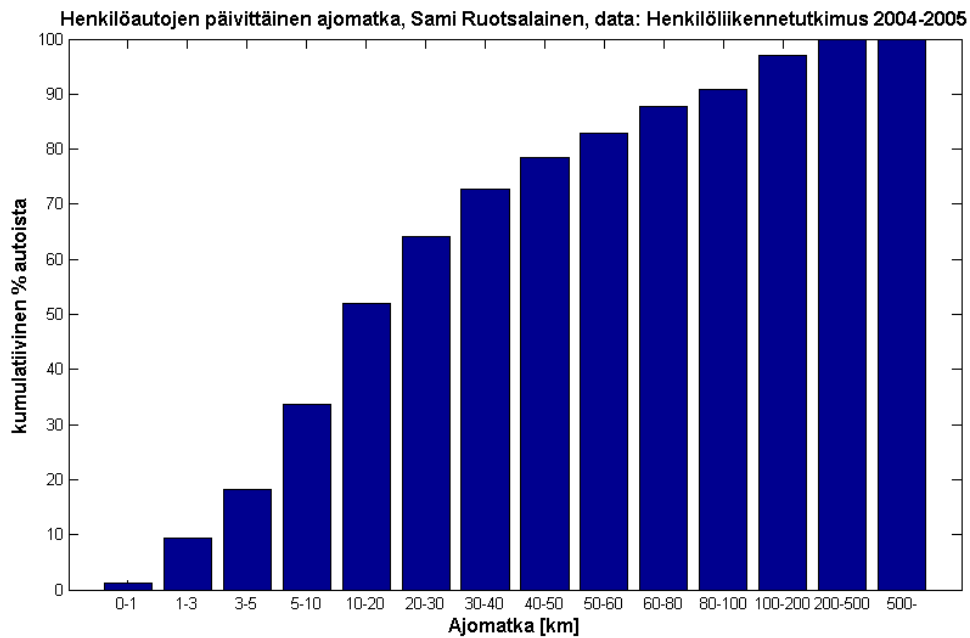
Taulukko 14.3. Kotimaassa ja ulkomailla tehtyjen päivittäisten matkojen matkaluvut, keskipituudet ja suoritteet pääasiallisen kulkutavan mukaan jaoteltuna. (HLT 2004-2005)

pääkulkutapa	keskimääräinen matkaluku (matkaa/hlö/vrk)	matkan keskipituus (km/matka)	vuorokauden matkasuorite (km/hlö/vrk)	keskimääräinen matka-aika (min/matka)	vuorokauden matka-aika (min/hlö/vrk)
jalankulku	0,644	1,9	1,2	26,7	17,2
polkupyörä	0,268	3,0	0,8	17,3	4,6
muu kevyt	0,014	8,3	0,1	40,0	0,6
<i>kevyt liikenne yhteensä</i>	<i>0,925</i>	<i>2,3</i>	<i>2,1</i>	<i>24,1</i>	<i>22,3</i>
henkilöauto kuljettaja	1,236	17,5	21,6	21,0	26,0
henkilöauto matkustaja	0,430	24,9	10,7	28,5	12,2
<i>henkilöauto yhteensä</i>	<i>1,666</i>	<i>19,4</i>	<i>32,3</i>	<i>22,9</i>	<i>38,2</i>
<i>muu yksityinen</i>	<i>0,061</i>	<i>28,8</i>	<i>1,8</i>	<i>33,5</i>	<i>2,0</i>
linja-auto	0,139	22,6	3,1	44,9	6,2
juna	0,030	63,8	1,9	76,5	2,3
raitiovaunu ja metro	0,034	8,7	0,3	31,1	1,1
taksi	0,024	11,9	0,3	20,8	0,5
lentoliikenne	0,003	1849,7	5,5	369,6	1,1
lauttaliikenne ja muu	0,005	175,6	0,9	385,1	1,9
<i>julkinen liikenne</i>	<i>0,234</i>	<i>51,1</i>	<i>12,0</i>	<i>55,9</i>	<i>13,1</i>
Kaikki	2,887	16,7	48,2	26,2	75,7

Sami Ruotsalainen (2010) on käsitellyt henkilöliikennetutkimuksen dataa, ja tehnyt analyysin yksittäisen auton käytöstä. Kuvassa 14.6 on Ruotsalaisen tekemä kuva henkilöautojen päivittäisen ajomatkan jakaumasta ja kuvassa 14.7 on kumulatiivinen ajomatka-kauma. Ruotsalaisen HLT:n dataan perustuvan analyysin mukaan henkilöautojen keskimääräinen päiväsuorite on noin 40 km. Ruotsalainen on tehnyt analyysinsä auton pääkäyttäjän suoritteiden mukaan. Yllä olevasta Autoalan tiedotuskeskuksen luvusta 16.500 km vuodessa päiväsuoritteeksi tulee n. 45 km. Arvioiden suuruusluokka on sama, ja ero selittyy sillä, että autolla saattaa olla useampi kuljettaja. Noin 80 % päivittäisestä ajosta on 50 km tai alle. Suomessa matkojen pituus vastaa kohtuullisen hyvin Saksan tilannetta (kts. kuva 13.5).



Kuva 14.6. Henkilöautojen päivittäisen ajosuoritteiden jakauma. Kuva Sami Ruotsalainen, data HLT 2004-2005.



Kuva 14.7. Kumulatiivinen ajomatkaajakauma. Kuva Sami Ruotsalainen, data HLT 2004-2005.

14.5 Sähköautojen toimintamatkan riittävyys

Täyssähköautolle ilmoitettu toimintamatka on tyypillisesti 130 – 160 km. Kylmät olosuhteet ja lämmityslaitteen käyttö lyhentävät ajomatkan pahimmillaan alle puoleen valmistajan ilmoittamasta arvosta (kts. luku 9). Täyssähköautojen toimintamatka lyhyimmilläänkin (n. 65 km) on suurempi kuin henkilöautojen keskimääräinen päivittäinen ajosuorite Suomessa. Sähköauton 65 km:n ajomatka kattaa suuruusluokkaisesti 85 % päivittäisestä henkilöauton käytöstä. Jos sähköauto voidaan ladata esim. työpaikalla päivän aikana, sähköauton käytettävyyttä paranee entisestään.

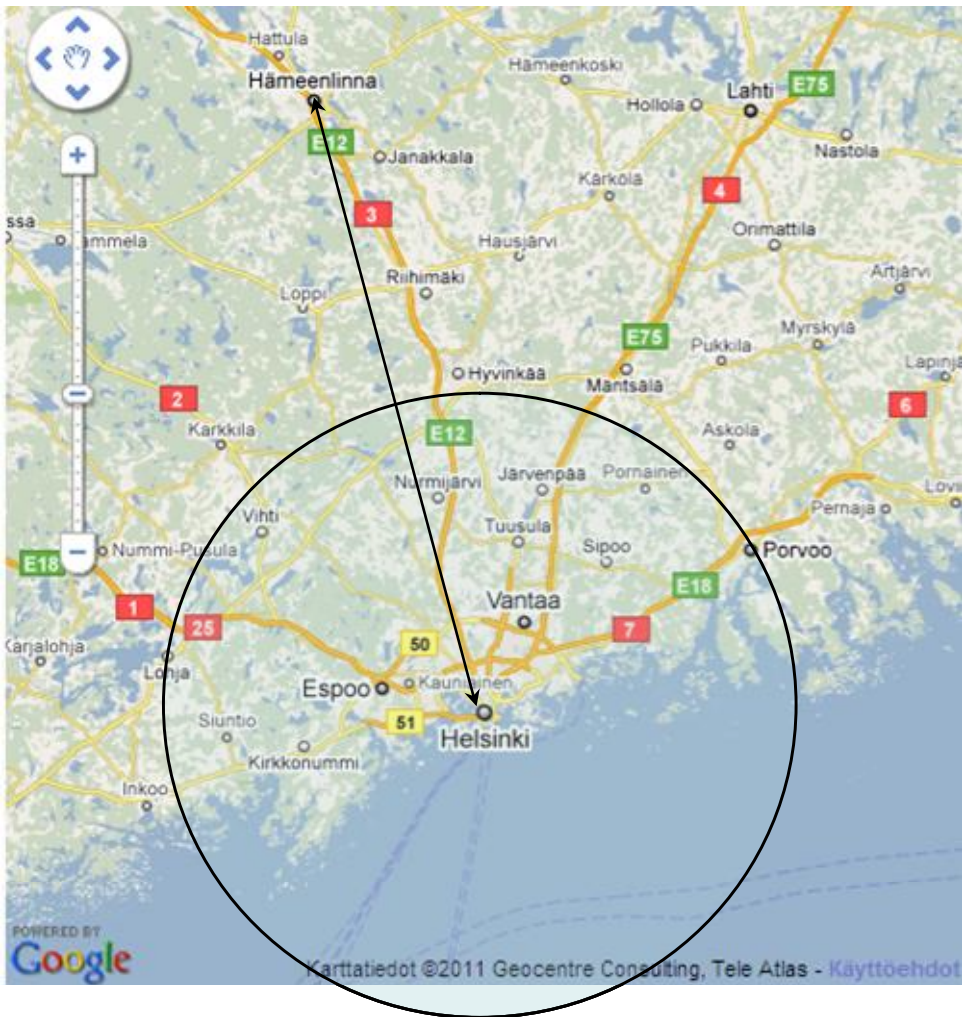
Autot, jotka ovat tuotantokäytössä esim. postiajossa tai jakeluajossa noudattavat pääsääntöisesti vakioreittejä. Näiden autojen osalta on suhteellisen helppo arvioida sähköauton toimintamatkan riittävyttä. Yksittäinen kuluttaja ei kuitenkaan pysty tekemään auton valintaa keskimääräisyyksien perustella, jos sähköautolla mökkimatkat tai vierailut sukulaisten luona jäävät tekemättä. HLT:n mukaan mökkimatkan pituus yhteen suuntaan on keskimäärin 58 km.

Sähköauton hyöty jää vähäiseksi siinä tapauksessa, ettei se pysty korvaamaan polttomoottoriautoa, vaan hankitaan kakkosautoksi polttomoottoriauton rinnalle. Toinen mahdollisuus on luvussa 13 mainitut vuokrausjärjestelyt: sähköauto on ykkösauto ja polttomoottoriauto vuokrataan tarvittaessa.

Ajomatka vaihtelee myös maantieteellisesti. Pääkaupunkiseudulla, missä lisäksi on kattava joukkoliikennejärjestelmä, keskimääräinen henkilöautomatkan pituus on lyhyempi kuin maakunnassa. Toisin sanoen täyssähköauto palvelee parhaiten niitä alueita, joilla on toimiva joukkoliikennejärjestelmä.

Kuvissa 14.8 (pääkaupunkiseutu) ja 14.9 (Kajaani) on tarkasteltu sähköauton todellista 100 km:n toimintamatkaa. Pääkaupunkiseudun osalta on piirretty ympyrä säteeltään 50 km. Ympyrän keskipiste on sijoitettu Helsingin keskustaan. Tämän mukaan sähköautolla voisi aja yhdensuuntaisen matkan Lohjalta Porvooseen tai Helsingistä Hämeenlinnaan. Vaihtoehtoisesti Helsingin keskustasta voisi tehdä edestakaisen matkan Siuntioon, Lohjalle, Vihtiin, Nurmijärvelle, Järvenpään tai Porvooseen.

Kajaanin tapauksessa sähköautolla voisi tehdä yhdensuuntaisen matkan Pyhännälle, Vaalaaan, Puolangalle tai Hyrynsalmelle. Edestakainen matka onnistuisi Paltamoon, Ristijärvelle ja Sotkamoon.



Kuva 14.8. 100 km:n toimintamatkan kattavuus pääkaupunkiseudulla. Kartta Google Maps.

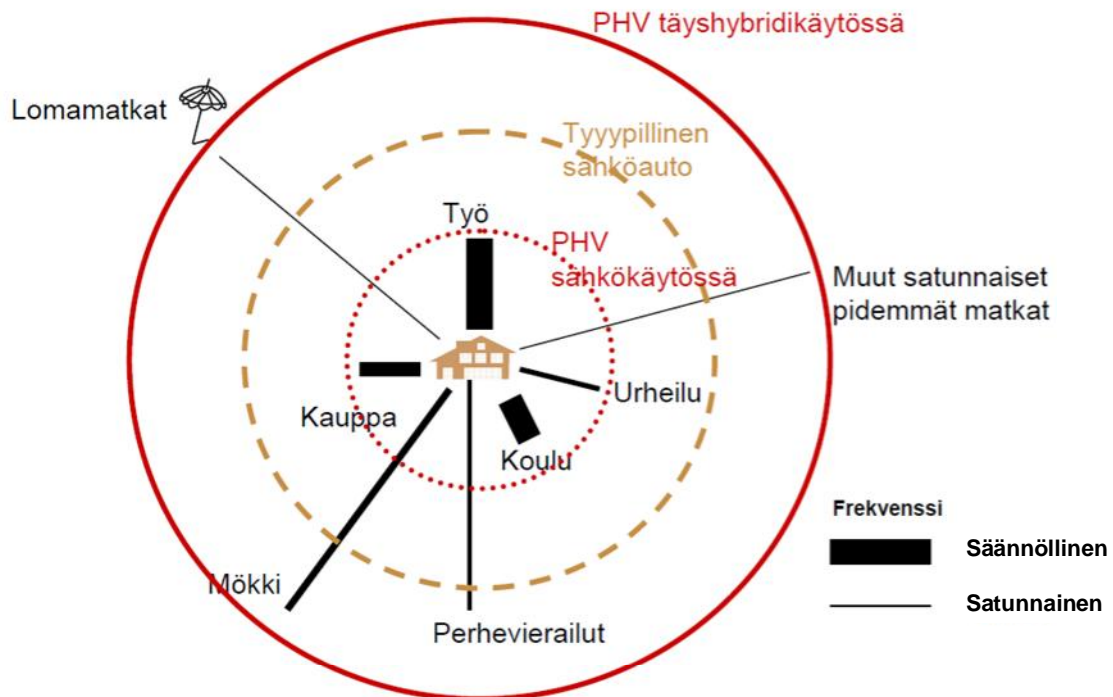


Kuva 14.9. 100 km:n toimintamatkan kattavuus Kajaanin seudulla. Kartta Google Maps.

Plug-in hybridien suuri etu on, että autotyyppi voi toimia perheen ainoana autonä. Esim. Opel Ampera ylittää keskimääräiseen päivittäiseen ajosuoritteeseen (n. 40 km) pelkällä sähköllä. Akun tyhjennettyä matkaa jatkaa polttomoottorikäyttöisen generaattorin avulla. Toyota Prius plug-in hybridin sähköinen ajomatka on 20 km. Kuvan 14.7 perusteella tämäkin suhteellisen vaatimaton matka riittää noin 50 %:iin päivittäisestä ajosta. Täyssähköautoja pienempi akku merkitsee myös pienempiä hankintakustannuksia.

Skogster (2010) on havainnollistanut eri autotyyppien toimintamatkoja (kuva 14.10). Pitkien etäisyyksien Suomessa plug-in hybridi lienee perheikäytössä täyssähköautoa käyttökelpoisempi vaihtoehto.

Ajomatkojen vertailua



Kuva 14.10. Eri autotyyppien ajomatkojen vertailua. (Skogster 2010)

15. Sähköautoihin liittyvät selvitys- ja kehityshankkeet

- TEM asetti vuonna 2009 työryhmän "Sähköajoneuvot Suomessa".
- TEM:in asettama työryhmä mietti sähköajoneuvoja lähinnä elinkeinopolitiikan näkökulmasta, mutta sisällytti mietintöönsä myös määrällisiä tavoitteita sähköautoille (25 % uusista autoista vuonna 2020).
- TEM:in työryhmän mietintöä seurasi Swot Consultingin selvitys liiketoimintapotentiaaleista.
- Finpro on selvittänyt sähköajoneuvojen ja niiden komponenttien vientimahdollisuuksia.
- Tekes päätti joulukuussa 2010 käynnistää sähköajoneuvo-ohjelman, johon sisältyy demonstraatioita ja pilotointia.
- Tammikuussa 2011 allekirjoitettiin useiden toimijoiden toimesta tahdonilmaus sähköisen liikenteen ja siihen liittyvän liiketoiminnan konkreettisesta edistämisestä Suomessa.
- Useat kaupungit osoittavat mielenkiintoa sähköautoihin.

15.1 Yleistä

Suomessa sähköajoneuvoista on tehty erilaisia selvityshankkeita. Selvityshankkeiden pääpaino on ollut elinkeinopolitiikassa ja liiketoimintamahdollisuuksissa. Selvityksissä on tarkasteltu sähköajoneuvoja laajemminkin tarkoittaen että autojen lisäksi on huomioitu myös työkoneet. Elinkeinopolitiikan osalta tämä onkin järkevä lähestymistapa, koska työkoneiteollisuus on Suomessa merkittävämpi teollisuuden haara kuin tieliikenneajoneuvojen valmistus. Lisäksi raskaissa tieliikenneajoneuvoissa ja työkoneissa löytyy yhteneväisyyksiä esim. komponenttien mitoituksen ja kestoikävaatimusten osalta.

Nyt käsillä oleva raportti on ensimmäinen, missä laajemmin tarkastellaan tieliikenteeseen tarkoitettujen sähköautojen merkitystä liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta.

Suomessa on lisäksi vireillä tai käynnissä erilaisia sähköajoneuvoihin liittyviä kehitys- ja demonstraatiohankkeita. Liitteessä B on katsaus suomalaisiin sähköajoneuvohankkeisiin. Tässä tekstiosuudessa on referoitu eräitä keskeisiä selvityksiä, hankkeita ja aloitteita.

15.2 TEM:in selvitys "Sähköajoneuvot Suomessa"

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) asetti helmikuussa 2009 "Sähköajoneuvot Suomessa" – työryhmän, jonka tehtäväksi annettiin (Sähköajoneuvot Suomessa 2009):

1. arvioida sähköajoneuvojen laajenevaan käyttöön liittyvät kehitysnäkymät Suomessa alan kansainväliset trendit huomioiden
2. selvittää näiden kehitysnäkymien vaikutukset ja uudet liiketoimintamahdollisuudet suomalaisen elinkeinoelämän ja yritysten näkökulmasta ottaen myös huomioon muilla hallinnonaloilla tehty työ
3. selvittää alan tutkimus- ja kehitystoiminnan tarpeet Suomessa kansainvälinen kehitys ja yhteistyömahdollisuudet huomioiden
4. määritellä tarvittavat teknologia- ja innovaatiotoiminnan toimenpiteet alan osaamisen ja liiketoiminnan vahvistamiseksi Suomessa

5. identifioida sähköajoneuvojen käyttöönottoa koskevia standardoinnin, sääntelyn ja verotuksen osa-alueita, joilla vaaditaan kehittämistoimenpiteitä.

Työryhmä luovutti mietintönsä elinkeinoministeri Mauri Pekkariselle elokuussa 2009. Mietinnössä pääpaino oli elinkeinopolitiikassa, ts. sähköajoneuvoista mahdollisesti syntyvässä uudessa liiketoiminnassa. Työryhmä määritteli sähköajoneuvotoimialan tavoitetilan vuonna 2020 seuraavasti (Sähköajoneuvot Suomessa 2009):

- Sähköajoneuvojen valmistuksesta ja niiden komponenteista, ohjelmistosta ja suunnittelusta on vuonna 2020 muodostunut merkittävä vientiteollisuuden toimiala Suomeen. Sen perustan muodostavat nykyisten autojen kokoonpanoteollisuuden kehittyminen, kotimaisen akkuteollisuuden synty sekä ohjelmisto-, sähkökone- ja tehoelektroniikkateollisuuden kasvun suuntautuminen sähköajoneuvoihin. Toimialaa vahvistavat sen synergiat liikkuvien työkoneiden valmistuksen sekä sähköajoneuvojen latausinfrastruktuurin ja -palveluiden kanssa sekä yhteiskunnan panostus alan koulutukseen ja tutkimukseen.
- Suomalaisen sähköajoneuvotoimialan (nykyarvoinen) vuosiliikevaihto vuonna 2020 on 1 - 2 miljardia euroa ja välitön työllistävä vaikutus useita tuhansia työpaikkoja.
- Yhteiskunta kannustaa sähköajoneuvojen ja muiden energiatehokkaiden ajoneuvojen käyttöönottoon Suomessa. Vuonna 2020 Suomessa myytävistä uusista henkilöautoista 25 % on sähköverkosta ladattavia ja näistä 40 % (eli 10 % kaikista) täyssähköautoja.

Viimeinen kohta on luonteeltaan enemmän liikenne- ja ilmastopoliittinen kuin elinkeinopoliittinen tavoite. Verrattuna sähköautojen yleistymistä koskeviin projektioihin (kts. luku 11), verkosta ladattavien autojen 25 %:n osuus vuonna 2020 on haastava.

Työryhmä esitti joukon toimenpidesuosituksia tavoitetilan toteutumisen edistämiseksi (neljään kokonaisuuteen ryhmiteltynä):

1. sähköajoneuvotoimialan (-klusterin) kehittäminen
2. sähköajoneuvojen kokeilu- ja konseptihankkeiden käynnistäminen
3. sähköajoneuvojen hankinnan ja käytön kannusteet
4. latausinfrastruktuurin kehittäminen ja muut alan kehitystä tukevat toimenpiteet.

Toimenpiteet ehdotettiin vaiheistettaviksi. Aluksi kiinnitetään alan osaamisen ja kansainvälisen liiketoiminnan kehittämiseen sekä kokeilu- ja konseptihankkeisiin (suosituskohdat 1 ja 2). Sähköajoneuvojen tarjonnan lisääntyessä ja kuluttajamarkkinoiden vahvistuessa näiden rinnalle tuodaan hankinnan ja käytön kannusteet sekä ajoneuvokannan edellyttämän latausinfrastruktuurin kehittämiseen liittyvät toimenpiteet (suosituskohdat 3 ja 4).

15.3 SWOT selvitys sähköajoneuvoklusterin liiketoimintamahdollisuuksista

TEM:in sähköajoneuvotyöryhmän jatkotyönä teknologian ja innovaatioiden kehittämisskeskus Tekes teetätti selvityksen sähköajoneuvoklusterin liiketoimintamahdollisuuksista. Työn teki konsulttiryitys Oy Swot Consulting Finland Ltd. Selvityksen aihealueet ja niihin liittyvät kysymykset, joihin selvityksellä haettiin vastauksia, olivat (Swot 2010):

1. Kansallisen sähköajoneuvoklusterin kehittäminen
2. Kansainvälinen tilanne (yhteistyössä muiden kansainvälisten selvitysten kanssa)
3. Kotimaisen teollisuuden kilpailukyky ja sen edistäminen

Oy Swot Consulting Finland Ltd raportoi työnsä elokuussa 2010. Raportissa todetaan mm. seuraavaa:

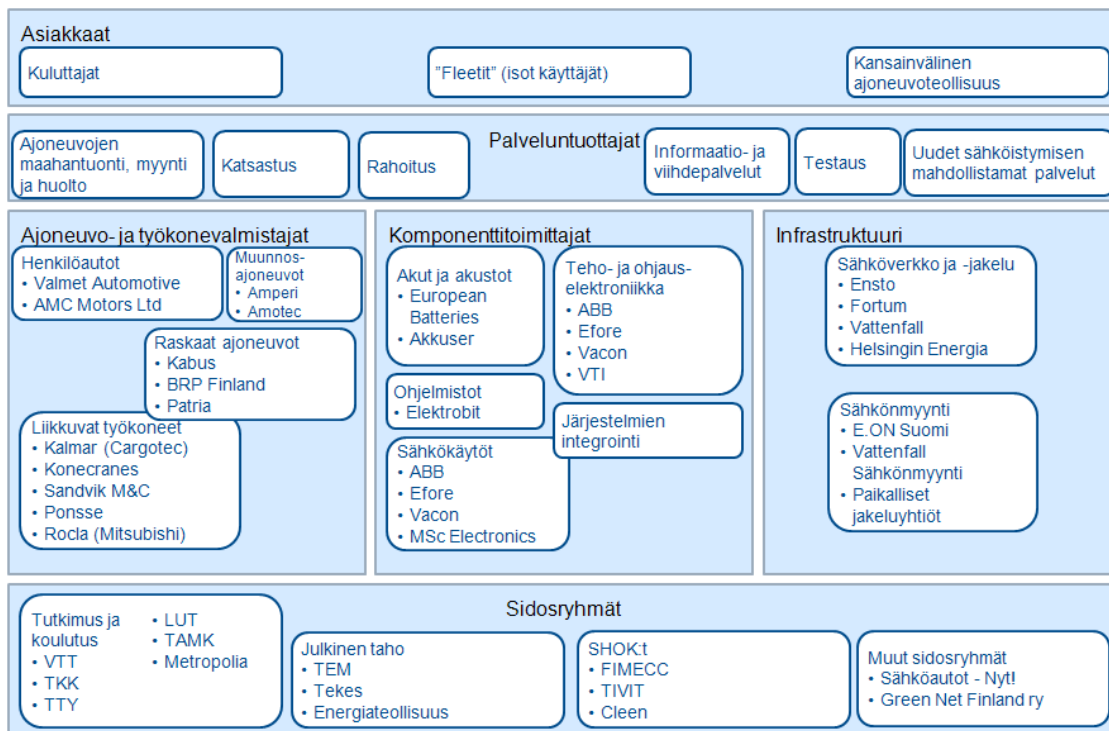
- Noin 40 suomalaisella yrityksellä on sähköautoklusterissa tarvittavaa osaamista. Suoraan sähköajoneuvoihin liittyvää kehittämistä ja valmistusta on tehnyt muutama ajoneuvoteollisuudessa mukana oleva ja latausinfrastruktuuria kehittävä yritys.
- Myös globaalisti merkittävät suomalaiset liikkuvien työkoneiden valmistajat kehittävät akkuteknologian ja sähkökäyttöjen hyödyntämistä.
- Suomi ei ole sähköajoneuvoihin liittyvässä tutkimuksessa eturintamassa. Suomessa on kuitenkin reagoitu asian saamaan globaaliin huomioon ja käynnistetty kansallisessa mitassa merkittäviä hankkeita tutkimusalueella.
- Sähköajoneuvoklusterin tutkimusta voidaan tehostaa esimerkiksi keskittämällä kansallisen tutkimusrahoituksen jakaminen, kohdentamalla kansallinen tutkimuspanos esimerkiksi lataukseen ja infrastruktuuriin, painottamalla kaupallistamismahdollisuuksia ja luomalla toimivat yhteydet kansainvälisiin tutkimushankkeisiin.
- Suomen sähköajoneuvoklusterin kehittymisen kannalta on tärkeää mm.:
 - liittoutua arvoketjussa ja kilpailijoiden kesken myös kansainvälisesti
 - kehittää veturiyritysten ja pk-yritysten verkostoja
 - koordinoida kansallisia hankkeita keskitetysti
 - kehittää myös viranomaisyhteistyötä.
- Selkeitä mahdollisuuksia suomalaisille toimijoille ovat:
 - työkoneiden sähköistäminen
 - älykkyys (ohjelmistot) ajoneuvoissa, latauspisteissä ja verkossa
 - erikoiskomponentit ajoneuvoihin ja infrastruktuuriin
 - konseptien kehittäminen ja pilotointi sekä
 - testausympäristöt ja -palvelut erityisesti arktisissa olosuhteissa.

Selvityksen tekijät ehdottivat Tekesille ja muille julkishallinnon tekijöille seuraavia toimenpiteitä:

- Sähköajoneuvoille painopistealue. Luodaan sähköajoneuvoista nopeasti painopistealue. Nopea käynnistäminen edellyttää Tekesiltä tavanomaista suurempaa riskinottoa. Kansallisen julkisen rahoituksen kohdentaminen keskitetään yksiin käsiin, Tekesille, joka ohjaa yksittäisiä hankkeita parhaan mahdollisen kansallisen hyödyn saavuttamiseksi.
- Standardointiin vaikuttaminen. Standardoinnin aktiivista seuraamista ja vaikuttamista varten vahvistetaan kansallista konsortiota ja siirretään konsortion koordinaatio riippumattomalle organisaatiolle, esimerkiksi VTT:lle.

- Demonstraatiot. Luodaan valtion tuella laaja demonstraatioympäristö henkilöajoneuvojen liiketoimintamallien, verkostojen, teknologian ja innovaatioympäristön testaamiseksi ja hyödyntämiseksi.
- Finpro käynnistää kolmivuotisen sähköajoneuvoklusterin kehityksen seurannan Saksassa ja Kiinassa. Seuranta perustuu jatkuvaan avoimeen raportointiin mukana oleville toimijoille esimerkiksi verkkotyökaluja hyödyntäen. Finpro ottaa keskeisen roolin Suomen markkinoimisessa hyvänä koekenttänä ja testimarkkinana sähköajoneuvoille ja niiden infrastruktuurille.

Suomen sähköajoneuvoklusterin rakenne on esitetty kuvassa 15.1.



Kuva 15.1. Suomen sähköajoneuvoklusterin rakenne ja esimerkkejä sen mahdollisista toimijoista. (Swot 2010)

15.4 Tekesin "Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät" –ohjelma (EVE)

Syyskuuhun 2010 mennessä Tekes oli rahoittanut erilaisia sähköajoneuvohankkeita noin 7 miljoonalla €:lla. Rahoituksesta noin 4 miljoonaa € kohdistui tutkimuslaitosten ja yliopistojen hankkeisiin ja noin 3 miljoonaa € yritysten hankkeisiin. Tutkimusaiheita olivat mm. akkukemia, materiaalit, sähköinen voimansiirto, hybridisointi ja liiketoimintakonsepteihin (Korkiakoski 2010).

SIMBe-hanketta (Smart Infrastructures for Electric Mobility in Built Environments (<http://simbe.tkk.fi/>)) ja SYÖKSY-hanketta (Sähköiset ajoneuvot kehäradan syöttö- ja asiointiliikenteessä, <http://www.greennetfinland.fi/fi/index.php/SY%C3%96KSY>) rahoitetaan Kestävä yhdyskunta –ohjelmasta. SIMBe-projektin tarkoituksena on nopeuttaa säh-

köisen liikkuvuuden leviämistä Suomeen, painottuen rakennettuun ympäristöön. Helsinki tulee olemaan projektin pilottikaupunki.

Tekesillä on lisäksi käynnissä Polttokenno-ohjelma, joka osittain liittyy sähköajoneuvoihin (työkoneisiin). Ohjelmassa nostetaan suomalaisen teollisuuden ja tutkijoiden mahdollisuuksia synnyttää läpimurtotuotteita valituilla alueilla: kiinteät polttokennosovellukset energiantuotantoon, polttokennot työkoneiden voimanlähteinä sekä kannettavat polttokennosovellukset. Ohjelma on käynnissä 2007 – 2013, ja vuodelle 2013 suunnitellaan polttokennoteknologian demonstroitua erilaisissa työkoneissa Vuosaaren satamassa. (<http://www.tekes.fi/ohjelmat/polttokennot>)

Varsinaisiin sähköajoneuvoihin liittyvä tutkimus saa kuitenkin aivan uutta nostetta Tekesin joulukuussa 2010 käynnistämällä ”Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät” –ohjelmalla (EVE, <http://www.tekes.fi/ohjelmat/EVE>). Ohjelma on vastaus TEM:in työryhmässä esille tuotuihin haasteisiin. Oy Swot Consulting Finland Ltd:n tekemä selvitys toimi eräänlaisena ohjelman esiselvityksenä tai pohjustusvaiheena.

EVE-ohjelman tavoitteena on TEM:in työryhmässä asetettujen tavoitteiden mukaisesti auttaa sähköisiin ajoneuvoihin ja työkoneisiin liittyvän liiketoiminnan kehittymistä suomalaisissa yrityksissä nykyisestä noin 200 miljoonasta eurosta noin 2 miljardiin euroon vuoteen 2020 mennessä. Ohjelman perusteluissa todetaan, että liikennevälineiden sähköistyminen on ajankohtaista asetettujen päästö- ja energiankäyttötavoitteiden kannalta, koska liikenne aiheuttaa suuren osan kasvihuonepäästöistä ja lähipäästöistä. Samalla syntyy uusia liiketoimintamahdollisuuksia, koska Suomessakin on useita yrityksiä, jotka kehittävät ratkaisuja sähköajoneuvoihin, työkoneisiin ja niiden järjestelmiin. Alueella on myös tutkimushankkeita sekä kaupunkien kehittämishankkeita. Toiminta on kuitenkin ollut hajallaan ja yhteiset testiympäristöt puuttuvat, mihin ohjelmalla haetaan parannusta.

Perusteluissa todetaan lisäksi, että Suomi on kansainvälisesti kiinnostava paikka testiympäristönä. Täällä on sähköajoneuvojen hitaaseen lataamiseen sopiva infrastruktuuri lämmitystolppineen, vaativat ilmasto-olosuhteet ajoneuvojen testaamiseen eri olosuhteissa sekä vahvat perinteet telekommunikaatiossa ja ohjelmoinnissa. Testiympäristöjen avulla uusille tuotteille pyritään saamaan uskottavuutta. Kun niitä on riittävässä mitta-kaavassa testattu Suomen oloissa, toimivat ne varmasti myös muualla.

Ohjelmalla on kansainvälisiä yhteyksiä erilaisten ohjelmien, verkostojen ja hakujen muodossa. Näitä ovat mm. Electromobility ERA-NET plus ja Nordic Energy Research. Kansainvälisiltä markkinoilta tuodaan tietoa muun muassa Finnoden ja Finpron kanssa yhteistyössä. Ohjelmaa on valmisteltu tiiviissä yhteistyössä ministeriöiden (LVM, TEM ja VM), Finpron, Teknologiateollisuus ry:n sekä muiden julkisten ja yksityisten tahojen kanssa. Ohjelma on käynnissä vuosina 2011 – 2015 ja sen suunniteltu budjetti on 80 miljoonaa €, josta Tekesin osuus on hieman alle puolet, loppuosa on ohjelmaan osallistuvien organisaatioiden rahoitusta.

Demonstraatiot eivät perinteisesti ole olleet Tekesin ohjelmien painopistealuetta. Nyt ”riittävän suuret” testiympäristöt on kirjattu ohjelmajulistukseen. Demonstraatioista saadaan palautetta tuotekehitykseen ja järjestelmäkehitykseen, yritysten tarvitsemia referenssejä ja riittävän laajoina niistä saadaan myös palautetta liikennepolitiikan luomiseen:

- miten sähköautot toimivat osana liikennejärjestelmää?
- minkälaista infrastruktuuria ja tietojärjestelmiä sähköautot tarvitsevat tuekseen?
- mitä uusia toimintamalleja ja palvelukonsepteja sähköautot mahdollistavat?
- miten kustannustehokkaita sähköautot ovat liikenteen CO₂-päästöjen vähentämisessä?

15.5 Finpron selvitykset

Finpro on suomalaisten yritysten perustama rekisteröity yhdistys, jonka jäsenenä on yli 550 suomalaista yritystä, Elinkeinoelämän Keskusliitto sekä Suomen Yrittäjät. Jäsenet ovat Finpron toiminnassa mukana luomassa edellytyksiä, joilla suomalaisten yritysten kansainvälistymistä voidaan nopeuttaa ja siirtää vuosikymmenten varrella kertynyttä kokemusta yritysten eduksi. (www.finpro.fi)

Finpro on tehnyt kolme selvitystä sähköajoneuvoihin ja vientimahdollisuuksiin liittyen. Nämä selvitykset ja tietyt muut hankkeet ja aloitteet esiteltiin 25.11.2010 pidetyssä työpajassa "Ajoneuvo – ja työkoneteollisuuden sähköistymisen kansainväliset liiketoimintamahdollisuudet 2010".

Finpron tekemät kolme selvitystä ovat (Finpro 2010):

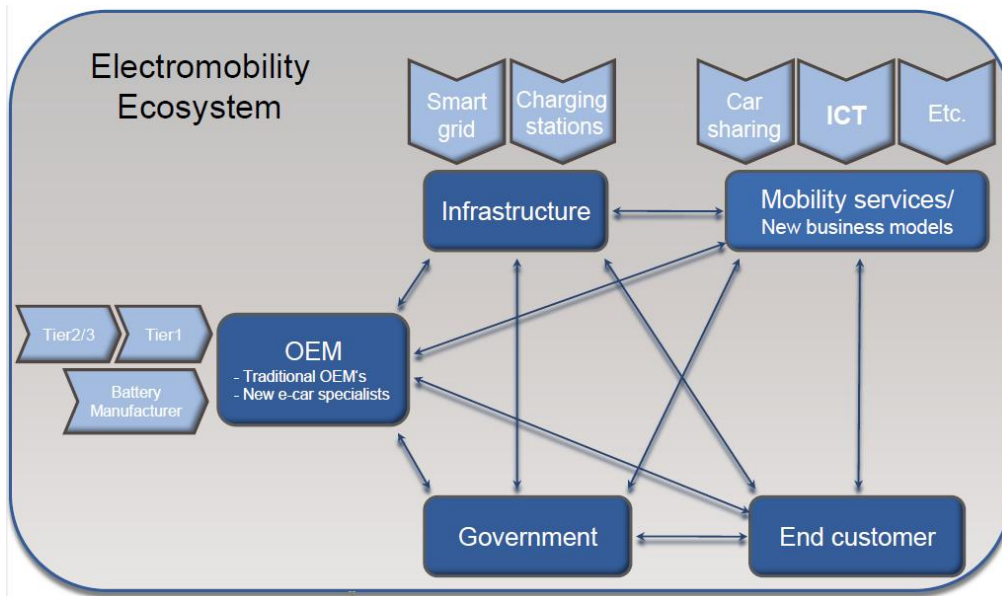
- yleisselvitys (Electromobility + Infrastructure)
- bussit (Public Transport)
- työkoneet (Working Machinery)

Kehitystä ajavat voimat ovat erilaiset eri segmenteissä. Henkilöautojen osalta kuluttajat ovat vielä passiivisia. Finpron mukaan tässä teknologiaa pukataan markkinoille. Aktiivisin toimija ei kuitenkaan ole perinteinen autoteollisuus, vaan paineita luodaan lähinnä poliitikkojen toimesta. Busseissa olisi kysyntää sekä hybrideille että sähköautoille niin liikenteen tilaajien kuin liikennöitsijöiden suunnalta. Työkonesektori taas on luonteeltaan heterogeeninen.

Kuvassa 15.2 on sähköisen liikkuvuuden "ekosysteemi" Finpron mukaan. Finpro tekee seuraavat johtopäätökset liikenteen sähköistämisestä (Finpro 2010):

- Kuva sähköisen liikkuvuuden tulevaisuudesta on vielä hyvin epätarkka. Tämä selettää eri projektoiden merkittävää hajontaa niin määrien kuin voittavan teknologian (akkusähköauto vs. polttokennoautot) osalta.
- Sähköinen liikkuvuus tulee ravistamaan perinteistä autoteollisuutta. Se tulee luomaan mahdollisuuksia innovatiivisille yrityksille, mutta asettaa myös riskejä niin vakiintuneille yrityksille kuin tulokkaille.
- Sähköinen liikkuvuus synnyttää paljon uusia liiketoimintamahdollisuuksia, mutta ansaintalogiikka on vielä avoin.
- Kehitys vaatii teollisuuden, tutkimusyhteisön, viranomaisten ja kuluttajien yhteistyötä.
- Sähköautot tulevat markkinoille 2011 alkaen, polttokennoautot mahdollisesti vuoden 2015 jälkeen.

- Standardointi niin Euroopassa kuin kansainvälisellä tasolla on edellytys sähköautojen laajamittaisille läpimurrolle.
- Tuleva sähköinen liikkuvuus on paljon muutakin kuin pelkät sähköautot: kehittää uusia palvelumalleja!



Kuva 15.2. Sähköisen liikkumisen "ekosysteemi". (Finpro 2010)

15.6 Muut hankkeet ja aloitteet

15.6.1 Espoo

Espoon kaupunki on laatinut tavoiteohjelman vähäpäästöiselle autoilulle (Tavoiteohjelma 2009). Vähäpäästöisten autojen osalta Espoo haluaa mm.:

- mahdollistaa päästöttömien autojen käyttöönoton mahdollisimman varhaisessa vaiheessa niin, että Espoon asukkaiden ja yritysten on mahdollista joustavasti käyttää niitä
- vahvistaa elinkeinotoiminnan edellytyksiä
- myötävaikuttaa alueen yritysten ja tutkimuslaitosten yhteistyöhön osallistumalla aktiivisesti sähköautoklusterin perustamis- ja kehitystyöhön
- käynnistää sähköautopilotoinnin T3-alueella

Sekä Espoon omassa strategiassa että metropolialueen kilpailukykystrategiassa Espoon kansainvälisen kilpailukyvyyn ja elinkeinotoiminnan ydinalueeksi on nostettu selkeästi Otaniemi-Keilaniemi-Tapiolan T3-alue, ml. Suurpelto. Alue on merkittävä teknologiayritysten, teknisen opetuksen ja tutkimuksen keskus. Alueen toimintojen kehitystyötä tehdään Eco Urban Living –hankkeen puitteissa (<https://www.eco-urbanliving.com/default.aspx>). Hankkeen osapuolia ovat Espoon lisäksi Fortum, Nokia, Valmet Automotive ja konsulttina Synocus.

Vuonna 2008 Fortum ja Espoon kaupunki aloittivat yhteistyön, jonka tavoitteena on mahdollistaa ladattavien sähköautojen laajamittainen käyttöönotto Espoossa ja näin pienentää liikenteen päästöjä. Keskeinen osa hanketta on kehittää autojen lataamiseen tarvittavaa infrastruktuuria. Fortum ja Espoon kaupunki avasivat Espoon ensimmäisen yleisölle suunnatun sähköautojen latausaseman Tapiolassa joulukuussa 2009. Kaupinkallion paikoitushalliin on asennettu seitsemän lataustolppaa. Lataamisen käytetty sähkö maksetaan pysäköintiautomaatilla pysäköintimaksun yhteydessä. Fortum on yhteistyössä Espoon kaupungin kanssa laatinut suosituksen sähköautojen huomioimisesta kiinteistöjen sisäisissä sähköverkoissa (Ladattavat autot 2010).

Espoon kaupungin käytössä on joitakin sähköautoja. Uusin näistä on kaupunginjohtaja Jukka Mäkelän virka-autoksi hankittu Think City. Kesällä 2010 kaupungin varikolla otettiin käyttöön sähköautojen lataukseen tarkoitettu aurinkokennovoimala.

Sekki (2010) tiivistää Espoon kaupungin näkemykset sähköautoilusta seuraavasti:

1. Sähköinen liikkuminen on tehokas kaupunkialueiden päästövähennyskeino
 - a. myös melu ja ilmanlaatu -näkökohdat huomioitava, erityisesti tiiviissä yhdyskuntarakenteessa
2. Yhdyskuntarakenteemme kykenee ottamaan vastaan sähköisen liikkumisen haasteet
 - a. latausinfrastruktuuri on pääosin valmiina
 - b. Suomessa varma sähköverkko
3. Toimijoilla tulisi olla yhteinen ymmärrys siitä, mitä sähköautoilun edistäminen vaatii ja minkälaisia vaikutuksia sähköautojen yleistymisellä on esim. kaupunkirakenteeseen, liikenteeseen ja sähköjakelujärjestelmiin ja miten tämä pitää ottaa huomioon kaupunkisuunnittelussa.
 - a. tehokkaat ja dynaamiset demonstraatiohankkeet näiden asioiden tukemiseksi
4. Sähköisen liikkumisen huomioivaa toimintaympäristöä kehitettäessä tarvitaan sekä lyhyen että pitkän tähtäimen suunnitelmia
 - a. nopeita toimia tarvitaan sähköisten kulkuneuvojen huomioon ottamiseksi
 - b. pitkällä tähtäimellä luodaan kestävää ympäristöä

15.6.2 Helsinki

Helsingillä ei toistaiseksi ole julki lausuttua sähköautostrategiaa. Helsinki on kuitenkin mukana pilottikaupunkina em. SIMBe-projektissa, jonka tavoitteena on nopeuttaa sähköisen liikkuvuuden leviämistä Suomeen. SIMBe:ssä on mukana laaja konsortio, Helsingin puolelta Kaupunkisuunnitteluvirasto ja Helsingin Energia.

Helsinki teetätti vuonna 2006 selvityksen vähäpäästöisistä ajoneuvoista (Nylund et al. 2006). Helsinki soveltaa selvityksestä johdettuja kriteerejä omissa autohankinnoissaan, ja on selvityksen suositusten mukaan myös kokeillut vähäpäästöisiä ajoneuvoja, esimerkkinä maakaasukäyttöisiä kuorma-autoja 2008 – 2009. Helsinki on eri vaiheissa kokeillut myös sähköautoja. Forsbergin (2011) mukaan toistaiseksi tarjolla olleet sähköautot eivät ole vastanneet Helsingin tarpeita, mutta tilanteen kehittymistä seurataan jatkuvasti.

Helsinki on päättänyt myöntää vähäpäästöisille autoille pysäköintietuisuuksia 1.3.2011 alkaen. Alennus on 50 %, ja se koskee pysäköintimittareita sekä asukas- ja yritys-pysäköintilupa. Kriteerinä on CO₂-päästö. Alennuksen saavat bensiini- ja dieselautot, joiden pakoputkesta mitattu CO₂-päästö on alle 100 g/km. Kaasu- ja etanoliautoilla raja on 150 g/km. Myös sähköautot katsotaan vähäpäästöisiksi. (Helsingin kaupunki 2010)

Helsingissä uusi Kalasataman alue tulee toimimaan mm. älykkäiden sähköverkkojen ko-keilukohteena (kuva 15.3). Sähköautojen tuleamista ennakoidaan vaatimalla varautumista lataukseen tietyllä osuudella alueen pysäköintipaikoista. Vastaavan tyyppisiä rakentamis-vaatimuksia on tulossa myös esim. Pasilaan toteutettaviin hankkeisiin. Älyverkkojen osalta teknologiayhteistyötä Kalasatamassa tekevät ABB, Helsingin Energia ja Nokia Siemens Networks (Hyvärinen 2010). Helsingin Energia on rakentanut julkisen sähköautojen latauspisteen Helsingin Runeberginkadulle (kts. kuva 6.9). Latauspisteitä löytyy myös tietyistä pysäköintilaitoksista.

15.6.3 Vantaa

Vantaan kaupunki puolestaan on mukana SYÖKSY-hankkeessa (Sähköiset ajoneuvot kehäradan syöttö- ja asiointiliikenteessä, <http://www.greennetfinland.fi/fi/index.php/SY%C3%96KSY>). SIMBe-hankkeen tapaan SYÖKSY-hanke saa rahoitusta Tekesin Kestävä yhdyskunta –ohjelmasta.

SYÖKSY-tutkimushankkeen päätavoitteena on kehittää käyttäjälähtöisesti vähäpäästöisiä joukkoliikenteeseen pohjautuvia liikkumiskäytäntöjä kehäradan varren syöttöliikenteeseen sekä Marja-Vantaan ja Aviapoliksen alueiden asukkaiden, työntekijöiden ja vierailijoiden asiointiliikenteeseen hyödyntäen erityyppisiä sähköisiä ajoneuvoja (kuva 15.4), sekä muita matalan CO₂ – tason ajoneuvoja. Ajatuksena on, että Vantaan kaupunki ja Helsingin seudun liikenne HSL hyödyntävät tuloksia kaupungin liikennejärjestelmän ohjaamiseksi kestävämpään suuntaan. Tavoitteena on sähköajoneuvoilla pienentää kaupungin hiilijalanjälkeä ja ajoneuvojen yhteiskäytöllä vähentää yksityisautoilua ja ajoneuvojen säilytyksen tarvitsemää tilaa kaupunkirakenteessa.



Kuva 15.3. Helsingin Kalasatama älyverkkojen demonstraatioalueena. (Hyvärinen 2010)



Kuva 15.4. Autonominen sähköajoneuvo. (SYÖKSY väliseminaari 2011)

15.6.4 Helsingin seudun joukkoliikennestrategia

Helsingin seudun liikenteen joukkoliikennestrategia (HSL 2010) kuuluu keskeisenä osana Helsingin seudun viimeistelyvaiheessa olevaan liikennejärjestelmäsuunnitelmaan (HLJ 2011, luonnos). HLJ:n visio on esitetty kuvassa 15.5.



Kuva 15.5. HLJ-visio. (HLJ 2011, luonnos)

HLJ ja sitä kautta myös joukkoliikennestrategia kattaa kaikki HLJ 2011:n suunnittelualueen 14 kuntaa eli HSL:n jäsenkunnat Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen, Kirkkonummi ja Kerava lisäksi Järvenpään, Nurmijärven, Tuusulan, Mäntsälän, Pornaisen, Hyvinkään, Vihdin ja Sipoon.

Joukkoliikenteen runko perustuu erityisesti raideliikenteeseen. Joukkoliikenteen osalta kehittämislinjaukset ovat (HSL 2010):

1. Maankäyttöratkaisut tukevat joukkoliikenteen kilpailukykyä. Uusi maankäyttö sijoitetaan joukkoliikennepalveluihin, erityisesti raideliikenteeseen tukeutuen.
2. Linjastorakenteen ja palvelutarjonnan kehittäminen kasvattavat joukkoliikenteen kulkumuoto-osuutta, parantavat kilpailukykyä suhteessa henkilöautoon ja edistävät liikenteenhoidon kustannustehokkuutta. Liityntäliikenne ja liityntäpysäköinti ovat tärkeä osa matkaketjua.

3. Kattavaa ja ajantasaista tietoa liikkumisen vaihtoehtoista on saatavissa helposti yhdestä lähteestä.
4. Taksa- ja lippujärjestelmää kehitetään ja yhtenäinen järjestelmä otetaan vaiheittain käyttöön koko Helsingin seudulla.
5. Raideverkkoa täydennetään ja bussiliikenteen laatukäytäviä kehitetään.
6. Informaatioteknologiaa ja muita älyliikenteen keinoja hyödynnetään joukkoliikenteen operoinnissa ja ylläpidossa. Ajantasainen tiedotus varmistaa tehokkaat matkakäytöt myös häiriö- ja poikkeustilanteissa.
7. Kalusto on ajanmukaista ja sitä käytetään kustannustehokkaasti.

Sähköautojen osalta strategiasta voidaan tehdä seuraavat huomiot ja johtopäätökset:

- Joukkoliikenteen kilpailukykyä suhteessa henkilöautoon halutaan parantaa
- Raskas runkoliikenne siirtyy enenevässä määrin raitteille
 - busseilla ajettavat runkolinjat vähenevät ja syöttöliikenne lisääntyy
 - mahdollisuus sähkökäyttöisille busseille?
 - liityntäpysäköinnin merkitys kasvaa
 - etuisuudet liityntäpysäköinnissä voisi olla parempi ja hyväksyttävämpi kannustuskeino sähköautoille kuin esim. joukkoliikennekassien käytön salliminen tai pysäköintietuudet keskustuissa
- Informaatioteknologia on liikennejärjestelmän tärkeä elementti
 - mahdollistaa esim. SYÖKSY-hankkeessa selvitettäviä uusia sähköisen liikumisen palvelumuotoja

Kuten kohdassa 10.2 mainittiin, niin Helsingin kaupunki selvittää johdinautojen käyttöä Helsingin sisäisessä liikenteessä.

15.6.5 Pääkaupunkiseudun EVAG sähköautodemo

EVAG (Electric Vehicle Action Group) on useiden toimijoiden yhteinen ponnistus sähköautoinfrastruktuurin luomiseksi ja sähköautojen käyttöön ottamiseksi (<http://www.sahkoinenliikenne.fi/>). Hankkeen promoottorina toimii Eera-konsulttiyritys.

Helsingissä järjestettiin 21.1.2011 tilaisuus, jossa joukko yksityisen ja julkisen sektorin vaikuttajia kokoontui allekirjoittamaan yhteistä tahdonilmausta sähköisen liikenteen ja siihen liittyvän liiketoiminnan konkreettisesta edistämisestä Suomessa. Yhteensä tahdonilmaisulla oli yli 40 allekirjoittajaa. Allekirjoittajien tavoitteena on rakentaa Suomeen sähköisen liikenteen ja liikkumisen kansainvälisen tason innovaatiokeskittymä. Käytännössä hanke tähtää 500 sähköauton saamiseen liikenteeseen pääkaupunkiseudulla vuosien 2011 – 2012 aikana. Yhteistyössä mukana oleva Veho Group on käynyt päämiestensä kanssa neuvotteluja maailmalla edelleen harvinaisten sähköautojen saamiseksi Suomeen. Ensimmäiset autot saapuvat Suomeen maaliskuussa 2011, jolloin järjestetään sähköautojen koeajotilaisuuksia. Aluksi lähinnä yritysten ja yhteisöjen käyttöön tarjottavista autoista tullaan kokoamaan testilaivue, jolla kerätään tietoa siitä, miten sähköautot

toimivat pohjoisissa oloissa. Myös Helsinki World Design Capital kytkeytyy kokonaisuuteen, sillä koko laivue tullaan somistamaan WDC Helsinki 2012 –hankkeen toimesta.

15.6.6 Tampere

Tampereen kaupunkiseudun elinkeino- ja kehitysyhtiö Tredea Oy on käynnistänyt hankkeen nimeltä "ElectriCity - Tampereen Sähköajoneuvokeskus". ElectriCity-hankkeen yleisenä tavoitteena on tuottaa osaamista sähköisen ajoneuvoteknologian kehittämiseksi tuotannolliseksi toiminnaksi sekä erilaisten ajoneuvojen että niiden komponenttien osalta. Tarkoituksena on luoda pysyvä työyhteisömallinen toimintaympäristö, joka mahdollistaa (<http://www.tredea.fi/electricity/>):

- sähköajoneuvo- ja työkoneosaamisen siirtymisen teollisuuden, oppilaitosten sekä open source –osaajien välillä
- sähköajoneuvoihin, -työkoneisiin, niiden prototyypin valmistukseen, muunnoksiin ja komponenttivalmistukseen liittyvien prototyyppien tekemisen kokeellisen ja tutkimuksellisen toiminnan alueella
- pysyvän testiympäristön sähköajoneuvoille ja –työkoneille, jota oppilaitokset, aloittavat yritykset, tutkimuslaitokset sekä yhteisöjen ja yhdistysten jäsenet voivat hyödyntää

ElectriCity-hanke kattaa seuraavat aiheet ja toiminnot:

- yritysten verkottuminen
- sähkömoottorien ja tehoelektroniikan hyödyntäminen ajoneuvoissa ja työkoneissa
- ohjaus- ja latausjärjestelmät
- sähköjakelun infrastruktuuri
- muunnosprosessit ja työtavat
- huolto- ja kunnossapitoteknologia
- taloudellisten prosessien kehittäminen
- koulutuksen käynnistäminen ja oppilaitosten välisen yhteistyön edistäminen

ElectriCity toimii entisen Volvon bussikoritehtaan tiloissa. ElectriCity on mm. järjestänyt sähköajoneuvoasentajakursseja.

16. Sähköautojen vaikutukset sähkön kysyntään, sähköverkkoon ja muuhun infrastruktuuriin

- Sähköautojen tuleminen ei ole suuri haaste sähkön tuotannon kannalta.
- Miljoona sähköautoa käyttäisi n. 4 TWh sähköä, joka on alle 5 % sähkön nykykulutuksesta Suomessa.
- Ohjaamalla sähköautojen lataus älykkäästi vältytään latauksen aiheuttamilta tehopiikeiltä ja lisätehon tarpeelta.
- Sähköautojen laajamittaisen käyttöönoton suurimmat vaikutukset kohdistuvat paikallisverkkotasolle.
- Autojen lämmityspistorasioita voidaan aluksi tietyin varauksin käyttää sähköautojen hitaaseen lataukseen, edellytyksenä on kuitenkin 16 A:n sulake, ylivirta- ja vikavirtasuojat ja riittävä tehonsyöttö.
- Nykyisissä asuntoalueiden lämmitystolppaverkoissa on kuitenkin rajoitteita, ja huonoimmassa tapauksessa sähköautoja voidaan ladata vain joka neljännessä pistorasiassa.
- Turvallisuussyistä sähköautoja ei saa ladata vanhan TN-C –järjestelmän (yhdistetty nolla- ja suojamaajohdin) mukaisissa verkoissa.
- Uusilla pysäköintialueilla sähköautojen lataamiseen valmistautuminen lisää kustannuksia vain noin 150 € per autopaiikka.

16.1 Yleistä

Kohdassa 6 todettiin, että sähköautojen latausta tulee tarkastella ajoneuvon, latauspisteen, sähköverkon, sähkön tuotannon ja sähkömarkkinoiden näkökulmasta. Lähtökohtaisesti Suomessa on hyvät edellytykset sähköautojen käyttöönotolle. Suomessa sähköverkko on hyvä ja vakaa. Suomen sähköverkkoon kuuluviksi luetaan myös ulkomaanyhteydet. Suomi tuo sähköä Venäjältä, Norjasta, Ruotsista ja Virosta. Suomi myös vie sähköä muihin Pohjoismaihin, myyden sitä sähköpörssi Nord Poolin välityksellä (Energiateollisuus 2008). Kotimainen sähkön tuotanto on keskimäärin vähähiilistä verrattuna Euroopan keskiarvoon.

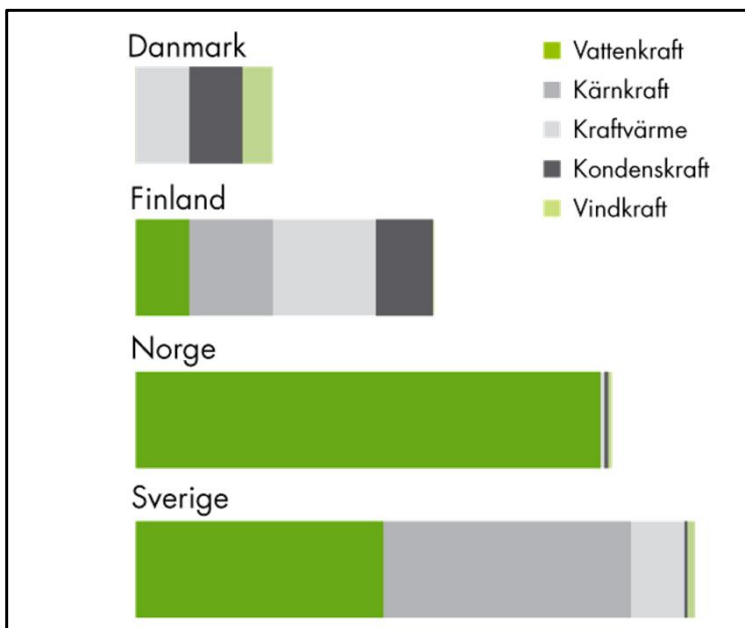
Sähköautojen latauksessa voidaan aluksi pienin modifikaatioin hyödyntää olemassa olevia autojen lämmityspistokkeita. Alkuun siis päästään kohtuullisen helposti verrattuna moneen Keski- ja Etelä-Euroopan maahan. Ilman latauksen älykästä ohjausta joudutaan kuitenkin sähköautojen lukumäärän kasvaessa ennen pitkää tilanteeseen, jossa sähköjärjestelmän huippukuormitus kasvaa ja kuormituksen huippu siirtyy alkuiltaan. Tämä johtaa tarpeeseen investoida voimalaitoskapasiteettiin ja siirtolinjoihin. Sähköautojen laajamittaisen käyttöönoton suurimmat vaikutukset todennäköisesti tulisivat kuitenkin paikallisverkkotasolle (Ruska et al. 2010)

16.2 Suomen sähkön kulutus ja sähkön tuotanto

Sähkön hankinta ja kokonaiskulutus Suomessa vuonna 2010 muodostui seuraavasti (Energiavuosi 2010, luvut TWh):

• vesivoima	12,8
• tuulivoima	0,3
• teollisuuden yhteistuotanto	11,1
• yhteistuotanto kaukolämpö	17,4
• ydinvoima	21,9
• erillistuotanto	13,5
• nettotuonti	10,5
• yhteensä	87,5 (keskiteho 9.989 MW)

Ruotsissa kokonaiskulutus on vastaavasti 138,4 TWh (Elåret 2009). Kuvassa 16.1 on esitetty sähkön tuotannon rakenteet eri Pohjoismaissa. Kuva on normalisoitu, eli palkkien koot ovat keskenään vertailukelpoisia.



Kuva 16.1. Sähkön tuotannon rakenteet eri Pohjoismaissa. Vattenkraft= vesivoima, kärnkraft= ydinvoima, kraftvärme= yhteistuotanto, kondenskraft= lauhdevoima, vindkraft= tuulivoima., (Elåret 2009)

16.3 Sähköautojen tarvitsema energiamäärä

Luvussa 14 käsiteltiin Suomen autokantaa, suoritteita ja polttoaineen kulutusta. Kohdassa 6.3 esitettiin esimerkki siitä, miten 1 miljoona sähköautoa vaikuttaisi Ruotsin sähkön kulutukseen (VINNOVA 2010, vuoden 2008 sähkön kulutuksen luvuilla):

- miljoonan sähköauton kulutus (4 TWh) vastaisi siis noin 3 %:a Ruotsin sähkön tuotannosta
- jos sähköautojen lataus jakautuisi tasan koko vuorokauden aikana, huipputehon tarve lisääntyisi 1,9 – 2,6 % ajankohdasta riippuen
- jos 75 % latauksesta tapahtuisi yöaikaan, päivän huipputeho nousisi noin 1 % ja yön huipputeho noin 5 %

Miljoona täyssähköautoa kuluttaa vuodessa 4 TWh, kun niillä ajetaan 16.500 km vuodessa (henkilöautojen keskimääräinen suorite Suomessa), ja niiden energian kulutus on 240 Wh/km (tilava perheauto, esimerkkinä Passat, kts. 8.2).

Kohdassa 14.3 arvioitiin mahdollisia sähköautomääriä Suomessa vuonna 2020:

- minimiarvo 11.000
- maksimiarvo 140.000
- todennäköisin lukumäärä 25.000 – 36.000

Taulukossa 16.1 on esitetty, mitä nämä sähköautomäärät edellä olleita lukuja (16.500 km/a, 240 Wh/km) käyttämällä tarkoittaisivat sähkön määränä, osuutena vuoden 2009 sähkön kulutuksesta ja keskitehona. Taulukkoon on myös laskettu, mitä autojen samanaikainen lataaminen 3,6 kWh:n teholla merkitsee tehopiikkinä. Sähköauton kulutuksessa ei ole huomioitu pakkaskelin, lämmityksen tai ilmastoinnin vaikutusta energian kulutukseen. Toisaalta käytetty kulutus kuvaa suurehkon auton kulutusta, ja myös sähköautojen energian kulutus tulee laskeman tekniikan kehittyessä. Laskelmat on myös tehty Ruotsin tapaan miljoonalle sähköautolle ja koko Suomen henkilöautokannalle (ajossa olevat 2.520.995 autoa).

Koko henkilöautokaluston sähköistäminen tarkoittaisi sähkön määränä noin 11 % sähkön nykykulutuksesta ja tehona noin 1100 MW. Nämä luvut eivät ole kovinkaan merkittäviä, varsinkin kun huomioidaan, että koko henkilöautokalusto saadaan sähköistettyä aikaisintaan 2050.

Vuoden 2020 sähköautojen maksimiskenaario 140.000 yksikköä on sähkömääränä noin 550 TWh, suhteellisenä osuutena vajaa prosentti ja keskitehona noin 60 MW, eli sinänsä pieniä lukuja. Näiden autojen samanaikainen lataus hitaalla latauksella aiheuttaa kuitenkin 500 MW:n tehopiikin. Jos lataus tehtäisiin 50 kW:n tehoisella pikalatauksella, tehopiikki olisi peräti 7000 MW. Nämä tarkastelut osoittavat, että sähköautojen lukumäärän kasvaessa kannattaa ja pitää varsin nopeasti ottaa käyttöön älykkäitä latausjärjestelmiä.

Taulukko 16.1. Eri sähköautomäärien vaikutus sähkön kulutukseen Suomessa. Autojen suorite 16.500 km/a ja energian kulutus 240 Wh/km. Latausteho 3,6 kW.

Sähköautojen lkm.	Sähkön määrä TWh	% v. 2010 kulutuksesta	Keskiteho MW	Latausteho MW*
11.000 (min.)	0,04	0,05	5	40
25.000	0,10	0,11	11	90
36.000	0,14	0,16	16	130
140.000 (maks.)	0,55	0,63	63	504
1.000.000 autoa	4,0	4,5	452	3600
Koko ha-kalusto, 2,5 miljoonaa	10,9	11,4	1140	9076

*) Kaikki autot kytketään lataukseen samanaikaisesti.

Työ- ja elinkeinoministeriö esitti marraskuussa 2009 arvion energian ja sähkön kulutuksen kehityksestä vuoteen 2030 (taulukko 16.2). Vuonna 2008 sähkön käyttö liikenteessä oli 0,7 TWh (pelkkä raideliikenne), ja kasvaa 1,4 TWh:iin vuonna 2020 ja 4,0 TWh:iin vuonna 2030. Olettaen, ettei raideliikenteen käyttö kasva, autojen sähkön kulutus on 0,7 TWh vuonna 2020 ja 3,3 TWh vuonna 2030. Taulukossa 16.1 käytetyillä olettamuksissa

automääräksi tulisi n. 177.000 ja n. 830.000. TEM:in arvoin mukaan liikenne on ylivoimaisesti nopeimmin kasvava sähkön käytön alue.

Taulukko 16.2. Sähkön kulutus sektoreittain, 2007–2030, TWh ja kasvu % / vuosi. (TEM 2009)

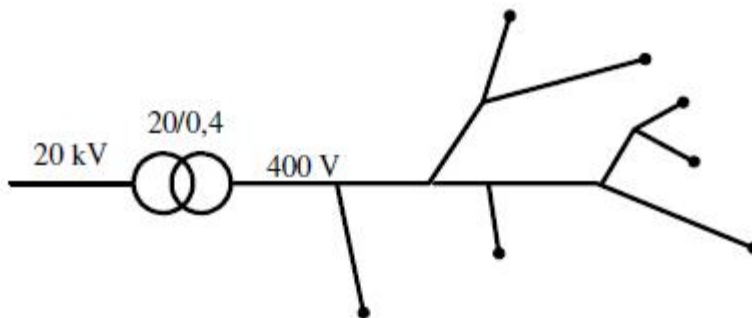
	2007	2008	2020	2030	kasvu 2008–2030, %/v
Teollisuus ja rakentaminen	47,8	44,4	43,5	47,9	0,2
Kotitaloudet	11,1	11,3	11,1	10,7	-0,2
Sähkölämmitys ja lämpöpumppujen sähkö	8,9	8,6	9,7	9,9	0,4
Palvelut	15,2	15,4	18,4	19,1	0,7
Liikenne	0,7	0,7	1,4	4,0	5,5
Muu kulutus	3,3	3,4	3,9	4,5	0,9
Häviöt	3,0	3,3	3,5	3,8	0,4
Yhteensä	90,1	87,2	91	100	0,4

16.4 Sähköverkko

Sähköverkko voidaan jakaa karkeasti kantaverkkoon, alueverkkoihin ja jakeluverkkoihin. Kantaverkkoa käytetään pitkillä siirtoyhteyksillä ja suurilla siirtotehoilla. Siirtohäviöiden pienentämiseksi kantaverkon jännite on korkea, alimmillaan 110 kilovolttia ja enimmillään 400 kilovolttia. Kantaverkoista jatkuvat alueverkot, jotka siirtävät sähköä alueellisesti esimerkiksi tiettyssä läänissä. Jakeluverkot voivat käyttää kantaverkkoa alueverkon kautta tai liittyä suoraan kantaverkkoon.

Ero alue- ja jakeluverkon välillä perustuu jännitetasoon. Alueverkot toimivat 110 kV, jakeluverkot 20, 10, 1 tai 0,4 kV jännitteellä. Toinen sähköverkon jako perustuu jännitetasoon: pienimpiä, alle 1 kV jännitteitä kutsutaan pienjännitteeksi, korkeampia jännitteitä taas keskijännitteeksi (1-70 kV) tai suurjännitteeksi (110 - 400 kV). (Energiateollisuus 2008)

Kuvassa 16.2 on muuntopiirin rakenne.



Kuva 16.2. Tyypillisen muuntopiirin rakenne. Syöttö tapahtuu 20 kV jakeluverkosta 20/0,4 kV muuntajan kautta 400 V pienjänniteverkkoon, jossa asiakkaat (mustat pisteet) ovat tyypillisesti puurakenteessa. (Tikka 2010)

Kodit saavat sähkönsä jakeluverkoista, teollisuus, kauppa, palvelut ja maatalous taas tapauksesta riippuen joko jakelu-, alue- tai kantaverkosta. Myös sähköä tuottavat voimalaitokset voivat liittyä kuhunkin kolmesta verkostosta. (Energiateollisuus 2008)

Hidas lataus tapahtuu pienjänniteverkossa. Pohjoismaista pienjänniteverkkoa voidaan pitää melko sopivana sähköautojen lataamisen kannalta, koska kotitalouksissa on yleensä mahdollisuus kolmivaiheiseen kytkentään. Verkon mitoitus on myös sopiva suurilla kuormilla ajatellen, koska Pohjoismaissa taloja joudutaan lämmittämään talvella. Niinpä Pohjoismaissa pientaloalueiden sähkölämmitys on asettanut verkolle suuremmat vaatimukset verratessa eteläiseen Eurooppaan. Taajamien pienjänniteverkoille taas meillä on ominaista talojen pihoille asennetut autojen talvilämmitykseen tarkoitettujen pistokepaikat, jotka hyvinkin voisivat olla potentiaalisia sähköautojen latauspisteitä. Varsinaiset pikalatausasemat liitetään todennäköisesti keskijänniteverkkoon. (Tikka 2010)

Tikan (2010) jakeluverkoilla tekemä simulointi osoittaa, että sähköautojen latauksen aiheuttamat verkkovaikutukset ovat suoralla latauksella merkittäviä. Suoralla latauksella Tikka tarkoittaa, ettei sähköautojen latausta porrasteta. Vaikutuksia aiheutuu keskijänniteverkolle, jakelumuuntajille ja pienjänniteverkoille. Vaikutukset riippuvat levinneisyysasteesta, ts. miten suurella osalla verkon asiakkaita on sähköauto.

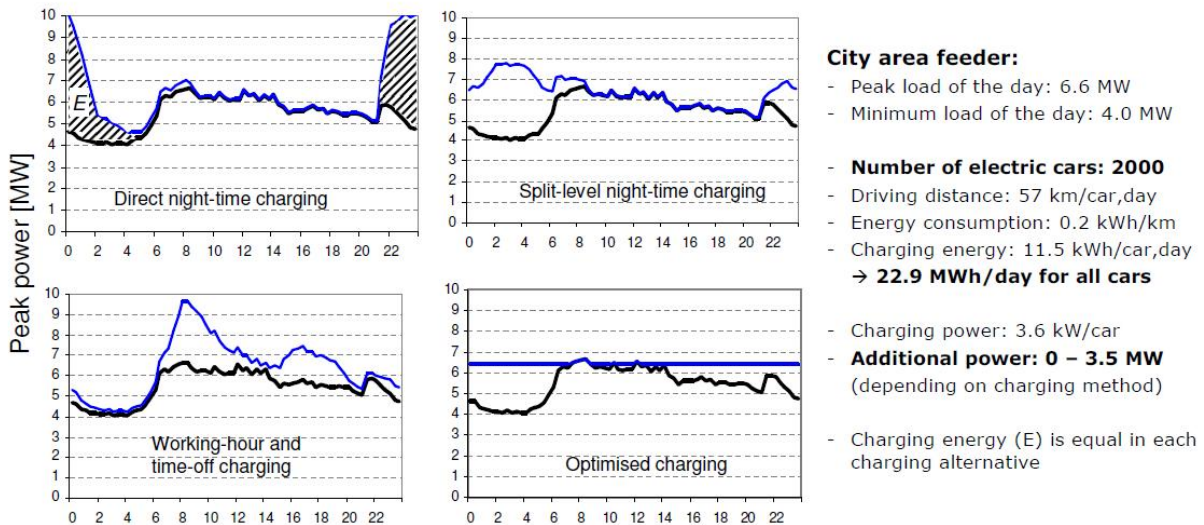
Suurin haaste on taajamien muuntopiirien kestävyys sähköautojen yleistyessä. Muuntopiireille, joissa on paljon asiakkaita, aiheutuu ongelmia jo sähköautojen levinneisyyden ollessa 25 %. Haja-asutusalueen muuntopiirit, joiden asiakasmäärä on pieni saattavat selvitä 50 %:n levinneisyydestä ilman modifikaatiota. Simulointi osoittaa, että pienellä levinneisyysasteella latauskuorma ei aiheuta ongelmia keskijänniteverkon toiminnalle. Sähköautojen levinneisyysasteen kasvaessa 50 %:iin kuormitus kasvaa kuitenkin niin paljon, että keskijänniteverkkoakin on saneerattava. (Tikka 2010)

Älykäs porrastettu lataus tasaa kuormahuippuja merkittävästi. Jos osa sähköautojen kulutuksesta olisi mahdollista ajoittaa sähköverkon kannalta suotuisampaan ajankohtaan, voisivat sähköautot tuoda kustannussäästöjä sähköverkon operatiiviseen toimintaan. Autojen kulutus voitaisiin ajoittaa vastaamaan tarjolla olevaa tuotantoa lähtötilannetta taloudellisemmalla tavalla. Merkittävin säästö syntyisi siirtämällä lataamista illasta yöhön tai tarkemmin sanottuna niihin ajankohtiin, jolloin edullisempaa sähköä on tarjolla. Lataava sähköauto voisi osallistua myös reserveihin, jos lataus olisi mahdollista keskeyttää tarvittaessa. Lataavia sähköautoja voisi käyttää myös tunninsisäiseen säätöön. (Ruska et al. 2010)

Kuvassa 16.3. on esimerkki siitä, miten sähköautojen latauksen ohjaus vaikuttaa pienen kaupungin sähkönsyöttötehoon. Esimerkin olettamuksia on:

- asukaslukumäärä n. 20.000
- sähköasiakkaita 11.000
- tehon maksimi/minimi ilman sähköautoja 6,6/4,0 MW
- sähköautojen lukumäärä 2.000
- sähköautoihin vuorokaudessa ladattava energiamäärä 11,5 kWh, yhteensä 23 MWh (kaikissa tapauksissa sama)

Tarkastelu osoittaa, että huipputeho lisääntyy 0 – 3,5 MV (0...53 %), ts. ettei optimoidulla latauksella tehontarve kasva lainkaan.



Kuva 16.3. Esimerkki sähköautojen lataustavan vaikutuksesta pienehkön kaupungin teho- ja hontarpeeseen. (Lassila 2010)

16.5 Autolämmityspistorasioiden käyttö sähköautojen latauksessa

Suomesta löytyy suuri määrä autojen lämmittämiseen käytettäviä pistorasioita. Vilminko (2010) on opinnäytetyössään selvittänyt lämmityspistorasioiden käyttöä sähköautojen hitaaseen lataukseen.

Vilmingon mukaan olemassa olevien 16 A suojauksella varustettujen pistorasioiden käyttöä rajoittaa toisaalta piharasioihin asennetut ajastimet ja toisaalta se, ettei nykyisissä piharasiaryhmissä ei ole kuluttajakohtaista sähköenergian kulutusmittausta. Myöskään syöttöteho ei välttämättä riitä.

VVO:n Vuokratalojen suunnitteluohjeessa (Vusu) ohjeistetaan kiinteistöjen pääsulakkeiden mitoitus. Autolämmityspistorasioista Vusu ohjeistaa seuraavasti (Vilminko):

- autopaikoista sähköistetään asuntojen lukumäärää vastaava määrä
- käytetään vuorokausikellolla ja vikavirtasuojalla varustettuja pistorasioita.
- ryhmäjohto tulee mitoittaa 1500 W/autopaikka mukaan ja ryhmäsulakkeen mitoituksessa voidaan käyttää määräävänä teho 1000 W/autopaikka

80- ja 90- luvuilla asennetut autolämmitysryhmät on mitoitettu reilusti yli Vusun nykyisten ohjeiden, kun taas sitä vanhemmissa kohteissa mitoitus on vaatimattomampaa. Usein vanhemmissa kohteissa on lupa käyttää vain lohkolämmittintä.

Lämmitystolppien kytkentä toteutetaan normaalisti 3-vaiheista ketjutusta käyttäen. 25 A:n ryhmässä kaapeloinnin on oltava vähintään 6 mm². Vusun mitoitusohjeella saadaan 17 kpl 1000 W:n pistorasiapaikkaa. Tämä mitoitus mahdollistaa kuitenkin vain neljän sähköauton samanaikaisen latauksen 3,6 kW:n teholla. Uusien pistorasiakoteloiden liitännälaitteet mahdollistavat 16 mm² kaapeloinnin, mutta kustannussyistä toteutetaan useimmiten 10 mm² kaapelilla. 10 mm² mahdollistaa ryhmän sulakekoon nostamisen aina 50 A asti, mikäli lämmitystolppien määrää tai olemassa olevan tolpparyhmän tehomäärää halutaan nostaa (Vilminko).

16.6 Fortumin suositus varautumisesta sähköautojen hitaaseen lataukseen

Fortum on julkaissut suosituksen varautumisesta sähköautojen lataukseen (Ladattavat autot 2010). Suosituksessa otetaan kantaa sekä olemassa olevan kiinteistön sähköverkon kehittämiseen että uudisrakennuskohteen suunnitteluun ja toteuttamiseen. Suositus on tarkoitettu asuinkiinteistöille, erityisesti kerros- ja rivitaloyhtiöille. Fortumin suosituksessa sanotaan:

- Suurin osa nykyisistä autojen lämmitysverkoista kaipaa muutoksia, mikäli ne aiotaan päivittää latauskelpoisiksi. Auton lataus vaatii noin 3 kW:n tehon, kun nykyiset lämmitysverkot on usein mitoitettu kestävään suurimmallaan noin 2 kW:n kuorman per pysäköintipaikka.
- Toisaalta kohtuullisen suureksi mitoitettu lämmitysverkko kestää melko monen oikein sijoitetun sähköauton latauksen. Tämä on tarkasteltava tapauskohtaisesti. Tällöinkin lämmitystolppaa täytyy muokata tai vaihtaa se lataustolpaksi, mutta merkittäviltä lisäkustannuksilta vältytään
- Tärkeimmät vaatimukset sähköautojen latauksen mahdollistamiseksi ovat riittävän suuret kaapelit ja sulakkeet. Latausverkon lisäksi mitoituksessa on otettava huomioon kiinteistön keskuksen sulake, joka syöttää kiinteistön yhteisiä kulutus-pisteitä, kuten hissiä, valaisimia ja autopaikkoja. Myös syöttävän kaapelin tulee olla riittävän suuri, että se kestää kuorman eikä vahingoitu vikatilanteissa. Viimeinen mitoitettava tekijä on liittymän pääsulake, mikä saattaa kasvaa merkittävästi autojen latauksen tuoman lisäkuorman seurauksena..
- Normaalisti lämmitysverkko toteutetaan ketjutettuina ryhminä. Mikäli latausverkko halutaan toteuttaa samoin, tarvitaan hieman suuremmat kaapelit ja sulakkeet kasvavan kuorman vuoksi. Latausverkossa voidaan esimerkiksi 63 A:n sulakkeilla varustetulla 3-vaiheisella 4*16+16s mm²:n kaapelilla syöttää noin 12 – 15 ketjutettua autopaikkaa.
- Toinen vaihtoehto toteuttaa syöttö on tähtimäinen järjestelmä, jossa kaikille pysäköintipaikoille vedetään oma 1- tai 3-vaiheinen syöttöjohto yhteisestä keskuksesta. Koska tähtimäiseen järjestelmään siirtyminen ketjutetusta vaatii merkittäviä muutoksia, saattavat kaivuutöiden kustannukset kasvaa liikaa ja siksi tähtimäinen järjestelmä mahdollisesti soveltuu vain uusiin kohteisiin.
- Mitoituksen ohella latauksen ohjaus on tärkeä osa latausverkon suunnittelussa. Alussa, kun sähköautoja on vähän, latauksen ohjausta ei välttämättä tarvitse, vaan riittää, että verkko on mitoitettu kestävään kuormitus. Tulevaisuudessa ladattavien autojen määrän kasvaessa latauksesta aiheutuu melko suuri kuorma sekä kiinteistön verkolle, että jakeluverkolle. Kiinteistön eri kuormia voi ja kannattaa ohjata ja porrastaa siten, että kiinteistön liittymäpisteen ottama maksimiteho ei merkittävästi nouse vaan lataus ohjataan ajalle, jolloin on vähän muuta kulu-tusta. Mahdollista on myös, että älykäs latauspiste tai syöttökeskus ohjaa autojen latausta priorisoimalla eri autojen latausta mm. asetetun määräajan ja akkujen varausten mukaan.
- Sähköautojen latauksessa käytettävät suuntaajat ja hakkuriteholähteet tuottavat verkkoon harmonisia yliaaltoja. Sähköautojen määrän kasvaessa näistä aiheutu-vat ongelmat kasvavat, vaikka latauslaitteet ja autot olisivatkin standardien mu-

kaisia. Harmoniset yliaallot summautuvat nollajohtimeen ja pahimmassa tapauksessa ne kasvavat vaihevirtaa suuremmaksi. Tästä syystä ne on otettava huomioon kaapelin mitoituksessa. Vanhemmissa kohteissa pysäköintialueiden sähköistys on vanhaa TN-C –järjestelmää, jossa nolla- ja suojamaajohdin on yhdistetty. Nämä kohteet on muunnettava nykyisiksi TN-S –järjestelmiksi, joissa on erilliset nolla- ja suojamaajohtimet, ennen kuin lataaminen on turvallista, sillä sähköautojen latauslaitteiden käyttämä virta voi muodostaa vaarallisen jännitteen maadoitettuihin kohteisiin TN-C –järjestelmässä.

- Uuden pysäköintialueen rakentamisessa on järkevä mitoittaa sähköverkko heti riittävän suureksi sähköautojen latausta varten tai ainakin putkittaa pysäköintialue, jolloin kaapelit voidaan tarvittaessa vaihtaa isompiin, ja asentaa ohjauksen mahdollisesti tarvitsemat tiedonsiirtokaapelit myöhemmin.

Fortumin suositus sisältää esimerkkitaulukon siitä, miten monta latauspistettä eri tyyppiset lämmitysverkot kestävät. Tapauksesta riippuen latauspisteiden osuus voi olla 25 – 83 % lämmityspisteiden määrästä (taulukko 16.3).

Tauluko 16.3. Esimerkkejä erilaisten lämmitysverkkojen kyvystä sähköautojen lataukseen. Tähdellä merkityt kohteet toteutettu TN-C –järjestelmällä, ja nämä on päivitettävä TN-S –järjestelmiksi. (Ladattavat autot 2010)

Rakennusvuosi	Kunnostettu	Rakennustyyppi	Parkkipaikkojen määrä	Max latauspisteet	%
2004	-	kerrostalo	55	19	35
2002	-	pientaloalue	114	63	55
1995	-	kerrostalo	22	12	55
1967	1995	kerrostalo	48	12*	25*
1956	1995	kerrostalo	29	24	83
1987	-	kerrostalo	50	36*	72*
1979	-	rivitaloalue	40	20*	50*

Fortumin ohje sisältää myös kustannusarvioita tarvittaville modifikaatioille. Lämmitystolppien päivitys lataustolpiksi maksaa 100 – 150 € per tolppa. Tässä tapauksessa johdotuksia ja syöttöjä ei vielä muuteta, eikä latausta voida tehdä samanaikaisesti kovin monessa pisteessä. Kun syötöt ja johdotukset muutetaan suuremman sähköauto-osuuden mahdollistamiseksi, kustannukset ovat Fortumin arvion mukaan n. 300 € per autopaikka. Uusien pysäköintialueiden osalta Fortumin suositus on, että jokaiselle paikalle varataan 16 A:n sulake ja tätä vastaava syöttöteho. Jos uusi pysäköintialue alun perin rakennetaan sähköautojen latausta varten, lisäkustannus on syöttöjen ja johdotusten osalta luokkaa vain luokkaa 50 € ja tolppien osalta noin 100 € per autopaikka nykyjärjestelmään verrattuna.

Fortumin mukaan asuinkiinteistöihin on järkevintä asentaa hidas lataus, sillä pikalatauksen mahdollistaminen vaatii kohtuuttoman suuria kustannuksia.

17. Sähköautojen ilmastovaikutukset Suomen osalta

- Suomessa vuoden 2020 ilmasto- ja energiatavoitteiden saavuttaminen ei edellytä sähköautojen käyttöönottoa.
- Vuonna 2020 sähköautot voisivat vähentävät tieliikenteen CO₂-päästöjä 1 – 3 %, todennäköisimmin noin 1 %.
- Vuoteen 2030 mentäessä sähköautojen merkitys kasvaa, ja sähköautot tuonevat 15 – 20 %:n vähennyksen tieliikenteen CO₂-päästöihin.
- Verrattuna autoon, jonka CO₂-päästö on 180 g/km (~kannan keskiarvo), sähköauto alentaa kaikilla sähkön muodolla marginaalisähkö mukaan lukien koko energiaketjun yli laskettuja CO₂-päästöjä.
- Jos vertailukohtana on energiatehokas dieselauto (116 g CO₂/km), marginaalisähkön käyttö lisää CO₂:n kokonaispäästöjä.

Ilmastopoliittisia tavoitteita on käsitelty luvuissa 1, 2 ja 3. Suomessa liikennesektoria koskevia linjauksia ja tavoitteita on kirjattu mm. Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnon alan ilmastopoliittiseen ohjelmaan (ILPO 2009), Valtioneuvoston pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiaan (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008) ja Valtioneuvoston tulevaisuusselonteon ilmasto- ja energiapolitiikasta (TUSE 2009).

ILPO:ssa tavoitteet ovat vuodessa 2020. Liikenteessä otetaan käyttöön biopolttoaineita. Tämän lisäksi eri toimenpiteillä liikenteen päästöjä leikataan 2,8 miljoonalla tonnilla vuoden 2020 arvioituun päästötasoon verrattuna. Ylivoimaisesti tärkein toimenpide on henkilöautokannan uudistaminen. Tällä saavutetaan 2,1 – 2,4 miljoonan tonnin päästövähennykset, eli suurusluokkaisesti n. 80 % kokonaisvähennyksestä. ILPO olettaa, että päästövähennykset saavutetaan ensisijaisesti perinteisellä ajoneuvotekniikalla, ja että sähköautot alkavat yleistyä vasta 2020-luvulla.

Vuoden 2009 tulevaisuusselonteossa esitetään visioita vuoteen 2050. Autoilun päästöjen vähentämiskeinoista todetaan yleisellä tasolla (TUSE 2009). Selonteon mukaan keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä yksi lupaavimmista keinoista päästöjen vähentämisessä on autokannan sähköistäminen. TUSE sisältää numeraalisia tavoitteita henkilöautokannan keskimääräisille CO₂-päästöille:

- vuonna 2030 enintään 80–90 g CO₂/km
- vuonna 2040 enintään 50–60 g CO₂/km
- vuonna 2050 20–30 g CO₂/km

Liikenteen osalta sekä biopolttoaineiden että sähkön loppukäyttö (autoissa käytetty biopolttoaine ja sähkö) katsotaan nollapäästöiseksi. Biopolttoaineiden ja sähkön tuotannon päästöt huomioidaan muissa taseissa.

Joulukuussa 2010 hyväksytyn biopolttoaineiden jakeluelvoitelain mukaan Suomessa biopolttoaineiden jakeluelvoite on 6,0 %. Vuoden 2014 jälkeen jakeluelvoitetta nostetaan vuosittain tasaisesti. Vuonna 2020 ja sen jälkeen jakeluelvoite on 20,0 %. Prosenttiluvut tarkoittavat energiaosuutta, ei tilavuusosuuksia. Ajatus on, että vuonna 2020 käytettäisiin pääasiassa ns. tuplalaskettavia biopolttoaineita, jotka saadaan laskea uusiutuvan energian velvoitteeseen kertoimella kaksi.

Koska EU:n vuodelle 2020 asettama minimivaatimus liikenteen uusiutuvan osuudelle on 10 %, tämä minimivaatimus tulee Suomessa täytetyksi pelkästään biopolttoaineilla. Biopolttoaineiden laskennallinen vaikutus liikenteen CO₂-päästöihin arvioidaan todellisen käytetyn polttoainemäärän mukaan. Jos Suomessa vuonna 2020 käytetään 10 % ns. tuplalaskettavia biopolttoaineita, laskennallinen uusiutuvan energian osuus on 20 %, mutta laskennallinen CO₂-päästöjen vähenemä 10 %. Jos taas 20 %:n jakelovelvoite täytetään muilla kuin tuplalaskettavilla biopolttoaineilla, tosiasiallinen määrä ja myös laskennallinen CO₂-päästöjen vähenemä on 20 %.

ILPO olettaa, että vuonna 2020 on käytössä 10 % biopolttoaineita. Tässä tapauksessa muu vähennystarve hiilidioksidipäästöjen osalta on em. 2,8 miljoonaa tonnia CO₂:ta, ja suurin osa vähennyksestä saadaan aikaan henkilöautokalustoa uusimalla. Jos käytössä olisikin faktisesti 20 % biopolttoaineita, laskennallinen lisävähennemä biopolttoaineista olisi n. 1,5 miljoonaa tonnia CO₂:ta, jolloin muu vähennystarve on enää 1,3 miljoonaa tonnia CO₂.

Kuten aikaisemmin on selostettu, sähköautot tulevat markkinoille hitaasti, eikä osuus kannassa vuonna 2020 vielä voi olla kovin suuri. Taulukkoon 17.1 on laskettu eri sähköautomäärien vaikutuksia liikenteen CO₂-päästöihin vuonna 2020. Automäärät vastaavat taulukon 16.1 automääriä. Lisäksi on tehty arvio TEM:in sähkönkulutusennusteen mukaisille liikenteen sähkömäärille (pois lukien raideliikenne).

Yksinkertaistettu tarkastelu on tehty olettamuksella, että sähköauto korvaa vuoden 2010 keskiveroauton, jonka CO₂-päästö on 180 g/km ja jolla ajetaan keskimäärin 16.500 km vuodessa (kts. 14.4). Näin arvioiden eri sähköautomäärille saadaan ehdoton maksimivaikutus. Tämä siksi, että sähköautojen keskimääräinen ajosuorite tullee olemaan alhaisempi, tarjonta kohdistuu pienemmän kokoluokan autoihin ja perinteisenkin autokannan CO₂-päästöt ovat laskussa. Tieliikenteen kokonais-CO₂-päästöinä on käytetty LIISA 2009 arvioita: 12,2 miljoonaa tonnia vuonna 2020 ja 11,7 miljoonaa tonnia vuonna 2030 (LIISA:n luku on tarkkaan ottaen vuodelle 2029).

Taulukko 17.1. Sähköautojen vaikutus tieliikenteen CO₂-päästöihin.

Sähköautojen lkm.	Sähkön määrä TWh	Tieliikenteessä vältetty CO ₂ milj. tonnia	Tieliikenteen CO ₂ päästö milj. tonnia	Suhteellinen päästövähennemä %
2020				
11.000 (min.)	0,04	0,03	12,2	0,3
25.000	0,10	0,07	12,2	0,6
36.000	0,14	0,11	12,2	0,9
140.000 (maks.)	0,55	0,42	12,2	3,4
TEM-arvio n. 177.000	0,7	0,53	12,2	4,3
2030				
TEM-arvio n. 830.000	3,3	2,5	11,7	21
1.000.000 autoa	4,0	3,0	11,7	25
Koko ha-kalusto, 2,5 miljoonaa	10,9	7,5	11,7	64

Tarkastelusta nähdään, että henkilöautojen sähköistämisen tieliikenteen CO₂-päästöjä vähentävä vaikutus voisi vuonna 2020 enimmillään olla 0,4 – 0,5 miljoonaa tonnia tai 3 – 4 %. Todennäköisesti sähköautojen vaikutus jää tasolle 1 %. Raskas liikenne tulee joka tapauksessa vuonna 2020 kulkemaan pääasiassa dieselpolttoaineena.

Edellä esitetystä voidaan vetää se johtopäätös, ettei Suomessa vuoden 2020 ilmasto- ja energiatarvoitteen saavuttaminen edellytä sähköautojen käyttöönottoa

Vuoteen 2030 mentäessä sähköautojen merkitys kasvaa, ja sähköautot tuonevat 15 – 20 %:n vähennyksen tieliikenteen CO₂-päästöihin. Vuonna 2030 paketti- linja- ja kuorma- autojen yhteenlaskettu osuus tieliikenteen CO₂-päästöistä on n. 38 % (taulukon 17.1 yksinkertaistetusta laskennasta tulee 36 %), eikä henkilöautokaluston sähköistämisen tietenkään vaikuta tähän päästöosuuteen.

Vaikka sähkön käyttö liikenteessä lasketaan nollapäästöiseksi, niin sähkön tuotannosta syntyy kuitenkin päästöjä (kts. 8.3). Ilmastolaskurin (2009) mukaan Suomen keskimääräistä sähkönhankintaa kuvaava CO₂-päästökerroin on 221,6 g/kWh ja sähkön marginaaliperusteinen CO₂-päästökerroin 700 g/kWh. Taulukossa 17.2 on arvioitu kokonaisvaikutuksia, huomioiden niin polttoaineiden kuin sähkön tuotannon päästöt. Laskelma on tehty samoin perustein kuin kohdassa 8.3. Sähkölle on arvioitu seuraavat tapaukset: uusiutuva sähkö, Nord Pool –sähkö (oletus 100 g CO₂/kWh), Suomen keskimääräinen sähkön hankinta ja marginaalisähkö. Auton osalta on laskettu kaksi tapausta: keskiarvoauto, jonka pakoputkesta mitattu CO₂-arvo on 180 g/km ja energiatehokkain Passat diesel, jonka CO₂-päästö on 116 g/km.

Taulukko 17.2. CO₂-päästötarkastelu huomioiden koko energiaketjun päästöt (ml. polttoaineen ja sähkön tuotannon CO₂-päästöt). CO₂-päästöt miljoonaa tonnia.

Autoja	180	Uusiutuva	Nord Pool		Keskimääräinen		Marginaali	
	g/km	0 g/kWh	100 g/kWh		221,6 g/kWh		700 g/kWh	
	Päästö	Väh.	Päästö	Väh.	Päästö	Väh.	Päästö	Väh.
11000	0,04	-0,04	0,005	-0,03	0,010	-0,03	0,032	-0,01
25000	0,09	-0,10	0,010	-0,08	0,023	-0,07	0,073	-0,02
36000	0,13	-0,14	0,015	-0,11	0,033	-0,09	0,10	-0,02
140000	0,50	-0,55	0,058	-0,44	0,13	-0,37	0,41	-0,09
177000	0,63	-0,70	0,074	-0,55	0,16	-0,46	0,51	-0,11
830000	3,0	-3,3	0,35	-2,6	0,77	-2,2	2,4	-0,53
1 M	3,5	-4,0	0,42	-3,1	0,92	-2,6	2,9	-0,63
2,5 M	8,9	-10,0	1,0	-7,9	2,3	-6,6	7,3	-1,6
	116							
	g/km							
11000	0,03	-0,03		-0,02		0,01		0,01
25000	0,06	-0,06		-0,05		-0,03		0,02
36000	0,08	-0,08		-0,07		-0,05		0,02
140000	0,32	-0,32		-0,26		-0,19		0,09
177000	0,40	-0,40		-0,33		-0,24		0,11
830000	1,9	-1,9		-1,6		-1,1		0,52
1 M	2,3	-2,3		-1,9		-1,4		0,63
2,5 M	5,8	-5,8		-4,7		-3,4		1,6

Tarkastelu osoittaa, että verrattuna polttomoottoriautoon, jonka CO₂-päästö on 180 g/km, kaikki sähkövaihtoehdot vähentävät CO₂-päästöjä koko energiaketjun yli laskettuna. Jos vertailukohtana on energiatehokas dieselauto, kokonais-CO₂ päästöt kasvavat marginaalisähköä käytettäessä.

Taulukossa 17.3 on näytetty, mihin lukuihin päädytään sähköauton osalta, kun tuotannon päästöt (ml. siirtohäviöt 5 %) kohdistetaan ajetulle kilometrille. Arviot on tehty pienellä (0,15 kWh/km) ja perheauton kokoiselle (0,24 kWh/km) sähköautolle.

Taulukko 17.3. Sähköautojen ajokilometrille kohdistetut CO₂-päästöt (g/km).

Auto	Energiankulutus kWh/km	Uusiutuva	Nord Pool 100 g/kWh	Keskimääräinen 221,6 g/kWh	Marginaali 700 g/kWh
pieni	0,15	0	16	35	110
perheauto	0,24	0	25	56	176

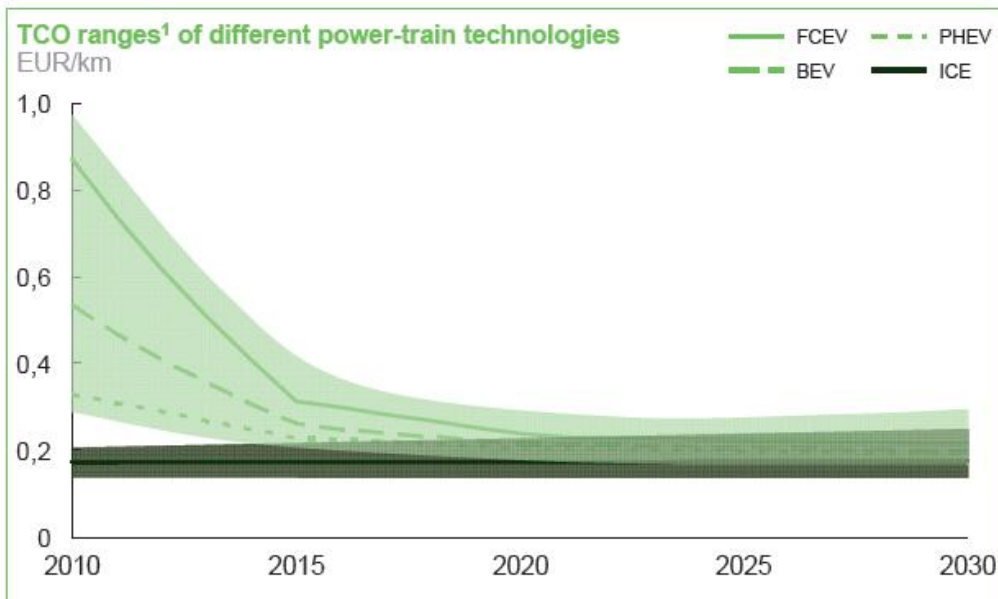
18. Sähköautojen verokohtelu ja sähköautojen kustannukset

- Suomalainen verojärjestelmä suosii vähäpäästöisiä autoja ja näin ollen myös sähköautoja.
- Sähköautot saavat etuja sekä autoveron, ajoneuvoveron (ml. käyttövoimavero) ja energiaveron osalta.
- Uusittu, käyttövoiman mukaan porrastettu käyttövoimavero alentaa sähköautojen käyttövoimaveroa merkittävästi: käyttövoimavero on jatkossa noin 100 € vuodessa täyssähköautoille ja alle 50 € plug-in hybrideille.
- Sähköautojen veroton hinta on korkea, mutta sähköautoihin sovellettava minimiveroprosentti tasaa autoveroa.
- 10 vuoden jaksolla tarkasteltuna sähköautoista kerätään noin 4.000 € vähemmän veroja polttomoottoriautoihin verrattuna (luvussa on mukana autovero).
- Polttomoottoriauton käytöstä kerätään noin 4 kertaa enemmän veroja sähköautoihin verrattuna.
- Ajokilometriä kohti laskettuna sähköauton kokonaiskustannukset ovat 30 – 100 % korkeammat polttomoottoriautoihin verrattuna.
- Sähköauton avulla vältetyn CO₂-tonnin hinnaksi tulee 650 – 2000 €.

18.1 Yleistä

Sähköautojen laajamittainen markkinoille tulo on mahdollista siinä vaiheessa, kun niiden suorituskyky vastaa kuluttajien tarpeita ja ne ovat hinnallisesti kilpailukykyisiä kuluttajan näkökulmasta. Edellä on laajasti tarkasteltu sähköautojen kehitystilannetta, suorituskykyä ja haasteita. Auton kokonaiskustannuksiin vaikuttavat mm. auton veroton hinta, energian tai polttoaineen veroton hinta, energian kulutus, suorite, auton ja energian verotus, huollon tarve ja auton jälleenmyyntiarvo. Alussa sähköautot ovat perinteisiä polttomoottoriautoja kalliimpia. Verohuojennukset tai ympäristöpohjainen verotus parantaa sähköautojen kilpailukykyä kuluttajan näkökulmasta. Tällä hetkellä sähköauto on kallis hankkia mutta halpa käyttää.

Ajan myötä tekniikan kehittyminen alentaa vaihtoehtoisten ratkaisujen hintaa. Kuvassa 18.1 on McKinsey & Companyn (2010) visio kokonaiskustannusten (TCO= total cost of operation) vaihtoehtoisten tekniikoiden osalta. Vuonna 2010 järjestys on edullisemmasta kalliimpaan: perinteiset polttomoottoriautot – plug-in hybridit – täyssähköautot – poltto-kennoautot. McKinsey & Company olettaa kustannusten konvergoivan vuoden 2025 jälkeen. Tämä tarkoittaa myös sitä, että ne jotka ensimmäisten joukossa ottavat käyttöön uutta tekniikkaa, maksavat tästä korkean hinnan.



Kuva 18.1. Kokonaiskustannusten kehittyminen eri tekniikoiden osalta. Tarkastelussa ei ole huomioitu veroja. (McKinsey & Company 2010)

18.2 Suomen autoihin liittyvä verojärjestelmä

18.2.1 Yleistä

Suomessa on siirrytty ympäristöohjaavaan verotukseen niin henkilö- ja pakettiautojen kuin liikenteen käyttämän energian osalta. Autovero muuttui CO₂-pohjaiseksi 2008, ajoneuvovero 2010 - 2011 ja 2011 otettiin lisäksi käyttöön uusi energiaverojärjestelmä. Kaikkiin näihin veromuotoihin sisältyy kannustimia sähköautoille.

18.2.2 Autovero

Autoverolain (1482/1994) mukaan autovero on kertaluonteinen vero, jota kannetaan uusista ja käytettynä maahan tuotavista henkilö- ja pakettiautoista sekä moottoripyöristä, kun ne rekisteröidään Suomessa ensimmäisen kerran. Autoveron verotusarvo on ajoneuvon yleinen vähittäismyyntiarvo eli verollinen kuluttajahinta Suomen markkinoilla. Henkilö- ja pakettiautojen veroprosentti määräytyy valmistajan ilmoittamien, Euroopan unionin lainsäädännössä säädetyllä tavalla mitattujen auton hiilidioksidipäästöjen perusteella. Jos päästöjä ei ole mitattu tai niitä ei tiedetä, vero määräytyy ajoneuvon kokonaismassan ja käyttövoiman perusteella. Täyssähköautoja verotetaan minimiverolla.

Kun CO₂-arvo on tiedossa, veroprosentti muodostuu seuraavasti (CO₂-arvo muodossa g/km):

- veroprosentti = $(\text{CO}_2\text{-arvo}/10 + 4) * 1,22$

Leikkuriarvot ovat 60 ja 360 g/km. Näin verohaarukaksi muodostuu 12,2 - 48,8 % verotusarvosta.

Sähköautoille on julkisuudessa esitetty nollaveroa sillä perusteella, että sähköautojen käytöstä ei synny päästöjä. Totta on, että sähköautojen käyttö on päästötöntä ja sähkön tuotanto on päästökaupan piirissä. Määräaikainen julkinen tuki voisi olla paikallaan esim. alkuvaiheen demonstraatiohankkeissa. Jatkuvaan verottomuuteen ei kuitenkaan ole perusteita, koska myös sähköautot tarvitsevat infrastruktuuria ja aiheuttavat liikenneonnettomuuksia. Kannustimilla ei ole perusteltua kasvattaa henkilöautojen suoritetta ja aiheuttaa ruuhkia sähköautoillakaan, varsinkaan jos samalla haitataan joukkoliikenteen toimintaa.

18.2.3 Ajoneuvovero

Ajoneuvoverosta säädetään ajoneuvoverolaissa (1281/2003). Vero on päiväkohtainen, ja se määrätään etukäteen 12 kuukauden pituiselta verokaudelta. Vero, joka kohdistuu ennen maaliskuuta 2011 olevaan aikaan, on porrastettu kahteen veroluokkaan auton iän perusteella. Ajoneuvoveron perusvero, jota kannetaan henkilö- ja pakettiautoista, on muutettu ajoneuvon hiilidioksidipäästöihin perustuvaksi ajoneuvoverolain muuttamisesta annetulla lailla (1311/2007) ja ajoneuvoverolain muuttamisesta annetun lain 10 §:n muuttamisesta annetulla lailla (943/2009), jotka tulivat voimaan 1 päivänä helmikuuta 2010. Muutettujen lakien mukaan perusvero määräytyy hiilidioksidipäästöjen tai kokonaismassan perusteella samalla tavoin kuin autoverotuksessa. Koska perusvero on päiväkohtainen ja se kannetaan etukäteen, uusia veroperusteita voidaan alkaa soveltaa vasta siirtymäajan jälkeen, jotta kaikkia verovelvollisia kohdeltaisiin yhdenvertaisesti. Tästä johtuen muutettuja säännöksiä sovelletaan vasta 1 päivästä maaliskuuta 2011 ja sen jälkeisiltä päiviltä kannettavaan ajoneuvoveron perusveroon. Uusien veroperusteiden mukaan laskettua veroa sisältäviä verolippuja on kuitenkin lähetetty jo maaliskuun 2010 alusta lukien.

Päästöperusteinen ajoneuvoveron perusvero on 20 - 605 € vuodessa auton ominaishiilidioksidipäästöjen määrästä riippuen. Verotaulukko on sama kaikille perusveron alaisille ajoneuvoille. Tässä tapauksessa leikkuripisteet ovat 66 ja 400 g CO₂/km. Tässäkin tapauksessa täyssähköautoja verotetaan minimiverolla.

Ajoneuvoveron käyttövoimaveroa on kannettu henkilö-, paketti- ja kuorma-autoista, jotka käyttävät polttoaineena muuta kuin moottoribensiiniä. Käyttövoimavero ei kuitenkaan ole koskenut maakaasuautoja. Henkilöautojen osalta käyttövoimaverolla tasoitetaan eri tavoin verotettuja polttoaineita käyttävien autojen erisuuruisia käyttökustannuksia autoilijoille. Dieselajoneuvoilta kannettava käyttövoimavero korvautuu niiden pienemmällä polttoaineen kulutuksella ja dieselpolttoaineen bensiiniä alemmalla polttoaineverolla. Massaan perustuvan käyttövoimaveron taso (6,7 snt päivässä alkavalta kokonaismassan 100 kg:lta) mitoitettiin siten, että bensiini- ja dieselkäyttöisen henkilöauton verorasitus on suurin piirtein yhtä suuri noin 18.000 kilometrin vuotuisella ajosuoritteella. Aikaisemmin sähköautoilta perittiin sama massapohjainen käyttövoimavero kuin dieselautoilta. Auton kokonaismassa ollessa 1900 kg (keskiverto dieselauto), veron suuruus oli 645 € vuodessa.

18.2.4 Uusi energia- ja käyttövoimaverojärjestelmä

Eduskunta hyväksyi joulukuussa 2010 hallituksen esityksen energiaverotusta koskevan lainsäädännön muuttamiseksi (HE 147/2010). Pakettiin kuuluu seuraavat tieliikenteeseen vaikuttavat, vuoden 2011 alussa voimaan tulleet lakimuutokset (Eduskunta 2010):

- Laki nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta annetun lain muuttamisesta (1399/2010)
- Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta annetun lain muuttamisesta (1400/2010)
- Laki ajoneuvoverolain 11 §:n muuttamisesta (1401/2010)
- Laki ajoneuvoverolain 12 §:n 2 momentin kumoamisesta (1402/2010)

Nestemäisten polttoaineiden osalta verotus perustuu jatkossa energiasisältöön, CO₂-päästöihin ja lähipäästöihin. Uudistuksen jälkeen bensiini verorasitus säilyy entisellään, 0,63 €/l. Dieselpolttoaineen vero nousee vuoden 2011 alusta 0,08 €/l (0,36-> 0,44 €/l).

Uudistus nostaa sähkön verotusta. I veroluokassa (mm. kotitaloussähkö) vero nousee 0,883 -> 1,703 snt/kWh. Sähkön hinta kotitalouksille on Helsingissä tammikuussa 2011 noin 13 snt/kWh (Helsingin Energia 2011). Veronkotonuksen vaikutus kuluttajahintaan on näin ollen runsas 5 %.

Sähköautojen kannalta olennaisin ero on kuitenkin käyttövoimaveron muutos. Jatkossa käyttövoimaveron porrastetaan tekniikan/käyttövoiman mukaan. Eri autokategorioissa käyttövoimaveron on jatkossa (HE 147/2010, vero päivää ja kokonaismassan alkava 100 kg:aa kohti):

- 5,5 snt, jos käyttövoima on dieselöljy
- 1,5 snt, jos ajoneuvon käyttövoima on sähkö
- 0,5 snt, jos ajoneuvon käyttövoima on sähkö ja moottoribensiini (plug-in hybridi bensiinillä)
- 4,9 snt, jos ajoneuvon käyttövoima on sähkö ja dieselöljy (plug-in hybridi dieselöljyllä)
- 3,1 snt, jos ajoneuvon käyttövoima on metaanista koostuva polttoaine

Verojärjestelmässä on edelleen säilytetty käyttövoimaveron tasauselementtinä. Raskaan kaluston polttoainetta ei haluta verottaa täysimääräisesti, ja kaasun ja sähkön verottaminen käyttökohteen mukaan ei vielä ole mahdollista.

Käyttövoimaveron tasot on laskettu seuraavilla vuosisuoritteiden oletuksilla:

- diesel 25.000 km/a
- täyssähköauto 10.000 km/a
- plug-in hybridi 5.000 km/a (sähköllä ajettava suorite)
- metaanikäyttöinen henkilöauto 10.000 km/a (kaasulla ajettava suorite)

Uudistettu veromalli pienentää sähköä hyödyntävien autojen käyttövoimaveron oleellisesti. Taulukossa 18.1 on esitetty esimerkkejä uudistuksen vaikutuksesta sähköautojen käyttövoimaveroon.

Taulukko 18.1. Verouudistuksen vaikutus sähköautojen käyttövoimaveroon. Arvioluvut varjostettu.

Auto	Kokonaispaino kg	Käyttövoimav. vanha €/vuosi	Käyttövoimav. uusi €/vuosi
Think City	1307	342	77
Mitsubishi i-MiEV	1430	367	82
Nissan Leaf	1965	489	110
Toyota Prius PHEV	1935	479	37

18.2.5 Verokertymät eri tekniikkaa edustavista autoista

Seuraavassa on tarkasteltu eri autotyypeistä syntyviä verokertymiä. Tarkastelu on tehty seuraavilla oletuksilla:

- tarkastelujakso 10 vuotta ilman diskonttausta
- ajosuorite 16.500 km/vuosi
- sähköautojen hinnat Englannin tai Saksan hintojen mukaan (ilman tukiaisia ja autoveroa mutta sisältäen arvonlisäveron)
- autovero ja ajoneuvovero (perusosa + käyttövoimaveron) suomalaisen järjestelmän mukaan, dieselpolttoaineen vero vuoden 2012 tason mukaan
 - bensiini 0,63 €/l
 - diesel 0,44 €/l
 - sähkö 0,01703 €/kWh
- tarkastellut autot (4-oviset versiot):
 - Mitsubishi i-MiEV/Toyota AYGO bensiini
 - Nissan Leaf/Opel Ampera/Volkswagen Golf bensiini/Volkswagen Golf diesel

Autoille käytetyt arvot on esitetty taulukossa 18.2. Arvot perustuvat osittain arvioihin.

Taulukko 18.2. Laskennassa käytetyt autoja koskevat luvut. Arvioluvut varjostettu.

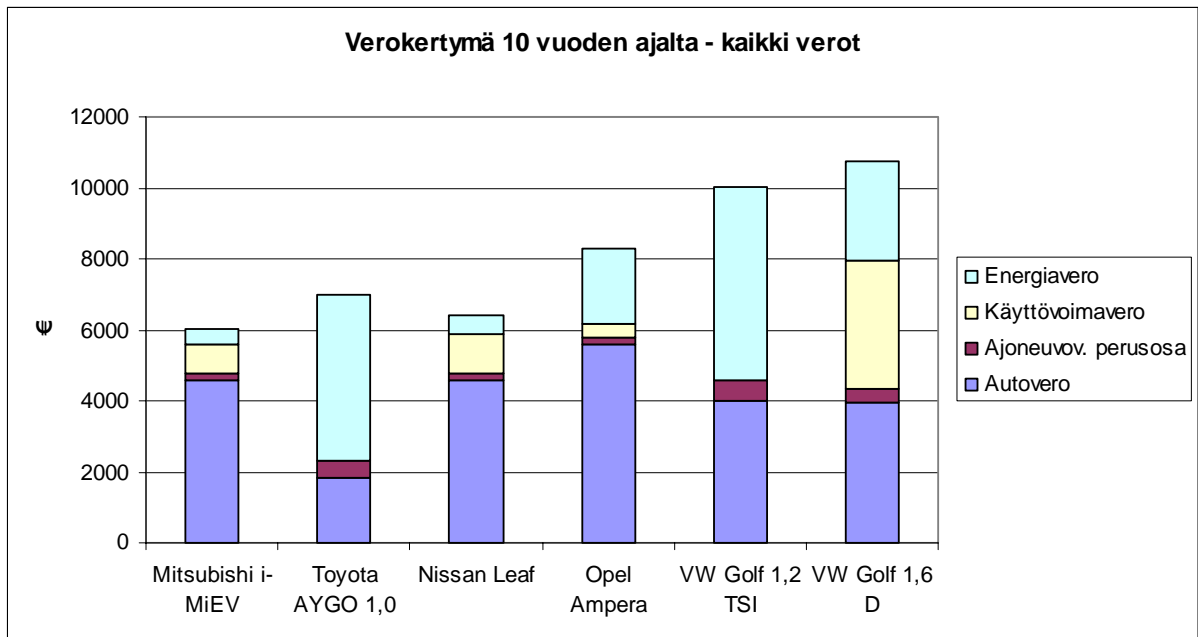
Auto	K.paino kg	CO ₂ g/km	Pa-kul. l/100 km	Sähkö kWh/km	Autovero %	Vero- ton€	Autovero €	Perusv. €/vuosi	Käyttöv. €/vuosi
Mitsubishi i-MiEV	1430	0		0,15	12,2	35000	4561	20	82
Toyota AYGO 1,0	1190	103	4,5		17,4	9538	1846	45	0
Nissan Leaf	1965	0		0,20	12,2	35000	4561	20	110
Opel Ampera	2100	40	1,6	0,15	12,2	42900	5598	20	38
VW Golf 1,2 TSI	1750	121	5,2		19,6	17610	3995	60	0
VW Golf 1,6 D	1750	99	3,8		17,0	20650	3945	41	361

Tulokset on esitetty kuvissa 18.2 (autoveron + käyttöön kohdistuvien verojen kertymä) ja kuvassa 18.3 (käyttöön kohdistuvien verojen kertymä).

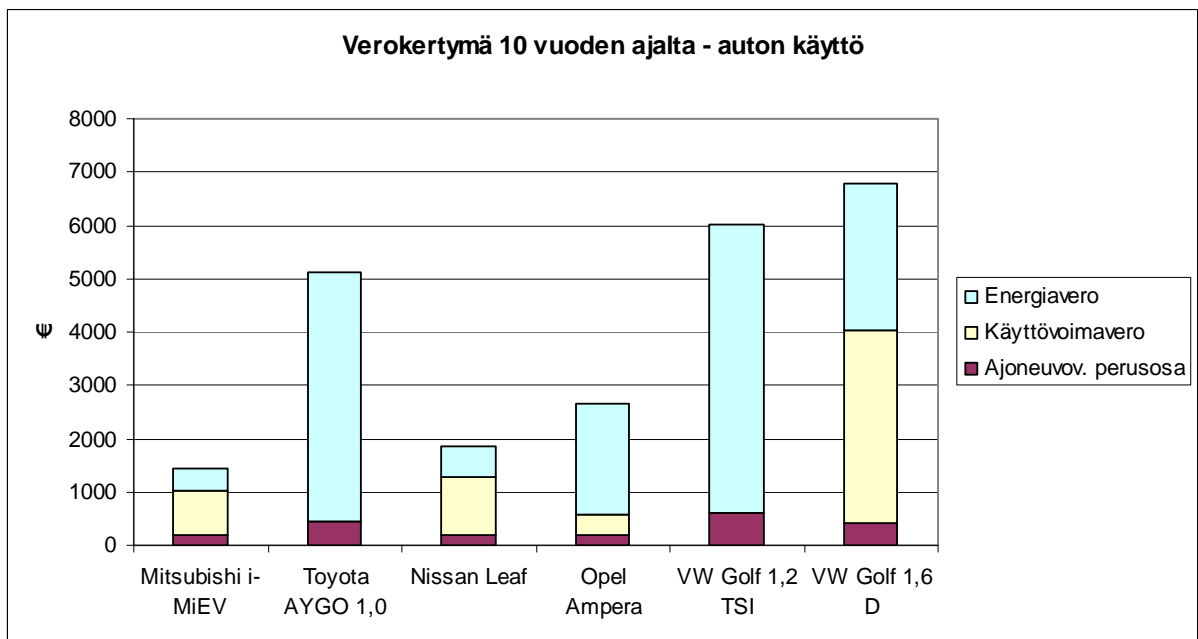
Kokonaisverokertymän osalta autot jakautuva kahteen pääryhmään: kokonaiskertymä noin 6000 € (täyssähköautot ja pieni bensiiniauto) ja kokonaiskertymä noin 10.000 € (Volkswagen Golf bensiini ja diesel). Toyota AYGO:n alhainen kertymä selittyy halvalla hinnalla: veroton hinta on vain noin neljännes Mitsubishi i-MiEV:in tai Nissan Leafin hinnasta. Plug-in auto (Opel Ampera) asettuu pääryhmien välimaastoon, verokertymän ollessa noin 8000 €. Amperassa autovero on kalliin hinnan takia korkea.

Tarkasteltaessa parin Nissan Leaf/Volkswagen Golf verokertymää 10 vuoden jaksolta nähdään, että täyssähköautosta kerätään noin 4000 € vähemmän veroja polttomoottoriautoon verrattuna (luvussa on mukana autovero). Jos lähtökohtana olisi verottomalta hinnaltaan samanhintaiset autot, esim. 30.000 €, ero olisi vielä suurempi, noin 7.500 € (6000 vs. 13.500 €).

Käyttöön kohdistuvien verojen kertymästä näkyy selvästi veromallin ympäristöohjauvuus. Täyssähköautoilla verokertymä on noin neljännes polttomoottoriautojen verokertymästä, plug-in autolla noin 40 %. Käyttövoimaveron luonteesta johtuen (kiinteä vero) suhteet muuttuvat jonkin verran ajosuoritteen mukaan.



Kuva 18.2. Autoveron ja käyttöön kohdistuvien verojen yhteenlaskettu kertymä 10 vuoden jaksolle.



Kuva 18.3. Käyttöön kohdistuvien verojen kertymä 10 vuoden jaksolle. Ajosuorite kaikilla autolla 16.500 km vuodessa.

18.3 Kokonaiskustannusten tarkastelu

Kokonaiskustannusten tarkastelu perustuu kohdassa 18.2.5 esitettyihin lukuihin. Yksinkertaistettu kilometrikustannusten laskenta on tehty seuraavilla olettamuksilla:

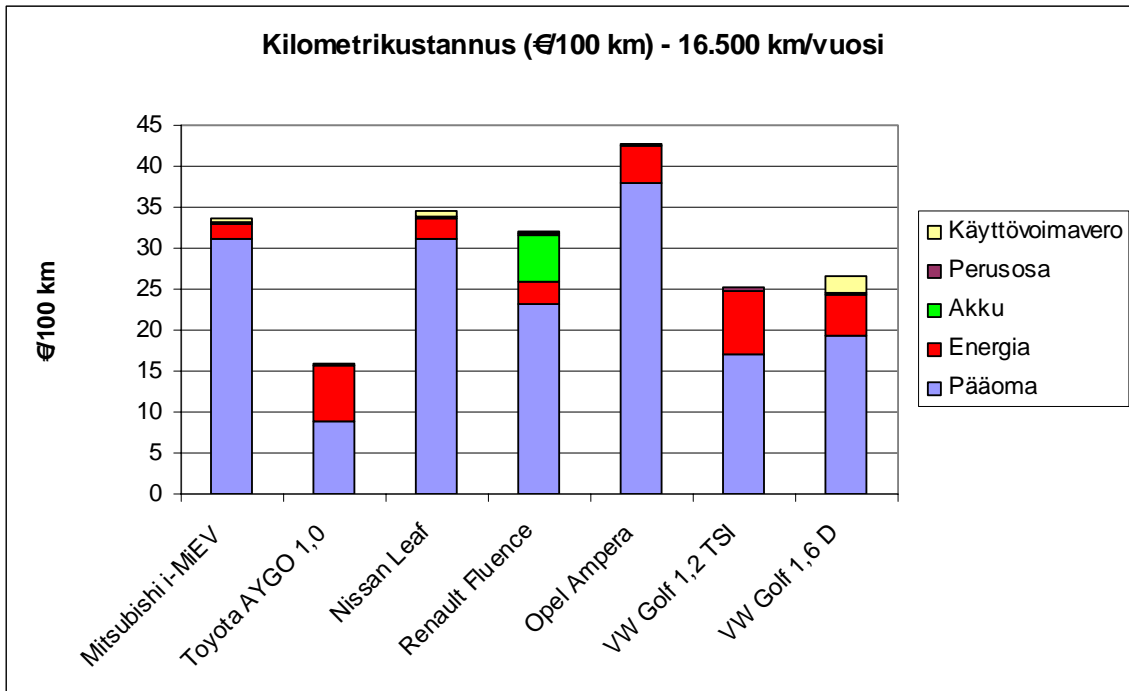
- pitoaika 10 vuotta, jäännösarvo 0 €
- laskentakorko 5 %
- vuotuinen ajosuorite 16.500 km
- laskennassa huomioidut kustannuserät:
 - pääomakustannus perustuen auton autoverolliseen hintaan
 - polttoaine/energiakustannus:
 - bensiini 1,50 €/l
 - diesel 1,30 €/l
 - sähkö 0,13 €/kWh
 - ajoneuvoveron perusosa
 - käyttövoimavero

Laskelmassa ei ole huomioitu huoltokustannuksia eikä mahdollisesta akunvaihdosta aiheutuvia kustannuksia. Sähköautoista ei vielä ole käytettävissä luotettavia arvioita näistä kustannuksista. Tämä laskelma siis olettaa, että akku kestää 10 vuotta. Polttomoottoriautojen osalta huoltokustannus olisi suuruusluokkaisesti 0,05 €/km eli 5 €/100 km.

Tavanomaisten auton hinnat on luettu maahantuojien sivuilta tammikuussa 2011 (www.toyota.fi, www.volkswagen.fi).

Kohdan 18.2.5 autoluetteloon on lisätty vielä yksi auto: Renault Fluence. Renaultin konsepti on mielenkiintoinen, kuluttaja ostaa auton, mutta vuokraa akun. Auton autoveroton hinta ilman tukia mutta sisältäen arvonnalisäveron on Ranskassa 26.000 €. Akun vuokra on 79 €/kuukausi sisältäen arvonnalisäveron. Muilta osin Fluence on laskettu samoin arvoin kuin Nissan Leaf.

Tulokset on esitetty kuvassa 18.4 muodossa €/100 km. Kaikkien autojen osalta pääomakustannus dominoi. Pieni bensiiniauto Toyota AYGO on odotetusti edullisin, kokonaiskustannusten ollessa 16 €/100 km. Käytetyillä olettamuksilla Opel Ampera on kallein vaihtoehto, n. 43 €/100 km, johtuen auton korkeasta hinnasta. Täyssähköautojen kustannus on 32 – 34 €/100 km. Tässä laskennassa Nissan Leaf ja Renault Fluence antavat lähes saman kokonaiskustannuksen. Leafin tapauksessa "akkuriski" on kuluttajalla, Fluencen tapauksessa valmistajalla. Kokoluokkien sisällä tarkasteltuna täyssähköauto on pikkuluokassa (i-MiEV/AYGO) n. 100 % kalliimpi ja keskiluokassa (Leaf & Fluence vs. Golf) noin 30 - 35 % kalliimpi kuin perinteinen polttomoottoriauto. Yleisen näkemyksen mukaan plug-in hybridit ovat täyssähköautoja kustannustehokkaampia. Tähän väittämään saadaan vastaus vasta siinä vaiheessa kun markkinoille tulee vertailukelpoisia automalleja ja kun myyntihinnat vahvistuvat lopullisesti.



Kuva 18.4. Kokonaiskustannusten vertailu. Ei sisällä huolto- ja akkukustannuksia lukuun ottamatta Renault Fluencen akkuvuokraa.

18.4 Vältetyn CO₂-tonnin hinta

Kohdan 18.3 laskelmien perustella voidaan tarkastella sähköautolla vältetyn CO₂-tonnin hintaa. Vertailu tehdään kahtena parina:

- Mitsubishi i-MiEV vs. bensiini Toyota AYGO
- Nissan Leaf vs. diesel Volkswagen Golf

Tarkastelu on tässäkin tehty koko polttoaine- tai energiaketjun yli (arvot Ilmastolaskuri, Tilastokeskus, JRC, RES-direktiivi):

- uusiutuva sähkö, CO₂= 0
- keskimääräinen sähkön hankinta 221,6 g/kWh, siirtohäviöt 5 %. yhteensä 233 g/kWh
- bensiinin well-to-wheel CO₂-päästö 85,5 g CO₂/MJ, lämpöarvo 32 MJ/l
- dieselöljyn well-to-wheel CO₂-päästö 87,8 g CO₂/MJ, lämpöarvo 36 MJ/l

Tarkastelun tulokset on esitetty taulukossa 18.3.

Taulukko 18.3. Sähköautolla vältetyn CO₂-tonnin hinta.

	Kust. (€/km)	CO ₂ -päästö WTW (g/km)			Vältetty CO ₂ (g/km)		CO ₂ -hinta (€/tonni)	
		Polttom.	Uusiutuva 0 g/kWh	Keskiarvo 233 g/kWh	Uusiutuva	Keskiarvo	Uusiutuva	Keskiarvo
Mitsubishi i-MiEV	0,34		0	33	123	90	1435	1962
Toyota AYGO 1,0	0,16	123						
Nissan Leaf	0,34		0	45	120	76	645	1027
Volkswagen Golf 1,6 D	0,27	120						

Sähköauto ei vielä ole kustannustehokas keino liikenteen CO₂-päästöjen vähentämiseen. Vältetyn CO₂-tonnin hinnaksi tulee uusiutuvalla sähköllä 650 – 1400 €/tonni ja keskiarvosähköllä 1000 – 2000 €/tonni.

19. Sähköautot liikennepolitiikan näkökulmasta

- Sähköautot alkavat vaikuttaa merkittävästi liikenteen CO₂-päästöihin vasta noin vuonna 2030.
- Nykytilanteessa sähköautot eivät ole kustannustehokas keino liikenteen CO₂-päästöjen vähentämiseksi, eikä ole perusteltavaa, että heti alussa pyrittäisiin sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen.
- Yritykset, jotka tavoittelevat liiketoimintaa sähköautoista, niiden osajärjestelmistä, komponenteista, latausjärjestelmistä ja sähköautojen käyttöä tukevista apujärjestelmistä tarvitsevat kuitenkin erilaisia demoja tuotekehityspalautteen ja referenssien saamiseksi.
- Riittävän laajat demonstraatiot voivat lisäksi palvella liikennepolitiikka antamalla palautetta sähköautojen todellisesta suorituskyvystä, potentiaalista ja mahdollisista kehitystarpeista.
- Sähköautot vähentävät terveydelle haitallisia lähipäästöjä, mutta vaikutus jää vähäiseksi siinä tapauksessa että sähköautot korvaavat bensiinikäyttöistä henkilöautokalustoa.
- Sähköauto sinällään ei ole lääke lisääntyvään henkilöautoliikenteeseen ja ruuhkiin.
- Yrityksille ja yhteisöille suunnattu tuki voisi johtaa polttomoottoriautojen korvautumiseen sähköautoilla, ei autojen lukumäärän nousuun.
- Väärin suunnatut sähköautojen kannustimet saattavat heikentää joukkoliikenteen palvelu- ja kilpailukykyä.
- Niillä alueilla joilla joukkoliikenne on kehno, välimatkat pitkiä ja henkilöauto ainoa käytännöllinen liikkumisen muoto, täyssähköauton suorituskyky on todennäköisesti riittämätön.
- Suomessa plug-in hybridi voisi olla käyttökelpoisempi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto kuin täyssähköauto.
- Painava, korkeajännitteinen ja paljon energiaa sisältävä akusto voi olla turvallisuusriski, ja sähköautojen käyttöönotto edellyttää koulutusta niin korjaamo- kuin pelastushenkilöstölle.
- Sähköverkot tulee valmistella sähköautojen tuloon, pikaisella aikataululla tarvitaan esim. rakentamismääräyksiin ohjeistusta siitä, miten sähköautojen lataukseen tulee varautua.

19.1 Yleistä

Luvussa 16 tarkasteltiin sähköautojen vaikutuksia sähkön kysyntään ja sähköverkkoon sekä infrastruktuurin valmiutta ottaa vastaan sähköautoja. Jos Suomessa olisi 1 miljoona sähköautoa, niiden tarvitsema sähkömäärä olisi alle 5 % Suomen nykyisestä sähkön kulutuksesta. Ohjaamalla sähköautojen lataus älykkäästi vältetään latauksen aiheuttamilta tehopiikeiltä ja lisätehon tarpeelta. Yksinkertaistaen voidaan sanoa, että sähköä riittää useille sadoille tuhansille sähköautoille, mutta että paikallisverkkoja tulisi valmistella sähköautojen tuloon, ja että verkkoihin pitäisi saada älykkyyttä.

Luvussa 17 tarkasteltiin sähköautojen ilmastovaikutuksia. Liikenteen CO₂-päästöihin sähköautoilla ei juurikaan ole vaikutusta vielä vuonna 2020. Sähköautot tulevat markkinoille hitaasti, ja vuonna 2020 niiden vaikutus voisi olla suuruusluokkaisesti 1 %. Nykytilan-

teessa sähköauto ei myöskään ole kustannustehokas tapa vähentää CO₂-päästöjä, koska vältetyn CO₂-tonnin hinnaksi tulee 650 – 2000 €. Vuonna 2030 sähköautot alkavat jo merkittävämmän vaikuttaa liikenteen CO₂-päästöjä alentavasti. Vuoden 2050 alustavien ilmastotavoitteiden saavuttaminen tulee edellyttämään henkilöautoliikenteen merkittävää sähköistämistä.

Liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta ei ole perusteltavaa, että heti alussa pyrittäisiin sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen. Pikemmin asia pitäisi nähdä niin, että nyt ryhdytään pohjustamaan sähköisen liikkuvuuden tulevaisuutta ja mahdollistamista. Kokonaisjärjestelmä on paljon muutakin kuin yksittäiset sähköautot lohkolämmittintolpista ladattuina. Luvussa 16 todettiin, että nykyiset lämmitintolppaverkot kestävät sähköauton latauksen vain noin joka neljännessä tolpassa. Jos sähköautojen käyttäjille pitää taa-ta mielenrauha ja liikkumisen vapaus, pitää myös miettiä julkista pikalatausjärjestelmää ja sähköautojen käyttöä tukevia informaatiojärjestelmiä.

Auton käyttöikä on tyyppillisesti noin 15 vuotta. Rakennuskanta taas suunnitellaan vähintäänkin 50 vuoden käyttöikää ajatellen. Niiden rakennusten, joita suunnitellaan tai rakennetaan paraikaa, pitäisi palvella hyvin vielä vuonna 2050. Koska oletus on, että sähköistymisen aste on merkittävä vuonna 2050, sähköautoihin varautuminen pitäisi mahdollisimman nopeasti viedä rakentamismääräyksiin, niin asuntojen kuin julkisten rakennusten osalta. Fortumin ”Ladattavat autot” –suosituksessa todetaan:

”Uuden pysäköintialueen rakentamisessa on järkevä mitoittaa sähköverkko heti riittävän suureksi sähköautojen latausta varten tai ainakin putkittaa pysäköintialue, jolloin kaapelit voidaan tarvittaessa vaihtaa isompiin, ja asentaa ohjauksen mahdollisesti tarvitsemat tiedonsiirtokaapelit myöhemmin.”

Varautuminen putkituksiin ja johdotuksiin on halpaa verrattuna rakenteiden auki repimiseen, oli sitten kyse asfaltista tai betonista.

Infrastruktuurin osalta kiire liittyy siis suunnitteluohjeisiin ja varautumiseen, ei niinkään varsinaiseen toteutukseen. Pikalatauksen osalta tilannetta hankaloittaa se, että latauksen standardointi on vielä kesken (mm. pistokkeet, nopeutettu lataus). Niinpä useat sähköautot tulevat markkinoille aluksi pelkästään hitaaseen lataukseen varustettuna. Tässäkin raportissa on jo useasti todettu, että sähköautojen määrän lisääntyessä on tarpeellista ohjata latausta älykkäästi, muuten sähköautot aiheuttavat uuden kulutushuipun, joka vaatisi verkkovahvistuksia sekä huippukapasiteetin lisäämistä.

Meillä ei myöskään ole kiire saada suurta määrää sähköautoja liikenteeseen, jotta selviäisimme vuoden 2020 ilmasto- tai energiavelvoitteista. Niistä selvitään muilla, todennäköisesti kustannustehokkaammilla keinoilla, mm. uudistamalla autokalustoa perinteistä tekniikkaa edustavilla vähäpäästöisillä autoilla. McKinsey & Companyn kuvassa 18.1 esitetään, että esim. täyssähköautojen kustannukset laskevat polttomoottoriautojen tasolle noin vuonna 2025. Ne jotka kiirehtivät, maksavat korkean hinnan.

Julkisessa keskustelussa on sanottu, että jollemme tue sähköautojen hankintaa voimallisesti, on vaarana etteivät autonvalmistajat toimita meille tuotannon alkupään autoja. Onko se menetys, kun tiedossa on, että autojen teknologia kehittyy koko ajan (vrt. matkapuhelimien kehitys)? Meidän tulee asettaa kysymys, mitä häviämme, jos kiiruhdamme hitaasti?

Liikennepolitiikan kannalta vastaus lienee, että kiihuhtamisella tuskin saavutetaan merkittäviä etuja. Elinkeinopolitiikan ja liiketoiminnan kannalta tilanne on kuitenkin toinen. Yritykset, jotka tavoittelevat liiketoimintaa sähköautoista, niiden osajärjestelmistä, komponenteista, latausjärjestelmistä ja sähköautojen käyttöä tukevista apujärjestelmistä tarvitsevat erilaisia demoja tuotekehityspalautteen ja referenssien saamiseksi. On myös esitetty näkemyksiä siitä, että Suomi voisi jatkossa toimia suurten autonvalmistajien testikenttänä sähköautojen kehityksessä. Tosin esim. Ruotsissa on esitetty aivan samankaltaisia ajatuksia.

Demot voivat kuitenkin antaa palautetta myös liikennepolitiikan muodostamiseen antamalla palautetta sähköautojen todellisesta suorituskyvystä, potentiaalista ja mahdollisista kehitystarpeista. Palautteen avulla voitaisiin muodostaa tai tarkentaa sähköautoihin liittyviä tavoitteita.

TEM:in vuoden 2009 sähköajoneuvomietinnössä kiireellisimmiksi toimenpiteiksi nähtiinkin osaamisen kehittäminen (niin tekniikan kuin liiketoiminnan alueella) ja kokeiluhankkeiden käynnistäminen. Yleiset kannustimet sähköautojen hankintaan ja käyttöön tulevat vasta myöhemmin:

”Suomalaisen sähköajoneuvotoimialan kehittymisen ja kasvun kannalta toimenpiteiden toteuttaminen on tarkoituksen mukaista vaiheistaa niin, että päähuomio kiinnitettäisiin aluksi alan osaamisen ja kansainvälisen liiketoiminnan kehittämiseen sekä kokeilu- ja konseptihankkeisiin. Sähköajoneuvojen tarjonnan lisääntyessä ja kuluttajamarkkinoiden vahvistuessa näiden rinnalle tuotaisiin hankinnan ja käytön kannusteet sekä ajoneuvokannan edellyttämän latausinfrastruktuurin kehittämiseen liittyvät toimenpiteet.”

Kuten edellä todettiin, varautuminen sähköautojen lataamiseen pitäisi kuitenkin saada rakentamismääräyksiin nopealla aikataululla.

19.2 Sähköautojen käytettävyys ja vaikutukset liikennesuoritteisiin

Sähköautojen käyttöönotto ei vähennä yksityiskäytössä olevien henkilöautojen lukumäärää, henkilöautoliikennettä tai esim. ruuhkien määrää. Seuraavissa tapauksissa sähköautot voivat jopa lisätä henkilöautojen määrää tai suoritetta:

- sähköauto ei suorituskykynsä (lähinnä toimintamatka) puolesta täytä perheen ai-noalle autolle asetettavia vaatimuksia, ja sähköauto hankitaan ns. kakkosautoksi polttomootoriauton rinnalle
- väärin suunnatut kannustimet (vapaa pysäköinti ja joukkoliikennekaistojen käyttöoikeus) houkuttelevat siirtymään joukkoliikenteestä sähköhenkilöautojen käyttöön
- pahimmassa tapauksessa joukkoliikennekaistoja käyttävät sähköautot haittaisivat bussiliikenteen sujuvuutta

Täyssähköauto on parhaimmillaan kaupunki- ja taajamaliikenteessä, ja voisi sopia hyvin esim. pääkaupunkiseudulle. Toisaalta pääkaupunkiseudulla on hyvin toimiva joukkoliikenne, ja sähköautojen edistäminen voisi olla ristiriidassa joukkoliikenteen edistämisen kanssa. Frost & Sullivan (2010 a) luettelee seuraavia sähköautoille käytettyjä, joukkoliikenteen edistämisen kannalta huonoja kannustimia:

- ilmainen pysäköinti kaupunkikeskustoissa
- vapautus ruuhkamaksuista
- mahdollisuus käyttää bussikaistoja

Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma HLJ puolestaan painottaa vahvasti joukkoliikennettä. Joukkoliikenteestä todetaan (HLJ 2011, luonnos):

”Linjastorakennetta ja palvelutarjontaa kehittämällä parannetaan joukkoliikenteen taloudellista tehokkuutta ja kilpailukykyä suhteessa henkilöautoliikenteeseen. Joukkoliikennejärjestelmän perustana on kattava raideliikenteen ja bussiliikenteen runkoverkko, jota täydennetään sujuvilla ja turvallisilla bussien, henkilöautojen, kävelyn ja pyöräilyn liityntäyhteyksillä. Näin varmistetaan matkaketjujen toimivuus.”

Jos halutaan välttää automäärien kasvu keskustassa, voisi sähköautojen liityntäpysäköinnin suosiminen olla parempi vaihtoehto kuin keskustan pysäköintietuudet.

Kärjistäen täyssähköautoa voisi nykytekniikan tasolla kuvata seuraavasti:

- toimintamatkaltaan se on kuin polttomoottoriauto jossa on 5 litran polttoainesäiliö ja joka voidaan tankata vasta määränpäässä
- hankintahinnaltaan sähköauto on vähintään kaksi kertaa kalliimpi kuin vastaava polttomoottoriauto
- sähköauto hyytyy kylmässä, ja siinä on huono lämmityslaite

Suomi on pitkien etäisyyksien maa. Niillä alueilla joilla joukkoliikenne on kehno, välimatkat pitkiä ja henkilöauto ainoa käytännöllinen liikkumisen muoto, täyssähköauton suorituskyky on todennäköisesti riittämätön. Jos suorituskyky kuitenkin olisi riittävä, keskivertokansalaisen maksukyky tuskin mahdollistaa sähköauton ostamisen jos se on hinnaltaan kaksinkertainen tavanomaiseen autoon verrattuna.

Kohdassa 13.3 referoitiin Mini E:llä tehtyä kuluttajatutkimusta. Sähkö-Minin käyttäjiksi valikoitui keskimäärin hyvin toimeen tulevia, akateemisen taustan omaavia omakotiasujia (Schwalm 2010). Tässä vaiheessa sähköautojen hankinnan voimakas tukeminen, joko suoran rahallisen tuen tai verohuojennusten muodossa, voisi johtaa tietynlaiseen epätaasa-arvoon.

Jotta myös muut kuin pientaloasujat ja ne kerrostaloasujat, joilla on nimikoitu lämmitystolpalla varustettu pysäköintipaikka, voisivat käyttää sähköautoja, tarvitaan julkisia latauspisteitä. Esimerkiksi Helsingin keskustassa katujen varsille sijoitettujen lataustolppien käyttö ja ylläpito voisi talviaikana olla haastavaa. Kuvassa 19.1 on Helsingin Uudenmaankatu joulukuun 2010 lumisateiden jäljiltä. Suurin osa kadunvarsien pysäköintipaikoista oli pois käytöstä. Pysäköintihalleihin sijoitettu lataus on tietenkin parempi vaihtoehto, mutta kaikilla keskustan autoilijoilla ei ole mahdollisuutta hallipaikkaan.

Helsingissä Helsingin Energian Runeberginkadulle pystyttämä julkinen sähköautojen latauspiste (kuva 6.9) on Helsingin kaupungin tekemällä päätöksellä rauhoitettu sähköautoille liikennemerkillä (kuva 19.2). Tämä paikka on ilmeisesti onnistuttu pitämään vapaana niin lumesta kuin polttomoottoriautoista.



Kuva 19.1. Joulukuun 2010 lumiongelmia Helsingissä. Kuva Nils-Olof Nylund.



Kuva 19.2. Liikennemerkillä sähköautojen lataukseen varattu pysäköintipaikka. Kuva Matti Ahtiainen.

Julkiset pikalatausasemat olisivat yksi ratkaisu sähköautojen lataukseen kaupunkikeskustoissa. Kattava pikalatausverkosto on myös ehdoton edellytys sille, että täyssähköauton käyttö mahdollistuisi pidemmällä matkoilla. Verkon rakentaminen tarvitsee yhteiskunnan tukea, koska latausasemia tulisi rakentaa voimakkaasti etupainotteisena, ja energiayhtiöiden on vaikea saada pikalatauksesta kannattavaa liiketoimintaa.

Plug-in hybridillä on paremmat mahdollisuudet korvata perheen ainoa auto. Plug-in hybridin kohdalla lähimatkat pystytään ajamaan sähköllä, satunnaiset pitemmät matkat ajetaan polttomoottorin voimalla ilman huolta ajomatkan loppumisesta (kts. kuva 14.10). Plug-in autot ovat lisäksi latauksen kannalta vähemmän haastavia kuin täyssähköautot, koska ladattavat energiamäärät ovat pienempiä ja pikalatauksen tarvetta ei ole.

Julkisista latauspisteistä pitäisi pikaisella aikataululla luoda informaatiojärjestelmä. Norjassa ja Ruotsissa tällainen palvelu on käytettävissä. Suomessa taas kaasutankkausposteita koskeva tieto löytyy kootusti Gasumin verkkosivuilta (<http://www.gasum.fi/liikenne/tankkausasemat/Sivut/default.aspx>).

Ruotsi on päättänyt tukea sähköautojen hankintaa (kts. 12.3.8, <http://www.elbilsupphandling.se/>). Ruotsissa ei ole autoveroa, joten sähköauton hankkijaa tuetaan rahallisesti. Tuki on 25 % lisäkustannuksesta, enintään 50.000 SEK/auto = 5500 €/auto. Tuki voidaan myöntää sekä täyssähköautoille että plug-in hybrideille.

Ruotsin tapauksessa on merkille pantavaa, ettei tukea myönnetä yksityishenkilöille, vaan tietyt kriteerit täyttävälle yrityksille ja yhteisöille. Tämä on järkevää siinä mielessä, että yrityksille tai yhteisöille suunnattu sähköauton hankinnan tuki todennäköisesti johtaa polttomoottoriauton korvautumiseen sähköautolla, eikä autojen lukumäärän lisääntymisen vaaraa ole. Lisäksi sähköautojen hankintaan ja käytettävyyteen liittyvät riskit kohdistuvat yrityksiin ja yhteisöihin, ei yksityisiin kuluttajiin.

19.3 Lähipäästöt ja melu

Loppukäytön osalta täyssähköauto on nollapäästöinen, eli siitä ei synny mitään terveydelle haitallisia paikallisia päästöjä. Poikkeuksena tähän voivat olla mahdollisen polttoainekäyttöisen lisälämmittimen aiheuttamat päästöt ja sähköautojen renkaiden nostattama katupöly. Sähköautojen edut polttomoottoriautoihin ovat kuitenkin kaventumassa niin lähipäästöjen kuin melun osalta. Uusi bensiiniauto on säänneltyjen päästöjen osalta (hiilimonoksidi, hiilivedyt, typen oksidit ja hiukkaset) erittäin vähäpäästöinen, ja sama pätee esim. kaasuautoihin. Taajamissa suurin ongelma päästömielessä ovat raskaat dieselajoneuvot, bussit ja kuorma-autot, eikä henkilöautojen sähköistäminen poista tätä ongelmaa. Sen sijaan sähköbussien, joko akku- tai johdintekniikkaan perustuen, tai sähkökäyttöisten jakelu- ja jäteautojen käyttöönotto saattaisi parantaa taajamien ilman laatua.

Myös melutaso on varsin alhainen, ja kaupunkinopeuksilla melu syntyy pääosin renkailta. Alhainen melutaso on etu, mutta samalla se on turvallisuusriski. Kaupunkinopeuksilla sähköauton havaittavuus on huono (kts. luku 7).

19.4 Turvallisuus

Turvallisuutta käsiteltiin luvussa 7. Sähköauto saattaa olla turvallisuusriski monestakin syystä:

- korkeajännitteiset, painavat ja paljon energiaa sisältävät akut
 - sähköiskujen vaara
 - auton ja akkujen käyttäytyminen kolaritilanteessa tai tulipalossa
 - sähköautojen kolaritestausta on vasta tulolla
 - huolto- ja pelastushenkilöstö tarvitsevat koulutusta
- tietyissä tilanteissa riittämätön suorituskyky
 - rajallinen kiihtyvyys ja nopeus akkujen varaustilan laskiessa
 - vaara jäädä tielle akkujen tyhjäntyessä
 - akkujen säästäminen saattaa johtaa muusta liikenteestä poikkeavaan ajotapaan
- puutteellinen lämmitys ja huurteenpoisto
 - sähköautossa ei polttomoottoriauton tapaan ole käytettävissä moottorin hukkalämpöä matkustamon lämmittämiseen
 - sähkötoimiset lämmittimet lyhentävät toimintamatkaa entisestään
- sähköauton huono havaittavuus alhaisen äänitason johdosta

Useimmista näkökulmista tarkasteltuna sähköautot eivät paranna turvallisuutta polttomoottoriautoihin verrattuna. Sähköauton palokuorma on kuitenkin pienempi polttomoottoriautoon verrattuna. Sähköautokin voi kuitenkin palaa rajusti. Kuva 19.3 on Helsingistä syksyiltä 2009, jolloin kobolttioksidiaakuilla varustettu sähköauto syttyi tuleen Länsiväylällä. Pelastusviranomaiset tulee ohjeistaa, miten menetellä sähköautojen mahdollisissa onnettomuustilanteissa (korkeat jännitteet, palossa mahdollisesti vapautuvat myrkylliset kaasut). Eräissä maissa kaasuautot vaaditaan merkittäviksi erityisellä tarralla, jotta pelastusviranomaiset voisivat reagoida oikein onnettomuustilanteessa.

Liikenne- ja viestintäministeriö on syksyllä 2010 laatinut työohjelman sähköautojen turvallisuuteen liittyvistä kysymyksistä. Osa työstä tehdään ministeriössä, osa turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKESissa (kts. luku 7).



Kuva 19.3. Sähköauto palaa Länsiväylällä 10.9.2009. Autossa oli kobolttioksidiaakut, joita turvallisuussyistä ei enää käytetä (kts. 5.3.2.). Esim. litium-rautafosfaattiakut ovat turvallinen vaihtoehto. Kuva Ilta-Sanomat/Juha Jauhiainen.

20. Yhteenveto

Tämä yhteenveto on jaettu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa tarkastellaan sähköautoja yleisellä tasolla, ja toisessa osassa sähköautojen soveltuvuutta ja vaikutuksia Suomen tilanteessa.

Sähköautot yleisesti

Kehitysnäkymät ja haasteet

Edellytykset sähköautojen laajamittaiselle tulemiselle ovat nyt paremmat kuin kertaa-kaan aikaisemmin. Vaikuttavia tekijöitä on useita.

Poliittisella tasolla sähköautojen tulemistä ajavat strategiat ja päätökset liikenteen hiilidioksidipäästöjen, lähipäästöjen sekä öljyriippuvuuden vähentämiseksi. Sähköautoihin kohdistuva tutkimus- ja kehitystyö on otettu käyttöön autoteollisuuden elvytyskeinona. Useissa maissa on käynnissä erilaisia kehityshankkeita sähköautojen markkinoille tuomiseksi. Vaikuttimet vaihtelevat, taustalla voi olla mm. teollisuus- ja ilmastopoliittisia motiiveja.

Suuret autonvalmistajat panostavat massamarkkinoille suunnattuihin, varta vasten sähköautoiksi suunniteltuihin malleihin. Sähköautojen tarjonta on lähdössä kunnolla käyntiin 2011 – 2012, ja tarjolla tulee olemaan kymmeniä malleja.

Akkuteknikka on kehittynyt merkittävästi kannettavien laitteiden myötä, ja sähköauton toimintamatkaan vaikuttava akkujen ominaisenergia on parantunut merkittävästi. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että täyssähköautojen suorituskyky olisi täysin riittävä tänä päivänä. Jos akkuteknologiassa ei tapahdu merkittävää kehitystä, täyssähköautot saattavat jäädä merkitykseltään marginaalisiksi taajama-ajoneuvoiksi tai kakkosautoiksi

Informaatiotekniikan kehitys taas antaa mahdollisuuksia sähköautojen käytön optimointiin ja älykkäisiin latausjärjestelmiin.

Pelkkä sähköautojen tarjonnan syntyminen ei kuitenkaan takaa sähköautojen läpilyöntiä. Täyssähköautojen tärkeimmät ongelmat ja haasteet tällä hetkellä ovat tiivistetysti: lyhyt toimintamatka (100 – 150 km)

- korkea hinta (suuruusluokkaisesti 2 – 3 -kertainen vastaavaan polttomoottoriautoon nähden)
- sähköauton toiminta ja lämmitys kylmissä olosuhteissa lyhentävät toimintamatkaa entisestään
- sähköauton käyttö edellyttää omaa pistorasialla varustettua pysäköintipaikkaa
- julkinen latausverkosto on olematon
- pikalatauksen standardointi on vielä osittain kesken

Useat tahot ovat laatineet ennusteita sähköautojen yleistymisestä. IEA:n mukaan henkilöautokaluston merkittävä sähköistäminen yhdistettynä vähähiiliseen sähkön tuotantoon on välttämättömyys jotta liikennesektorilla voitaisiin saavuttaa merkittäviä CO₂-päästövähennyksiä vuoteen 2050 mennessä. Vuoden 2020 osalta keskimääräinen ennuste verkosta ladattavien autojen myyntiosuudelle on suuruusluokkaisesti 10 %, mikä merkitsee että sähköautojen osuus ajoneuvokannassa vuonna 2020 tulee todennäköisesti

olemaan vain joitakin prosentteja. Sähköautojen osuus ajoneuvokannassa kasvaa merkittäväksi vasta vuoden 2030 tienoilla.

Useissa projektioissa plug-in hybridien ennustetaan yleistyvän täyssähköautoja nopeammin. NykYTEKNIKALLA pitkän ajomatkan aikaansaaminen pelkillä akuilla tulee erittäin kalliiksi. Polttomoottori taas on suhteellisen halpa. Yhdistämällä kohtuullisen kokoinen akku ja polttomoottori saadaan täyssähköautoa kustannustehokkaampi auto, joka voi toimia pelkillä sähköllä lyhyemmillä matkoilla ja jolla ei ole täyssähköauton rajoitteita pitkillä matkoilla. Lataushybridit ovat yksi mahdollisuus välttää tielle jäämisen uhka, toinen on riittävän tiheä, myös pikalatauspisteitä sisältävä julkinen latausverkosto.

Sähköautojen suorituskyky ja turvallisuus

Sähköautojen etuja ovat hyvä hyötysuhde, käytön nollapäästöisyys (ilman laatuun vaikuttavat lähipäästöt) ja alhainen melutaso. Ihanteellisissa olosuhteissa sähköautojen energian kulutus (latauksen hyötysuhde huomioiden) on suuruusluokkaisesti 0,15 – 0,25 kWh/km auton koosta riippuen. Akkusähköauton hyötysuhde (latauksen hyötysuhde huomioiden) on suuruusluokkaisesti 50 – 60 %, polttomoottoriauton luku on parhaimmillaan alle 25 %.

Sähköautoille ilmoitettu toimintamatka on tyypillisesti 130 – 150 km. Auton toimintamatka määritellään ECE R-101 –kokeella. Koe päättyy, kun auto ei enää saavuta 50 km/h nopeutta tai kun auton järjestelmät ilmoittavat, että ajoa sähköllä ei voida jatkaa. Tämä tarkoittaa, että testi antaa liian optimistisen kuvan toimintamatkasta, eikä ilmoitettu toimintamatka toteudu esim. maantieajossa normaalinopeudella. Lisäksi kylmä ja mahdollisen sähköisen lämmityslaitteen käyttö lyhentää toimintamatkaa. Pakkasessa sähköauton todellinen ajomatka saattaa olla vain noin puolet valmistajan ilmoittamasta toimintamatkasta ihanteellisissa olosuhteissa.

Sähköauton koko energiaketjun energian kulutus ja CO₂-päästöt riippuvat sähkön tuotantotavasta. Tuuli- tai vesisähköllä toimiva akkusähköauto on näiden suhteen paras vaihtoehto. Jos sähkön tuottamiseen käytetään maakaasua tai hiiltä, sähköauton kokonaisenergian kulutus on suurempi kuin dieselauton kokonaisenergiankulutus. Koko energiaketjun CO₂-päästöjen kannalta sähköauto on maakaasulla tuotettua sähköä käytettäessä hieman parempi kuin dieselauto, hiilellä tuotettua sähköä käytettäessä selvästi huonompi kuin dieselauto.

Kuluttajan näkökulmasta sähköautoihin liittyy vielä paljon epävarmuustekijöitä. Yksi keskeisimmistä kysymyksistä on, miten pitkälle autolla todellisuudessa pääsee. Täyssähköautojen toimintamatka riittää kattamaan suurimman osan päivittäisestä liikkumistarpeesta, mutta sähköauto ei vielä ole "yleisauto". Kattava pikalatausjärjestelmä tai plug-in hybriditekniikka tuovat lievennystä toimintamatkaa koskevaan ongelmaan. Toinen keskeinen kysymys on, miten kauan akku kestää, ja mitä sen uusiminen maksaa. Sähköautopioneerit suhtautuvat sähköautoiluun tunteella, ja ovat valmiita tiettyihin uhrauksiin ja lisäkuluihin. Sähköautot lyövät itsensä kunnolla läpi siinä vaiheessa, kun ne saavat tavallisten kuluttajien hyväksynnän ja ovat hinnaltaan kilpailukykyisiä perinteisiin autoihin verrattuna.

Sähköauto saattaa myös olla turvallisuusriski. Syitä tähän ovat mm. korkeajännitteiset, painavat ja paljon energiaa sisältävät akut, tietyissä tilanteissa riittämätön suorituskyky, puutteellinen lämmitys ja huurteenpoisto sekä sähköauton huono havaittavuus alhaisen äänitason johdosta.

Sähköautojen lataus

Sähköautojen latausta tulee tarkastella ajoneuvon, latauspisteen, sähköverkon, sähkön tuotannon ja sähkömarkkinoiden näkökulmasta. Yksinkertaisimmillaan sähköauton lataus tarkoittaa auton kytkemistä 16 A:n yksivaiherasiaan (ns. hidas lataus). Hitaassa latauksessa tyhjentyneen akun lataus kestää tyypillisesti 6 – 10 tuntia. Latauksen standardointi on vielä kesken (mm. pistokkeet, nopeutettu lataus), ja useat sähköautot tulevat markkinoille aluksi pelkästään hitaaseen lataukseen varustettuna. Muukin sähköautoihin liittyvä standardointi on vielä kesken. Sähköautojen määrän lisääntyessä on tarpeellista ohjata latausta älykkäästi, muuten sähköautot aiheuttavat uuden kulutushuipun, joka vaatisi verkkovahvistuksia sekä huippukapasiteetin lisäämistä.

Sähköautot Suomen tilanteessa

Suomen osalta sähköautojen tulemistä tarkasteltiin autokannan ja sen uusiutumisen kannalta, sähkön tuotannon ja sähköverkon kannalta, ilmastovaikutusten kannalta, verotuksen ja autoilun kustannusten kannalta sekä lopuksi liikennepolitiikan kannalta.

Autokanta

Suomessa on liikenteessä noin 2,5 miljoonaa henkilöautoa. Suomen sähköautokanta vuonna 2020 voisi alimmillaan olla noin 11.000 ja ylimmillään noin 140.000, todennäköisimmin noin 35.000 kappaletta, mikä tarkoittaisi n. 1,5 % osuutta kannasta. Henkilöautoilla ajetaan keskimäärin 16.500 km vuodessa tai noin 45 km päivässä. Noin 80 % päivittäisestä ajosuoritteesta on 50 km tai alle. Täyssähköautojen toimintamatka ylittää kaikissa tilanteissa henkilöautojen keskimääräisen päivittäisen ajosuoritteen. Täyssähköautolla ei kuitenkaan pystytä ajamaan kaikkia loma- ja mökkimatkoja. Pitkien välimatkojen Suomessa plug-in hybridi lienee useimmille täyssähköautoa käyttökelpoisempi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto. Plug-in hybridien rinnalla muita vaihtoehtoja ovat kattava pikalatausjärjestelmä tai palvelukonseptit, joissa sähköautojen omistajalle tarjotaan helppoa, joustavaa ja edullista sijaisautojärjestelmää.

Sähkön tuotanto ja sähköverkko

Sähkön tuotantokapasiteetin kannalta sähköautojen tuleminen ei ole suuri haaste. Miljoona sähköautoa, määrä joka on saavutettavissa vasta 2030 jälkeen, käyttäisi n. 4 TWh sähköä, joka on alle 5 % sähkön nykykulutuksesta Suomessa. Ohjaamalla sähköautojen lataus älykkäästi vältetään latauksen aiheuttamilta tehopiikeiltä ja lisätehon tarpeelta. Normaalisti auto on ajossa 1 – 2 tuntia päivässä, joten lataukseen jää aikaa 22 – 23 tuntia vuorokaudessa. Sähköautojen laajamittaisen käyttöönoton suurimmat vaikutukset kohdistuvat paikallisverkkotasolle.

Hieman virheellisesti on usein väitetty, että meillä on jo valmis sähköautojen latausjärjestelmä lämmityspistorasioiden – ja tolppien muodossa. Lämmitysverkot vaativat kuitenkin tapauskohtaisesti muutoksia, joilla taataan turvallisuus ja tehon riittävyys. Monet lämmitysverkot on mitoitettu niin, että sähköauton lataus on mahdollista vain noin joka neljännessä pisteessä. Turvallisuussyistä sähköautoja ei saa ladata vanhan TN-C – järjestelmän (yhdistetty nolla- ja suojamaajohdin) mukaisissa verkoissa. Uusilla pysäköintialueilla sähköautojen lataamiseen valmistautuminen lisää kustannuksia vain noin 150 € per autopaikka. Uudis- ja korjausrakentamisen ohjeistuksessa pitäisi ottaa huomioon varautuminen sähköautojen tulemiseen.

Ilmastovaikutukset

Suomessa vuoden 2020 ilmasto- ja energiatavoitteiden saavuttaminen ei edellytä sähköautojen käyttöönottoa. Autojen lukumäärästä riippuen sähköautot voisivat vuonna 2020 vähentää tieliikenteen CO₂-päästöjä 1 – 3 %. Todennäköisimmin vaikutus tulee olemaan noin 1 %. Vuoteen 2030 mentäessä sähköautojen merkitys kasvaa, ja sähköautot tuonevat 15 – 20 %:n vähennyksen tieliikenteen CO₂-päästöihin.

Verrattuna autoon, jonka CO₂-päästö on 180 g/km (~ henkilöautokannan keskiarvo), sähköauto alentaa kaikilla sähkön muodoilla marginaalisähkö mukaan lukien koko energiaketjun yli laskettuja CO₂-päästöjä. Jos vertailukohtana on energiatehokas dieselauto (n. 120 g CO₂/km), marginaalisähkön käyttö lisää CO₂:n kokonaispäästöjä

Verojärjestelmä

Autoiluun liittyvä verotusjärjestelmä on Suomessa muutettu ympäristö-ohjaavaksi. Tämä pätee hankinasta perittävään autoveroon, vuosittaiseen ajoneuvoveroon ja liikenteen energian verotukseen. Nykyinen verojärjestelmä suosii sähköautoja, ja sähköautot saavat etuja autoveron, ajoneuvoveron ja energian verotuksen osalta. Koska sähköautot ovat aluksi kalliita, euromääräinen autovero on korkea vaikka sähköautoihin sovelletaan minimiveroprosenttia. Uusittu, käyttövoiman mukaan porrastettu käyttövoimavero alentaa sähköautojen käyttövoimaveroa merkittävästi: käyttövoimavero on jatkossa noin 100 € vuodessa täyssähköautoille ja alle 50 € plug-in hybrideille. 10 vuoden jaksolla tarkasteltuna sähköautoista kerätään noin 4.000 € vähemmän veroja polttomoottoriautoihin verrattuna (luvussa on mukana autovero). Tämä etu on itse asiassa samaa suuruusluokkaa kuin muissa maissa sähköautoille annetut taloudelliset kannustimet. Autojen käytön verotuksen osalta voidaan todeta, että polttomoottoriauton käytöstä kerätään noin 4 kertaa enemmän veroja sähköautoihin verrattuna.

Sähköautoilun kustannukset ja vältetyn CO₂-tonnin hinta

Alussa sähköautot ovat perinteisiä polttomoottoriautoja kalliimpia. Verohuojennukset tai ympäristöpohjainen verotus parantavat sähköautojen kilpailukykyä kuluttajan näkökulmasta. Tällä hetkellä sähköauto on kallis hankkia mutta halpa käyttää. Ajan myötä tekniikan kehittyminen alentaa vaihtoehtoisten ratkaisujen hintaa. McKinsey & Company (2010) olettaa eri tekniikoiden kustannusten konvergoivan vuoden 2025 jälkeen. Tämä tarkoittaa myös sitä, että ne jotka ensimmäisten joukossa ottavat käyttöön uutta tekniikkaa, maksavat tästä korkean hinnan.

Kustannusten tarkastelussa käytettiin sähköautoille ilmoitettuja ennakkohintoja, soveltaen suomalaista veromallia auto- ja ajoneuvoveroon ja käyttämällä tammikuun 2011 polttoaine- ja sähköhintoja. Vertailut tehtiin autopareittain: Toyota AYGO (verollinen hinta n. 12.000 €) vs. Mitsubishi i-MiEV (arvioitu verollinen hinta n. 40.000 €) ja Volkswagen Golf (n. 23.000 €) vs. Nissan Leaf (arvio n. 40.000 €).

Kokoluokkien sisällä tarkasteltuna täyssähköauto on pikkuluokassa (Mitsubishi i-MiEV/Toyota AYGO) n. 100 % kalliimpi ja keskiluokassa (Nissan Leaf vs. Volkswagen Golf) noin 30 - 35 % kalliimpi.

Tarkasteluun otettiin myös Renault Fluence, jonka kohdalla akut vuokrataan kiinteään kuukausihintaan. Auton hinta on tällöin alempi esim. Nissan Leafiin verrattuna. Lasken-

nassa Nissan Leaf ja Renault Fluence antoivat lähes saman kokonaiskustannuksen. Leafin tapauksessa "akkuriski" on kuluttajalla, Fluencen tapauksessa valmistajalla.

Lisäksi tarkasteltiin Opel Ampera –lataushybriditä. Auton veroton hinta on peräti 42.900 €, joten kustannusvertailussa Ampera oli kaikkein kallein vaihtoehto. Yleisen näkemyksen mukaan plug-in hybridit ovat täyssähköautoja kustannustehokkaampia. Tähän väittämään saadaan vastaus vasta siinä vaiheessa kun markkinoille tulee vertailukelpoisia auttomalleja ja kun myyntihinnat vahvistuvat lopullisesti.

Sähköauton avulla vältetyn CO₂-tonnin hintaa tarkasteltiin niin ikään autoparien avulla: bensiini AYG0 vs. i-MiEV ja diesel Golf vs. Leaf. Sähkön osalta tarkasteltiin uusiutuvaa nollapäästöistä sähköä ja keskimääräisen hankinnan mukaista sähköä (221,6 g/kWh). Sähköauton avulla vältetyn CO₂-tonnin hinnaksi tulee 650 – 2000 €, joten sähköauto ei tällä hetkellä ole kustannustehokas keino liikenteen CO₂-päästöjen vähentämisessä.

Sähköautot liikennepolitiikan näkökulmasta

Pitkällä aikavälillä sähköautot tulevat vähentämään liikenteen CO₂-päästöjä. Koska sähköautojen markkinoille tulo on hidasta, vaikutukset jäävät vuonna 2020 vielä hyvin rajallisiksi. Henkilöautokaluston sähköistäminen ei myöskään oleellisesti vaikuttaisi taajamien ilman laatuun, koska raskaat dieselkäyttöiset autot ovat merkittävä päästöjen lähde. Sähköautojen melutaso on kaupunkinopeuksilla alhainen. Tämä on kuitenkin kaksipiip-puinen asia. Toisaalta melusaaste vähenee, mutta turvallisuusriskit lisääntyvät sähköautojen huonon havaittavuuden takia.

Nykytilanteessa sähköautot eivät ole kustannustehokas keino liikenteen CO₂-päästöjen vähentämiseksi, eikä ole perusteltavaa, että liikennepoliittisista lähtökohdista heti alussa pyrittäisiin sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen. Yritykset, jotka tavoittelevat liiketoimintaa sähköautoista, niiden osajärjestelmistä, komponenteista, latausjärjestelmistä ja sähköautojen käyttöä tukevista apujärjestelmistä tarvitsevat kuitenkin erilaisia demoja tuotekehityspalautteen ja referenssien saamiseksi. Riittävän laajat demonstraatiot voivat lisäksi palvella liikennepolitiikka antamalla palautetta sähköautojen todellisesta suorituskyvystä, potentiaalista ja mahdollisista kehitystarpeista.

Sähköautojen käyttöönotto ei vähennä yksityiskäytössä olevien henkilöautojen lukumäärää, henkilöautoliikennettä tai esim. ruuhkien määrää. Sähköautot voivat jopa lisätä henkilöautojen määrää tai suoritetta. Väärin suunnatut kannustimet (vapaa pysäköinti, joukkoliikennekaistojen käyttöoikeus ja vapautus mahdollisista ruuhkamaksuista) saattavat siirtää matkustajia joukkoliikenteestä sähköhenkilöautojen käyttöön. Jos halutaan välttää automäärien kasvu keskustassa, voisi keskustan pysäköintitietuisuuksien tarjoamista parempi vaihtoehto olla sähköautojen suosiminen liityntäpysäköinnissä.

Suomi on pitkien etäisyyksien maa. Niillä alueilla joilla joukkoliikenne on keho, välimatkat pitkiä ja henkilöauto ainoa käytännöllinen liikkumisen muoto, täyssähköauton suorituskyky on todennäköisesti riittämätön. Jos täyssähköauton suorituskyky kuitenkin olisi riittävä, keskivertokansalaisen maksukyky tuskin mahdollistaa sähköauton ostamisen jos se on hinnaltaan kaksinkertainen tavanomaiseen autoon verrattuna. Täyssähköautojen käytön mahdollistaminen myös pidemmällä matkoilla edellyttäisi pikalatausasemaverkostoon rakentamista. Verkon rakentamiseen tarvittaneen yhteiskunnan tukea, koska energiyhtiöiden lienee vaikea saada pikalatauksesta kannattavaa liiketoimintaa.

Plug-in hybridillä on paremmat mahdollisuudet korvata perheen ainoa auto. Plug-in hybridin kohdalla lähimatkat pystytään ajamaan sähköllä, satunnaiset pitemmät matkat ajetaan polttomoottorin voimalla ilman huolta ajomatkan loppumisesta. Plug-in autot ovat lisäksi latauksen kannalta vähemmän haastavia kuin täyssähköautot, koska ladattavat energiamäärät ovat pienempiä ja pikalatauksen tarvetta ei ole.

Ruotsi on päättänyt tukea sähköautojen hankintaa. Ruotsin tapauksessa on merkille pantavaa, ettei tukea myönnetä yksityishenkilöille, vaan tietyt kriteerit täyttävälle yrityksille ja yhteisöille. Tämä on järkevää siinä mielessä, että yrityksille tai yhteisöille suunnattu sähköauton hankinnan tuki todennäköisesti johtaa polttomoottoriauton korvautumiseen sähköautolla, eikä autojen lukumäärän lisääntymisen vaaraa ole. Lisäksi sähköautojen hankintaan ja käytettävyyteen liittyvät riskit kohdistuvat yrityksiin ja yhteisöihin, ei yksityisiin kuluttajiin.

Turvallisuusmielessä sähköautot eivät tuo etuja perinteisiin autoihin verrattuna. Painava, korkeajännitteinen ja paljon energiaa sisältävä akusto voi päinvastoin olla turvallisuusrisikki. Sähköautot tulee huomioida koulutuksessa niin korjaamo- kuin pelastushenkilöstön osalta. Liikenne- ja viestintäministeriö on jo käynnistänyt ohjelman sähköajoneuvojen turvallisuuskysymyksistä.

21. Johtopäätökset ja suositukset

Johtopäätöksiä

Sähköautojen todellinen tuleminen on mitä todennäköisimmin alkanut. Alkukiihdytys on kuitenkin pakostakin maltillinen, eikä sähköautoista vielä ole apua vuoden 2020 energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseen. Toisaalta niitä ei myöskään tarvita näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Tilanne muuttunee merkittävästi vuoteen 2030 ja varsinkin vuoteen 2050 mentäessä. Toisaalta sähköauto ei tule ratkaisemaan henkilöautoliikenteen perusongelmia, suoritteiden ja ruuhkautumisen lisääntymistä. mahdolliset sähköautojen edistämiseen tähtäävät kannustimet eivät saa olla ristiriidassa joukkoliikenteen kehittämisen tavoitteiden kanssa.

Sähköautojen tulemiseen on syytä alkaa varautua jo nyt. Rakentamisessa niin asuntojen kuin julkisten rakennusten osalta tulisi varautua ainakin sähköautojen hitaaseen lataukseen. Uudisrakentamisessa ja saneerauksissa riittävien kaapelointien tekeminen tai aikakin putkitusten ja kaapelireittien varaaminen ei ole merkittävä kustannus. Pikalatauksen osalta ohjeistukseen on otettava pieni aikalisä, koska standardointi ja tekniikkavalinnat ovat osittain vielä auki.

Sähköautojen määrän lisääntyessä on tärkeää, että sähköautojen lataus ohjataan älykkäästi jotta vältetään latauksen aiheuttamilta tehopiikeiltä ja lisätehon tarpeelta. Komponentit älykkään lataamisen toteuttamiseen kiinteistötasolla ovat jo olemassa, mutta ylemmillä verkon tasoilla älykästä latausta ei Suomessa ole vielä demonstroitu. Sähkön tuotantokapasiteetti sinällään ei tule rajoittamaan sähköautojen käyttöönottoa.

Liikennepolitiikan ja kustannustehokkuuden näkökulmista Suomessa ei ole perusteltua välittömästi pyrkiä sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen. Ainakin sähköautojen hinnan oletetaan laskevan varsin nopeasti, ja myös suorituskyvyn parantumisesta on toiveita. Tällä hetkellä autokaluston uudistaminen perinteistä tekniikka edustavilla vähäpäästöisillä autoilla on sähköautojen käyttöönottoa huomattavasti edullisempi vaihtoehto. Niissä maissa, joissa panostetaan voimakkaimmin sähköautoihin ja niiden markkinoille tuomiseen, on yleensä vahva autoteollisuus. Edistämisen taustalla on teollisuuspoliittisia tavoitteita. Muunkinlaisia esimerkkejä löytyy. Portugalissa ja Tanskassa ei ole merkittävää autoteollisuutta, mutta nämä maat taas painostavat voimakkaasti tuulivoiman tuotantoon. Tuulivoiman yhteydessä sähköautot ja niiden ohjattu lataus on tervetullut säätöelementti.

Toisaalta meidän tulee mahdollisimman nopeasti saada palautetietoa ja referenssejä sähköautoista ja niihin liittyvistä järjestelmistä. Näitä tarvitsevat ne yritykset, jotka tavoittelevat liiketoimintaa sähköautoista, niiden osajärjestelmistä, komponenteista, latausjärjestelmistä ja sähköautojen käyttöä tukevista apujärjestelmistä. Myös yleinen päätöksenteko tarvitsee tietoa sähköautojen todellisesta suorituskyvystä ja kustannuksista. Me emme vielä ole siinä tilanteessa, että meillä olisi kaikin puolin varmennettua tietoa sähköautoista. Kysymykset, joihin tarvitaan vastauksia, ovat mm.:

- miten sähköautot toimivat osana liikennejärjestelmää?
- minkälaista infrastruktuuria ja tietojärjestelmiä sähköautot tarvitsevat tuekseen?
- mitä uusia toimintamalleja ja palvelukonsepteja sähköautot mahdollistavat?
- miten kustannustehokkaita sähköautot ovat liikenteen CO₂-päästöjen vähentämisessä?

Demojen pitäisi olla riittävän laajoja jotta ne olisivat uskottavia ja jotta niistä saataisiin luotettavaa tietoa. Tavoitteena voisi olla suuruusluokkaisesti 1000 – 2000 sähköauton liikenteeseen saaminen mahdollisimman nopeasti.

Sen kuitenkin tiedämme, että Pohjoismaisella sähköjärjestelmällä ja Suomella osana sitä on maailmanlaajuisestikin tarkasteltua poikkeuksellisen hyvät valmiudet sähköautojen käyttöönottoon. Vaikuttavia tekijöitä on vahva ja vakaa verkko sekä ilmastopäästöjen kannalta edullinen sähkön tuotantorakenne. Ja vaikka lohkolämmittinverkot vaativat pientä hienosäätöä voidakseen palvella sähköautojen latausta, me emme lähde latausinfrastruktuurin osalta nolasta niin kuin monet Etelä-Euroopan maat.

Suomessa sähköajoneuvoihin liittyvä tutkimus saa uutta nostetta Tekesin joulukuussa 2010 käynnistämällä ”Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät” –ohjelmalla (EVE). EVE-ohjelman tavoitteena on TEM:in työryhmässä asetettujen tavoitteiden mukaisesti auttaa sähköisiin ajoneuvoihin ja työkoneisiin liittyvän liiketoiminnan kehittymistä suomalaisissa yrityksissä nykyisestä noin 200 miljoonasta eurosta noin 2 miljardiin euroon vuoteen 2020 mennessä. Demonstraatiot eivät perinteisesti ole olleet Tekesin ohjelmien painopistealuetta. Nyt ”riittävän suuret” testiympäristöt on kirjattu ohjelmajulistukseen.

Ilman Tekesin joulukuussa tekemää päätöstä uudesta ohjelmasta ja siihen sisältyvistä demonstraatioista ja testiympäristöistä nyt käsillä olevan raportin suosituksiin olisi ilman muuta kuulunut demojen mahdollistavan ohjelman käynnistäminen.

Toimenpidesuosituksukset

Kohdassa 19.2 käsiteltiin eri toimenpiteiden aikataulusta, ja samaa tehtiin TEM:in sähköajoneuvoselvityksessä. Toimenpiteet voitaisiin jakaa esimerkiksi kolmeen kiireellisyysluokkaan, 1 – 3, jossa 1 kiireellisin ja 3 myöhemmin toteutettava. Seuraavassa on esimerkki kiireellisyysjärjestyksestä.

1-luokka (kiireellisin):

- osaamisen kehittäminen
 - tutkimuksen ja tuotekehityksen lisäksi pitäisi muistaa myös korjaamotointi, katsastustoiminta ja pelastushenkilöstön koulutus
- sähköautojen lataukseen valmistautumisen sisällyttäminen erilaisiin viranomaisohjeisiin, mm. rakentamismääräyksiin
 - koskee aluksi hidasta latausta
- julkisia latauspisteitä koskevan informaatiojärjestelmän luominen
- laajojen (1000 – 2000 autoa) demohankkeiden käynnistäminen
 - pitää toteuttaa hyvässä yhteistyössä eri toimijoiden kesken
 - tulee palvella useita tarkoituksia
- sähköautojen turvallisuuden varmistaminen (työ on jo käynnissä LVM:n ja TUKE-Sin toimesta)

2-luokka:

- älykkään latauksen demonstrointi kiinteistötason verkon yläpuolisilla tasoilla
- pikalataukseen varautumisen ohjeistus

3-luokka (vähiten kiireellinen):

- pikalatausverkoston rakentaminen
- mahdolliset kannustimet sähköautojen laajamittaiseen käyttöön

Seuraavassa esitetään esimerkkejä ja suosituksia siitä, miten Suomessa tulisi varautua sähköautojen tuloon ja käyttöön. Suositusten luonne vaihtelee laajasti järjestelmätason asioista teknisiin yksityiskohtiin. Esitysjärjestys ei välttämättä ole prioriteetti- tai aikataulullinen järjestys.

Sähköautojen latauksen huomioiminen rakentamisessa ja rakentamismääräyksissä

- Helsingin Kalasatama on esimerkki uudesta kohteesta, jossa varaudutaan sähköautojen lataukseen. Jotta varautumisesta tulisi kattava, vaatimukset ja määritellyt tulisi viedä rakentamismääräyksiin. Nyt luotava rakennuskanta on varmasti käytössä vielä vuonna 2050, jolloin sähköautojen penetraatio lienee merkittävä. Varautuminen sinällään ei ole kallista niin kauan kun on kyse vain johdotuksista tai putkituksista. Hidas lataus on määritelty riittävän tarkasti jo nyt, nopean latauksen standardointi ja tekniikkavalinnat ovat vielä osittain auki.

Julkisen latausverkoston suunnittelu ja julkinen tuki verkon rakentamiseen

- Julkinen latausverkosto, varsinkin jos siihen liittyy pikalatausmahdollisuus, ei rakentune liiketaloudellisin perustein ilman yhteiskunnan tukea. Hitaan latauksen pisteen hinnaksi on arvioitu paikasta riippuen 1000 – 8000 €, nopean latauksen pisteen hinnaksi yli 20.000 €. Kaupalliset toimijat rakentavat latauspisteitä mm. kauppakeskusten pysäköintihalleihin. Esiselvitykset tarvittavan verkon kattavuuden ja muiden ominaisuuksien määrittämiseksi voitaisiin aloittaa kohtuullisen nopeasti. Selvityksissä tulisi huomioida käytetyn energian maksutavat. Ilman julkisia latausverkkoja sähköautojen käyttö on mahdollista vain niille, joilla on oma pysyvä autopaikka.

Julkisten latauspisteiden informaatiojärjestelmä

- Suomeen pitäisi nopealla aikataululla saada aikaan informaatiojärjestelmä julkisista latauspisteistä. Tällä hetkellä tietoa ei löydy kootusti mistään. Motiva Oy voisi olla sopiva ”kotipesä” informaatiojärjestelmälle, koska Motiva tuottaa jo nyt autolun ympäristövaikutuksiin liittyvää tietoa.

Varaudutaan sähköautojen tulemiseen koulutuksessa

- Sähköautojen tulemiseen tulee varautua niin korjaamoissa, katsastusasemilla kuin pelastusviranomaisten toiminnassa. Autoalan keskusjärjestö AKL on tehnyt asiaa alustavan kartoituksen Fokus 2015 –raportissaan (<http://194.157.221.15/Portals/akl/AKL-Fokus-FINAL.pdf>), ja Tampereen Electricity on järjestänyt ensimmäiset sähköajoneuvoasentajakurssinsa. Sähköautojen turvallisuuteen liittyvä ohjelma käynnistettiin LVM:n ja TUKESin toimesta syksyllä 2010.

Sähköautojen strukturoitu demonstraatio

- Suomeen pitäisi mahdollisimman nopeasti saada aikaan laaja, suuruusluokkaisesti 1000 – 2000 auton sähköautodemonstraatio. Demonstraation tulee palvella useita eri tavoitteita: sähköautoihin liittyvien toimintamallien kehitys ja verifiointi, palautte autojen todellisesta suorituskyvystä, palautetta tuotekehitykseen, palautetta autojen latauksesta ja latauksen vaikutuksista sähköverkon eri tasoihin. Demossa tarvitaan eri toimijoiden hyvää yhteistyötä, ja kuppikuntaisuus on syytä unohtaa. Demoa ei pidä pilkkoa liian pieniin osiin, koska tällöin menetetään kriittinen massa ja esim. tieto siitä, miten suurempi automäärä vaikuttaa sähköverkkoihin. Demo voitaisiin jakaa kahteen tai kolmeen kohteeseen. Yksi voisi olla pääkaupunkiseutu, yksi joku pohjoisen kaupunki, esim. Oulu tai Rovaniemi, ja yksi pienehkö maaseutupaikkakunta. Demo kohdistettaisiin ensisijaisesti yrityksiin ja julkisen sektorin toimijoihin, ei yksityishenkilöihin. Demonstraatio toteutetaan Tekesin EVE-ohjelman puitteissa.

Julkinen tuki kokeiluhankkeisiin

- Laajan kokeiluhankkeen edistämiseksi koehankkeen sähköautoille esitetään harvittavaksi hankintatukea. Jos autoja on 2000, ja tukimäärä on esimerkiksi keskimäärin 5000 €/auto, tuen kokonaisarvoksi tulee 10 miljoonaa €. Edellytys tuelle on, että auto on mukana demonstraatiohankkeessa siten, että sen toiminnasta ja käytöstä kerätään palautetietoa. Lisäksi on huolehdittava siitä, että eri toimijoita kohdellaan yhdenvertaisesti ja EU-oikeudelliset näkökohdat otetaan huomioon päätöksiä tehtäessä. Hankintatuki on hallinnollisesti ja oikeudellisesti helpompi mekanismi kuin esimerkiksi verohuojennus.

Älykkään latauksen demonstrointi

- Em. laaja sähköautodemo pitäisi toteuttaa siten, että sitä voidaan käyttää alustana myös älykkäiden latausjärjestelmien kehittämiseen ja kokeiluun. Tällöin on tarpeen selvittää latauksen vaikutukset myös kiinteistöverkkojen yläpuolella oleviin sähköverkkoihin.

Kiirohdetaan hitaasti suurten automäärien osalta hitaasti

- Tällä hetkellä ei ole perusteita laajamittaiseen sähköautojen käyttöönottoon ja esim. tavallisille kuluttajille suunnattuihin taloudellisiin kannustimiin. Sähköautot ovat vielä hyvin kalliita, ja niiden todelliseen suorituskykyyn ja talouteen liittyy vielä kysymysmerkkejä. Mahdollisiin edistämishjelmiin voidaan ottaa kantaa esim. siinä vaiheessa, kun em. laajasta demosta on saatu kokemuksia ja kun sähköautojen hinnat ovat tasaantuneet. Aikanaan voitaisiin harkita verotuksen säätöä esim. laskemalla autoveron leikkauspistettä, joka nyt on 60 g CO₂/km, tai vaihtoehtoisesti korottamalla progressiota enemmän päästöjä aiheuttavien autojen osalta.

Kannustimet harkiten käyttöön

- Sellaisia kannustimia, jotka voisivat olla ristiriidassa joukkoliikenteen kehittämisen ja sen kilpailukyvyn kanssa tulisi välttää. Tähän ryhmään kuuluvat esim. joukkoliikennekaistojen avaaminen sähköautoille ja pysäköintietuisuuksien tarjoaminen sähköautoille kaupunkikeskuksissa. Kannustimien osalta voitaisiin suosia sellaisia

toimia, jotka järkevällä tavalla linkittävät sähköautot joukkoliikennejärjestelmiin. Käytännön esimerkki voisi olla sähköautojen huomioiminen ja suosiminen liityntä-pysäköinneissä.

Julkinen sektori ja yritykset näyttämään esimerkkiä

- Julkisen sektorin pitäisi puhtaiden ja energiatehokkaiden autojen edistämistä koskevan direktiivin hengessä ottaa käyttöön sähköautoja. Sama pätee tiettyihin yrityksiin. Tuotantokäytössä olevien polttomoottoriautojen korvaaminen sähköautoilla ei lisäisi autojen määrää, vaan saisi aikaan aidon siirtymisen polttomoottoriautoista sähköön. Tuotantokäytössä olevien autojen käyttö on helpommin suunniteltavissa ja ennakoitavissa yksityisautoihin verrattuna. Tuotantokäytössä olevien sähköautojen teknologiariskit kohdistuvat yhteisöihin ja yrityksiin, ei yksittäiseen kuluttajaan.

Kuluttajille mahdollisuus kokeilla sähköautoja

- Perustetaan julkisen rahoituksen turvin joukko sähköautojen lainauspisteitä, joista yksityiset kuluttajat ja myös yritykset voivat edullisesti vuokrata käyttöönsä sähköautoja tutustumista ja arviointia varten esim. viikon jaksoksi.

Suomi-vaatimukset sähköautoille

- Englannissa sähköautojen rahallisen tuen ehdoksi on asetettu tiettyjä suorituskyky- ja turvallisuusvaatimuksia. Suomen osalta voitaisiin harkita vastaavan tyyppistä menettelyä, erityisesti Suomen talvioloja ajatellen. Suomessa autot tulisi varustaa polttoainetoimisilla lämmittimillä. Esim. venepuolelta löytyy hyviä esimerkkejä sprillä (etanolilla) toimivista lämmittimistä. Kotimaisessa Elcat sähköautossa oli aikanaan biodieselkäyttöinen lämmitin. Sähköautojen toimintamatka määritetään noin +23 °C lämpötilassa, joten tulos ei ole mitenkään edustava Suomen talvessa. Ruotsi ja Suomi tekivät aikanaan yhteistyötä polttomoottoriautojen kylmätestauksessa, ja osittain tämän työn ansiosta eurooppalaiseen pakokaasulainsäädäntöön sisältyy -7 °C lämpötilassa tehtävä pakokaasukoe. Nyt onkin käynnistymässä yhteispohjoismainen hanke, RekkEVIDde, jossa mm. tutkitaan sähköautojen toimintaa kylmässä. Tavoitteena voisi olla sähköautojen kylmätestauksen sisällyttäminen normeihin ja suorituskykykriteereihin.

Valtionhallinnon yhteistyö sähköautoasioissa

- Työ- ja elinkeinoministeriön "Sähköajoneuvot Suomessa" -työryhmässä oli mukana sähköautojen käyttöönoton kannalta kolme keskeistä ministeriötä: TEM, liikenne- ja viestintäministeriö sekä valtiovarainministeriö. Valtionhallinnon yhteistyötä sähköautoasioissa tulisi jatkaa. Em. ministeriöiden lisäksi sähköautojen seurantar ryhmään tulisi kutsua ainakin kaavoituksesta ja rakentamismääräyksistä vastaava ympäristöministeriö, Liikennevirasto, liikenteen turvallisuusvirasto TraFi ja Tekes. Tämän ryhmän osalta työn painopiste olisi liikennepolitiikassa, sähköautojen käytön mahdollistavassa infrastruktuurissa ja sähköautojen käyttöönotossa. Liiketoiminnan kehittämistä jatkettaisiin edelleen akselilla TEM – Tekes –Finpro.

22. Lähdeluettelo

ACEA. (2008). ACEA Tax Guide 2008. ACEA, Brussels 2008.

Advanced Automotive Batteries. (2010). The Plug-In Hybrid and Electric Vehicle Opportunity Report. A critical assessment of the emerging market and its key underlying technologies: Li-Ion batteries. Advanced Automotive Batteries, May 2010.

Akkuser. (2010). Akkujen ja paristojen kierrätyksestä kannattavaa liiketoimintaa. <http://www.akkuser.fi/uutiset.htm>

Alatalo, M. (2010 a). European Batteries –For the long run. Company Presentation. Competition. June 14, 2010. (Taulukon alkuperäinen lähde K2).

Alatalo, M. (2010 b). European Batteries –For the long run. Company Presentation. Company. August 19, 2010.

Anegawa, T. (2009). Desirable characteristics of public quick charger. TEPCO. http://www.emc-mec.ca/phev/Presentations_en/S12/PHEV09-S12-3_TakafumiAnegawa.pdf

Anegawa, T. (2010). Needs of Public Charging Infrastructure and Strategy of Deployment. TEPCO. <http://www.ev-charging-infrastructure.com/media/downloads/inline/takafumi-anegawa-tepc0-9-10.1290788342.pdf>

Autoalan tiedotuskeskus. (2011). Tilastot. <http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/>

Autobloggreen. (2009). The European standard charging plug for cars is selected after Mennekes design. <http://green.autoblog.com/2009/05/20/the-european-standard-charging-plug-for-cars-is-selected-after-m/>

Bain & Company. (2010). The e-mobility era: Winning the race for electric cars. June 2010. http://www.bain.com/bainweb/publications/publications_detail.asp?id=27787&menu_url=publications%5Fresults%2Easp

Barnitt, R. et al. (2010). Analysis of Off-Board Powered Thermal Preconditioning in Electric Drive Vehicles. Preprint. Presented at the 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition Shenzhen, China, November 5 – 9, 2010. <http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/vsa/pdfs/49252.pdf>

Becker, T. (2010). BMW EV activities. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

BERR. (2009). Ultra–Low Carbon Vehicles in the UK. Department for Transport Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform. Department for Innovation, Universities and Skills. <http://www.berr.gov.uk/files/file51017.pdf>

Better Place. (2010). Accelerating the transition to sustainable transportation. http://www.betterplace.com/the-solution-switch-stations?awesm=btrp.lc_fVK&utm_content=awesm-site&utm_medium=btrp.lc-copy&utm_source=direct-btrp.lc

Biomeri. (2009). Sähköajoneuvot Suomessa –selvitys. Biomeri Oy, 6.8.2009.
http://www.tem.fi/files/24099/Sahkoajoneuvot_Suomessa-selvitys.pdf

cars 21. (2011). Deutsche Bank lowers their li-ion battery cost forecasts.
<http://www.cars21.com/content/articles/47320110111.php?AlertDate=2011-01-10>

Fulbrook, A. (2009). Evolution of the European Powertrain: A Focus on PEV and PHEV. Europe Outlook. 18 September 2009.

CHAdEMO. (2010 a). CHAdEMO Association. <http://www.chademo.com/>

CHAdEMO. (2010 b). DC Fast Charge standard.
http://www.chademo.com/pdf/CHAdEMOleaflet_eCarTec2010.pdf

Chen, L. (2010). The Strategy and Targets of Chinese Electric Vehicles. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010.
http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

Citroen. (2010). Citroen C-Zero täyssähköauto. <http://www.citroen.fi/kampanja/c-zero/>

Cleanova. SOCIÉTÉ DE VÉHICULES ELECTRIQUES.
<http://www.dassault.fr/filiale.php?docid=82>

Czerny, I. (2010). EDF Activities in Electric Vehicles. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

DEA. (2011). Dansk Elbil Alliance. <http://www.danskelbilalliance.dk/HvemErVi.aspx>

DfT. (2009). Ultra-low carbon cars: Next steps on delivering the £250 million consumer incentive programme for electric and plug-in hybrid cars. Department for Transport.
<http://www.dft.gov.uk/adobepdf/163944/ulcc.pdf>

DfT. (2011). Low carbon and electric vehicles.
<http://www.dft.gov.uk/pgr/scienceresearch/technology/lowcarbonelecvehicles/>

Die Bundesregierung. (2009). German Federal Government's National Electromobility Development Plan. August 2009. <http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/national-electromobility-development-plan,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=en,rwb=true.pdf>

Ecofys. (2010). International Comparison of Fossil Power Efficiency and CO₂ Intensity. Ecofys Netherlands bv. Project number: PSTRNL10153. September 2010.
http://www.ecofys.com/com/publications/brochures_newsletters/documents/Ecofys-Internationalcomparisonfossilpowerefficiency_2010.pdf

Elcat. Elcat Cityvan 202. Sähköauto nykyaikaiseen kaupunkiajoon.
<http://www.elcat.fi/cityvan.php>

Electric Auto Association. Electric Vehicle History.
<http://www.eaaev.org/History/index.html>

Electric cars. (2010). European Parliament resolution of 6 May 2010 on electric cars.
<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&reference=P7-TA-2010-0150&language=EN>

- Elåret. (2009). Elåret 2009. Svensk Energi.
http://www.svenskenergi.se/upload/Statistik/Elåret/Sv%20Energi_Elåret2009.pdf
- Energiateollisuus. (2008). Sähköverkon rakenne.
<http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkoverkko/rakenne>
- Energiavuosi. (2010). Energiavuosi 2010. Sähkö. Energiateollisuus r.y. Lehdistötiedote 20.1.2011.
<http://www.energia.fi/fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/energiavuosi%202010%20s%C3%A4hk%C3%B6.html>
- Energy Storage Compendium. (2010). Batteries for Electric and Hybrid Heavy Duty Vehicles.
http://www.calstart.org/Libraries/Publications/Energy_Storage_Compendium_2010.sflb.ashx
- Ensto.(2010). Vihreää valoa sähköautojen lataukseen.
http://www.ensto.com/instancedata/prime_product_julkaisu/ensto/embeds/enstowwwstructure/16744_Sahkoauton_latauspylvas.pdf
- e pn. (2010). Dong holder fast i elbil-eventyr. 7.7.2010.
<http://epn.dk/brancher/industri/bil/article2119664.ece>
- ERA. (2010). <http://www.raceabout.fi/era/>
- ERTRAC. (2010). ERTRAC Strategic Research Agenda 2010. Towards a 50% more efficient road transport system by 2030.
http://www.ertrac.org/pictures/downloadmanager/1/1/ERTRAC_SRA_2010.pdf
- esb. (2009). Integrated Smart Networks. ESB Networks.
<http://www.eirgrid.com/media/06%20Jerry%20O'Sullivan%20-%20Integrated%20Smart%20Networks.pdf>
- ETP. (2010) Energy Technology Perspectives 2010. Scenarios & Strategies to 2050. International Energy Agency. 2010.
- EUbusiness. (2010). Europe wants unified system for recharging electric cars in 2011. 26 May 2010. <http://www.eubusiness.com/news-eu/industry-auto.4w3>
- Euractiv. (2010). Commission plans climate targets for 2030, 2050
<http://www.euractiv.com/en/climate-environment/commission-plans-climate-targets-2030-2050-news-497782>
- EUROBAT. (2005). Battery Systems for Electric Energy Storage Issues.
http://www.eurobat.org/sites/default/files/documents/pdf/pr_pp_bat-rtd-0705.pdf
- Euroopan komissio. (2008). EU:n 200 miljardin euron elvytyssuunnitelmassa yhdistyvät EU:n ja jäsenmaiden toimet. http://ec.europa.eu/news/economy/081127_1_fi.htm
- European Batteries. (2010). <http://www.europeanbatteries.com/>
- Euroopan Unionin ilmastopolitiikka.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=570&lan=fi#a4>

- EVA. (2010). Valmet Automotive sähköisen ajoneuvoteknologian eturivissä <http://www.valmet-automotive.com/automotive/bulletin.nsf/PFBD/F9C6CF123F916877C22576D6004558B6?opendocument>
- EWEA. (2011). The European Wind Energy Association. <http://www.ewea.org/>
- Finpro. (2010). Ajoneuvo – ja työkoneteollisuuden sähköistymisen kansainväliset liiketoimintamahdollisuudet 2010, 25.11.2010. <http://www.finpro.fi/fi-FI/Business/Programs/Electric+Vehicle/EV+event.htm> (vaati rekisteröitymisen)
- Fisker. (2010). Karma 2011 brochure. http://cdn.fiskerautomotive.com/files/fisker_brochure.pdf
- Forsberg, A. (2011). Keskustelut Helsingin kaupungin autohankinnoista ja sähköautoista. 14.1.2011.
- Frost & Sullivan. (2010 a). Comparative Analysis of European OEMs Electric Vehicles Launch Strategy and Product and Price Positioning. M682-18. December 2010.
- Frost & Sullivan. (2010 b). 360 Degree Perspective of the Global Electric Vehicle Market. Automotive & Transportation Group. April 2010.
- Funakoshi, H. (2010). Proposal of public recharging infrastructure for EV promotion. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482
- Glötz-Richter, M. (2010). Carbon responsible transport. Local Renewables Freiburg 2010. 14-15 October, 2010. Freiburg im Bressgau, Germany.
- Going Electric. (2010). New EV incentives in Belgium. Brussels, 4 February 2010. <http://www.going-electric.org/news/pr-100204-ev-incentives-belgium.htm>
- Green Car. (2008). 20 Truths About the GM EV1 Electric Car <http://www.greencar.com/articles/20-truths-gm-ev1-electric-car.php>
- Green Car Congress. (2009). Elektromotive Debuts Tool for Monitoring and Invoicing Electricity Drawn from Charging Stations; Three-Phase Fast Charge Prototype with Mennekes Coupler. 15 May 2009. <http://www.greencarcongress.com/2009/05/elektromotive-mennekes-20090515.html>
- Green Car Congress. (2010). Better Place Launches Switchable-Battery Electric Taxi Project in Tokyo; Converted Crossovers with A123 Systems Packs. 26 April 2010. <http://www.greencarcongress.com/2010/04/bptaxi-20100426.html>
- Green Car Initiative. PPP European Green Cars Initiative. <http://www.green-cars-initiative.eu/public/>
- Haakana, A. (2011). Keskustelut sähköautoista: tekniikka, suorituskyky ja turvallisuus.
- Helsingin Energia. (2011).. Hinnastot. Sähkön myynnin hinnastot. Hinnasto kodeille Helsingissä. http://www.helen.fi/hinnasto/sahkohinnasto_kokonais_kodit.pdf

Helsingin kaupunki. (2010). Helsingin kaupunki pyrkii tositoimin vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä, terveydelle haitallisia päästöjä ja liikennemelua sekä parantamaan ilmanlaatua. Helsingin kaupunki. Ympäristökeskus.

http://www.hel.fi/hki/ymk/fi/Ymp_riist_n+tila/Liikenne/Etuisuuksia

Helsingin Sanomat. (2011). Sähköauton ajomatka lyhenee pakkasessa jopa puoleen 10.1.2011.

<http://www.hs.fi/autot/artikkeli/S%C3%A4hk%C3%B6auton+ajomatka+lyhenee+pakkasessa+jopa+puoleen/1135262942517>

HLJ 2011 (luonnos). (2010). Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma (HLJ 2011). Liikennejärjestelmäluonnos 26.10.2010.

http://www.hsl.fi/FI/HLJ2011/Documents/HLJ_luonnos_261010_pienennetty.pdf

HLT. (2004-2005). Henkilöliikennetutkimus 2004-2005.

http://www.hlt.fi/HTL04_loppuraportti.pdf

Honda. (2011). Honda FCX Clarity. <http://www.hondanews.com/channels/honda-automobiles-fcx-clarity>

Honda, K. (2010). Rechargeable Battery with Safety and Long Life. Toshiba Corporation. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010.

http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

Howell, D. (2010). Work on Advanced Vehicles: U.S. Perspective. . IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010.

http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

HSL. (2010). Joukkoliikennestrategia. Helsingin seudun liikenne HSL.

http://www.hsl.fi/FI/HLJ2011/Documents/22_2010_Joukkoliikennestrategia.pdf

HSY. (2010). Dieselautojen lisääntyminen hidastaa ilmanlaadun paranemista Helsingissä.

<http://www.hsy.fi/tietoahsy/tiedotteet/2010/Sivut/Dieselautojenlis%C3%A4%C3%A4ntymisenhidastaailmanlaadunparanemista.aspx>

Hyvärinen, M. (2010). Helen älyverkkojen kehittäjänä. Helsingin Energian 68. suviseminaari. 9 6 2010. Helen Sähköverkko Oy. https://www.helen.fi/pdf/Suvi10_hyvarinen.pdf

IEA (2009). Technology Roadmap. Electric and plug-in electric vehicles. International Energy Agency, 2009. http://www.iea.org/papers/2009/EV_PHEV_Roadmap.pdf

IEA HEV. (2010). Hybrid and Electric Vehicles. The Electric Drive Advances. Move Electric. March 2010. International Energy Agency. Hybrid and Electric Vehicle Implementing Agreement.

IEA HEV Annex XVI. Market Deployment of Hybrid & Electric Vehicles: Lessons Learned International Energy Agency. Hybrid and Electric Vehicle Implementing Agreement.

http://www.ieahev.org/annexes/annex_XIV/index.html

IEC. (2003). IEC 62196-1. International Standard. Plugs, socket-outlets, vehicle couplers and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 1: Charging of electric vehicles up to 250 A a.c. and 400 A d.c. First edition 2003-04.

http://webstore.iec.ch/preview/info_iec62196-1%7Bed1.0%7Den.pdf

IEC. (2010). IEC 61851-1. International Standard. Electric vehicle conductive charging system – Part 1: General requirements.

IEEE Spectrum. (2010). Is There a Future for Nano-Enabled Lithium Ion Batteries in Electric Vehicles?

<http://spectrum.ieee.org/nanoclast/semiconductors/nanotechnology/is-there-a-future-for-nanoenabled-lithium-ion-batteries-for-electric-vehicles>

IEO. (2010). International Energy Outlook 2010. U.S. Energy Information Administration. U.S. Department of Energy. [http://www.eia.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2010\).pdf](http://www.eia.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2010).pdf)

Ilmastolaskuri. (2009). Ilmastolasakurissa käytetyt päästökertoimet ja oletusarvot.

http://www.ilmastolaskuri.fi/web/storage/files/IL_kertoimet_ja_oletusarvot_22.12.09.pdf

ILPO. (2009). Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma 2009–2020.

http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=440554&name=DLFE-8040.pdf&title=Ohjelmia_ja_strategioita_2-2009

ILPO. (2010). Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma 2009–2020 Seuranta 2010.

http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=964900&name=DLFE-11121.pdf&title=Julkaisuja%2028-2010

Iwai, N. (2008). Japanese Energy Strategy on Automobiles. Presentation to IEA Advanced Motor Fuels. Osaka, December 2008. New Energy and Industrial Technology Development Organization NEDO.

JRC. (2008). WTT Appendix 2. Description and detailed energy and GHG balance of individual pathways.

<http://ies.jrc.ec.europa.eu/uploads/media/WTT%20App%202%20v30%20181108.pdf>

Jääskeläinen, S. (2010). EU ja liikenteen päästöt ajoneuvoteknologian näkökulmasta. Lähitulevaisuus ja tieliikenteen päästöt -seminaari 9.6.2010. Toyota Motor Finland Oy.

Kampmann, B. et al. (2010). Green Power for Electric Cars. Development of policy recommendations to harvest the potential of electric vehicles. CE Delft, 2010.

http://www.ce.nl/publicatie/green_power_for_electric_cars/1011

Karbowksi, G. & Nüchterlein, W. (2010) ECOLINER project. Zero Emission -Electric Buses. Foothill Transit & Veolia Transport.

Kauppalehti. (2010). Posti jaetaan kohta sähköllä: Itella kokeilee sähköautoja Tiistai 12.10.2010.

http://www.kauppalehti.fi/5/i/talous/uutiset/etusivu/uutinen.jsp?oid=20101029489&ext=rss&request_ahaa_info=true

KOM(2010)186 lopullinen. Eurooppalainen puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen strategia. [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0186:FIN:FI:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0186:FIN:FI:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0186:FIN:FI:PDF)

Korhonen, V. (2010). Sähköautot tulevat. Autoalan Keskusliitto ry:n 40. Autokauppiaspäivät, Kalastajatorppa, Helsinki 26.3.2010. (Alkuperäinen kuva Credit Suisse Research).

Korkiakoski, M. (2010). Tekesin rahoitusmahdollisuudet demonstraatiohankkeisiin. Sähköautodemonstraatioiden työpaja. VTT Auditorio 24.5.2010. http://www.transec.fi/files/228/Martti_Korkiakoski_Tekes.pdf. Luvut päivitetty syyskuu 2010.

Koroneff, G. et al. (2009). Future development trends in electricity demand. VTT Research Notes 2470. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2470.pdf>

Kühne, H. (2010). Demonstration projects in Germany. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

Köhler, U. (2010). Johnson Controls – SAFT. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

Ladattavat autot. (2010). Ladattavat autot kiinteistöjen sisäisissä sähköverkoissa -suositus. Fortum Oyj. http://www.fortum.com/gallery/press/Ladattavat_autot_sahkoverkoissa_suositus.pdf

Landahl, G. (2010). EV Leadership Stockholm, Sweden. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

Larsen, E. (2009). Integration of electric vehicles in the energy system. Workshop on Transport – renewable energy in the transport sector and planning 17- 18 March 2009 at the Technical University of Denmark, Lyngby campus.

Lassila, J. (2010). Electric Vehicles (EV) – Challenge or Opportunity for the Electricity Distribution Infrastructure? GSEE Summer Seminar. Imatra 18-19.8.2010. http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/research/graduateschool/Documents/EV-Lassila.pdf

Laurikko, J. & Erkkilä, K. (2010). Assessment of the Energy Efficiency of the Propulsion System in an Electric Vehicle – Methodology and First Results. EVS-25 Shenzhen, China, Nov. 5-9, 2010. The 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition.

Laurikko, J. & Pellikka, A-P. (2010). Fuel Economy and Energy Consumption of Hybrid and Plug-in Hybrid Cars in Nordic Climate Conditions. EVS-25 Shenzhen, China, Nov. 5-9, 2010. The 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition.

Legrand, J-L. (2010). French xEV Plan. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

Liikennevirasto. (2010). ELECTROMOBILITY +-hankehaku. http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/fi/liikennevirasto/tutkimus_ja_kehittaminen/20101207_electromobility_hankehaku

LIISA. (2009). Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöjen laskentajärjestelmä. <http://lipasto.vtt.fi/liisa/liisa2009raportti.pdf>

Mailas, M. (2010). Sähköajoneuvojen viranomaisvaatimukset turvallisuusnäkö-kulmasta. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Sähkötekniikan koulutusohjelma. 2010.

- McKinsey & Company. (2010). A portfolio of power-trains for Europe: a fact-based analysis. http://www.zeroemissionvehicles.eu/uploads/Power_trains_for_Europe.pdf
- Mercedes-Benz. (2009). New Mercedes-Benz B-Class F-Cell Gets Ready For Series Production. <http://www.emercedesbenz.com/autos/mercedes-benz/b-class/new-mercedes-benz-b-class-f-cell-gets-ready-for-series-production/>
- Michelin. (2008). Michelin Active Wheel. 2008 Paris Motor Show, October 2008. Press Kit. <http://servicesv2.webmichelin.com/frontnews/servlet/GetElement?elementCode=54609>
- Mitsubishi. (2008). Run with Zero CO₂, the Future Chosen by Mitsubishi Motors. <http://www.mitsubishi-motors.com/special/ev/>
- Mitsubishi. (2011). Mitsubishi i-MiEV Proves Good Passenger Safety Through ADAC Testing. Tokyo, January 21, 2011. http://www.mitsubishi-motors.com/publish/pressrelease_en/corporate/2011/news/detail0772.html
- Mitsubishi UK. (2011 a). i-MiEV. Mitsubishi Electric Car. <http://www.mitsubishi-cars.co.uk/imiev/the-future.aspx>
- Mitsubishi UK. (2011 b). Welcome to the Mitsubishi Electric Vehicle Centre. <http://www.mitsubishi-cars.co.uk/imiev/electric-vehicle-centre/>
- Mu by Peugeot. (2009). Mu by Peugeot. A novel mobility services offer. http://www.peugeot.com/media/934888/09-20514ang-cp_mu_juillet09.pdf
- NETL. (2010). Smart grid. <http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm>.
- Nissan UK. (2011). Leaf. <http://www.nissan.co.uk/vehicles/electricvehicles/leaf.htm#vehicles/electricvehicles/leaf>
- Nissan USA. (2011). Nissan LEAF – the new car: 100 electric, no gas. <http://www.nissanusa.com/leaf-electric-car/index#/leaf-electric-car/index>
- NREL. (2010). PHEV/EV Li-Ion Battery Second-Use Project. <http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/energystorage/pdfs/48018.pdf>
- Nylund, N-O. et al. (2006). Vähäpäästöiset ajoneuvot Helsingissä. Selvitystyö kaasun ja muiden vähäpäästöisten tekniikoiden käyttömahdollisuuksista Helsingissä. Helsingin kaupungin Ympäristökeskuksen julkaisuja 9/2006. http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/28335c004a1721a289dfe93d8d1d4668/julkaisu09_06net.pdf?MOD=AJPERES
- Opel. (2011). The New Opel Ampera. Electric driving without compromise. <http://www.opel-ampera.com/index.php/mas/home> (Luettu 18.1.2011)
- Palm, M. (2010). Electric Vehicles Initiatives - Sweden. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482
- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. (2008). Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf

- Puro. (2008). Puron Roclalle kehittämä automaattinen akunvaihtoasema. <http://www.puro.com/images/puro2008.pdf>
- Rae, M. (2010). Sähköautodemonstraatiot. Sähköautodemonstraatioiden työpaja. VTT Auditorio 24.5.2010. http://www.transec.fi/files/230/Matti_Rae_Ensto.pdf
- Renault. (2010). Renault Fluence Z.E. <http://www.renault.com/en/vehicules/renault/pages/fluence-ze.aspx>
- Ressing, W. Puheenvuoro Saksan tilanteesta. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010.
- Reuters. (2010). AUTOSHOW-WRAPUP 3-Electric cars arrive, posing test for grids. 1 October 2010.
- Ricardo. (2010). Review of Low Carbon Technologies for Heavy Goods Vehicles. Prepared for Department of Transport. RD.09/182601.7. March 2010. <http://www.dft.gov.uk/pgr/freight/lowcarbontechnologies/lowcarbon.pdf>
- Roadmap. (2010). Communication on a Low carbon economy 2050 roadmap http://ec.europa.eu/governance/impact/planned_ia/docs/2011_clima_005_low_carbon_economy_2050_en.pdf
- Roland Berger. (2010). Powertrain 2020. Li-Ion batteries – the next bubble ahead? http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_Li-Ion_batteries_20100222.pdf
- Ruotsalainen, S. (2010). HLT 2004-2005 datan analysointia. 2010.
- Ruska, M. et al. (2010). Sähköautojen laajan käyttöönoton skenaarioita ja vaikutuksia sähköjärjestelmään. VTT Working Papers 155. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2010/W155.pdf>
- RWE. (2010). RWE ELECTRO-MOBILITY. "We are putting renewables on the road." RWE Effizienz GmbH as of December 2010. <http://www.rwe.com/web/cms/en/183210/rwe/innovations/energy-application/e-mobility/>
- SAE. (2010). SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler. Product Code: J1772. Date Published: 2010-01-15. SAE International. http://standards.sae.org/j1772_201001/
- Schallaböck, K.O. (2010). New fuels – the need for urban planning and new infrastructure. Local Renewables Freiburg 2010. 14-15 October, 2010. Freiburg im Breggau, Germany.
- Schultz, P. (2010). Renault EV Development Program. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482
- Schwalm, M. (2010). E-Mobility. Insights from the MINI E field trial. June 2010.
- Sekki, T. (2010). Sähköposti koskien Espoon kaupungin sähkötavoitteita. 17.12.2010.

Sesko.

http://www.sesko.fi/portal/fi/standardisointikomiteat/komitealista_ja_komiteasivut/sk_69_sahkoautot/

sgem. (2010). Smart grids and energy markets. Developing smart grids and energy markets.

http://www.cleen.fi/home/sites/www.cleen.fi.home/files/Cleen_Factsheet_SGEM_2010.pdf

Skogster, K. (2010). Toyota Prius pistokekehybridit Suomessa. Lähitulevaisuus ja tieliikenteen päästöt -seminaari 9.6.2010. Toyota Motor Finland Oy.

Smart. (2010). Smart tekniset tiedot. <http://www.smart.fi/smart-fortwo-smart-fortwo-coup%C3%A9-tekniikka-moottorit/e0a1fb03-d93b-5af7-80ab-7c81f0ff63f2>

Smartgrids. (2006). Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future. Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems. EUR 22040.

http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf

Suomela, J. ja Sainio, P. (2010). Suoraan pyörivään liikkeeseen. Suomen Autolehti. Joulu 2010 (10/2010).

Suomen ympäristökeskus. (2008). Suuripäästöiset autot tulisi korvata nopeasti vähäpäästöisemmällä. <http://www.environment.fi/default.asp?contentid=284161&lan=fi>

Swot. (2010). Hypätään kyytiin - keskittämällä tuloksia. Selvitys sähköajoneuvoklusterin liiketoimintamahdollisuuksista. Loppuraportti 6.8.2010. Oy Swot Consulting Finland Ltd.

<http://www.tekes.fi/u/sahkoajoneuvoselvitys.pdf>

SYÖKSY väliseminaari. (2011).

http://www.greenetfinland.fi/fi/index.php/SY%C3%96KSY_v%C3%A4liseminaari_18.1.2011

Sähköajoneuvot Suomessa. (2009). Työryhmämietintö 6.8.2009.

http://www.tem.fi/files/25826/TEM_9_2010.pdf

Sønstelid, P-H. (2010). Sähköposti Norjan sähköautotilanteesta. Transportavdelingen, Samferdselsdepartementet. 2.12.2010.

Tavoiteohjelma. (2009). Vähäpäästöinen autoilu. Espoon Kaupunki/Tiina Sekki. 29.10.2009

Tekniikan Maailma. (2011). Ensirekisteröinnit 2010. 2/2011.

Tekniikka & Talous. (2009). Tuntihinnoittelu tekee tuloaan - sähkön tasauslasku jää historian. 29.4.2009. <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article278815.ece>

Tekniikka & Talous. (2010). Japanilainen latausstandardi valtaa autoalaa. 31.12.2010.

<http://www.tekniikkatalous.fi/duuniauto/article554492.ece>

Telleen, P. (2010). Vehicle Electrification Deployment and Demonstration Activities in U.S. Cities. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010.

http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

TEM. (2009). Energian kysyntä vuoteen 2030. Arvioita sähkön ja energian kulutuksesta.

http://www.tem.fi/files/25135/Energian_kysynta_vuoteen_2030_Arvioita_sahkon_ja_energian_kulutuksesta_TEM_EOS_10.11.2009.pdf

- Tesla. (2010). The New Tesla Roadster. <http://www.teslamotors.com/roadster>
- Think. (2010). The THINK City. <http://www.thinkev.com/The-THINK-City>
- Tikka, V. (2010). Sähköautojen pikalatauksen verkkovaikutukset. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Sähkötekniikka. 2010. <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/66311/nbnfi-fe201011253035.pdf?sequence=3>
- Tilastokeskus. (2011). Polttoaineluokitus. http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html
- Toyota. (2010). Huolto ja takuu. http://www.toyota.fi/Images/Prius_takuuehdot_2010_tcm304-949277.pdf
- Toyota. (2011). Hybrid Synergy Drive. <http://www.toyota.fi/innovation/hybrid.aspx>
- TraFi. (2011 a). Liikenteessä olevat ajoneuvot 2010. Liikenteen turvallisuusvirasto TraFi. <http://www.ake.fi/AKE/Tilastot/Ajoneuvokanta/Liikenteessä+olevat+ajoneuvot+2010/Liikenteessä+olevat+ajoneuvot+2010.htm>
- TraFi. (2011 b). Henkilöautojen ensirekisteröinnit käyttövoimittain. Liikenteen turvallisuusvirasto TraFi. <http://www.ake.fi/AKE/Tilastot/Ensirekisteröinnit/Henkilöautojen+ensirekisteröinnit+käyttövoimittain.htm>
- TraFi. (2011 c). Yksittäin maahantuotujen käytettyjen ajoneuvojen määrä kuukausittain vuonna 2010 ja 2009. Liikenteen turvallisuusvirasto TraFi. <http://www.ake.fi/AKE/Tilastot/Käytettynä+maahantuodut/Käytettynä+maahantuodut+kuukausittain/Vuodet+2010+ja+2009.htm>
- Tsujimoto, K. (2010). Japan's policy for electric vehicles. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482
- Turrentine, T. (2010). What do we know about consumers & Plug-in Electric Vehicles (PEVs)? IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010. http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482
- TUSE. (2009). Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea. http://www.vnk.fi/julkaisukansio/2009/j28-ilmasto-selonteko-j29-klimat-framtidsredogorelse-j30-climate_/pdf/fi.pdf
- Tuukkanen, J. Sähköautojen latausjärjestelmät. Sähköautodemonstraatioiden työpaja. VTT Auditorio 24.5.2010. http://www.transec.fi/files/213/Jukka_Tuukkanen_Siemens.pdf
- Tuulilasi. (2010). Testi Think City. Mietintämyssy. Tuulilasi 16/2010.
- Udvikling. (2010). Afgiftsfritagelse for elbiler til og med 2015. <http://www.udvikling-as.dk/index.php/klima-elbiler/74-elbil-afgiftsfritagelse-forlaenget-til-og-med-2015>

Ueda, M. (2010). Nissan Challenge For Zero Emission. Exploring New Relationship between Mobility and Society. IEA Advanced vehicle Leadership Forum: Electric Vehicles Initiative Launch and Roundtable Event. Paris, 30 September – 1 October, 2010.

http://www.iea.org/work/workshopdetail.asp?WS_ID=482

UNFCCC (2010). United Nations Climate Change Conference Cancun - COP 16 / CMP 6.

<http://unfccc.int/2860.php>

USABC. (2006). USABC Goals for Advanced Batteries for EVs.

http://www.uscar.org/guest/article_view.php?articles_id=85

Vejsektoren. (2009) Nyt center for grøn transport

<http://www.vejsektoren.dk/wimpnews.asp?page=document&objno=451709>

Vesa, J. (2009). Sähköautojen standardoinnin tilannekatsaus, 2009-06-17.

[http://www.sesko.fi/attachments/sk69/sahkoauto_standardointi.pdf /](http://www.sesko.fi/attachments/sk69/sahkoauto_standardointi.pdf/)

Vesa, J. (2010). Sähköautoteknologiassa laaja työohjelma.

http://www.standardiforum.fi/aineisto/forum2010/Forum_2010_JVesa.pdf

Vilminko, M. (2010). Sähköautojen hidas lataus - Autolämmitystolpat lataustolpiksi. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. 2.5.2010.

VINNOVA. (2010). Ladda för nya marknader. Elbilens konsekvenser för elnät,

elproduktionen och servicestrukturer. <http://www.vinnova.se/upload/EPIStorePDF/va-10-01.pdf>

VTT. (2010). EFFICARUSE-projektin sähköautomittauksia. Raportoidaan julkisesti keväällä 2011.

Vuorilehto, K. (2010). Akkuserivitys FIMA:lle, toinen versio, syyskuu 2010.

Väyrynen, A. (2011). Tarkennuksia European Batteries Oy:n tuotespesifikaatioihin.

Weltin, M. (2010). Servicekonzepte rund ums E-Fahrzeug – die Rolle der Energieversorgung in der Elektromobilität. Local Renewables Freiburg 2010. 14-15 October, 2010. Freiburg im Breisgau, Germany.

WEO. (2010). World Energy Outlook 2010. International Energy Agency, 2010.

<http://www.worldenergyoutlook.org/>

Yoshida, M. (2010). New Frontier 2012. Growth in New Markets and Businesses. Furu-

kawa Electric. http://www.furukawa.co.jp/english/ir/event/2010/100408_e.pdf

ÖKL. (2011). Tilastoja. Öljytuotteiden ja maakaasun myynti Suomessa 2010. Öljyalan

Keskusliitto. <http://www.oil-gas.fi/?m=2&id=39>

															LIITE A	
Automerkki	EV	EREV+PHEV	Status	Esittely	Suomeen	Hinta €	Hinta €FIN	V	kWh	kW	Nm	Generaattori	CO2	Paino	T.matka km	Linkki
Alke	XT				2010				13-26	24	230			980	100-200	http://stellaone.fi/index
Audi	A1 e-tron	A1 e-tron	konsepti	3/2010					12	45		wankel 15 kW	45	50 S/ 200 RE		http://green.autoblog.com
	A2	A?		2012												http://green.autoblog.com
	R8 e-tron			2014												http://www.worldcarfans.com
Balgon	Mule 150 k-auto		myynnissä USA:ssa						280	220					150-240	http://balgon.com
BMW	Megacity Vehicle			2013					35	110					160	http://www.automobiler.com
	5-sarja (Kiina)		Kiinan markkinoilla	2010											100	http://www.autocar.co.uk
	1-sarja ActiveE		Konsepti							125	250				160	http://www.trethugger.com
BYD	E6			2011						75-200					300	http://www.byd.com/sh
		F3DM								50					100 S	http://www.byd.com/sh
		F6DM		2008												
Chery	Riich M1-EV			2010				336	13,4	48					160	http://chinaautoweb.com
		Riich X1 REEV		2010								wankel 8 kW			300	
		Riich M1 REEV		2010								wankel				
		Riich G5 REEV		2010								wankel				
		A5 REEV		2010								wankel				
Chevrolet	eSpark (Intia)	Volt		2011	2012?											http://www.chevrolet.com
		Amp		2010						16						http://green.autoblog.com
				2011												
Chrysler		Town&Country Pt	konsepti												S 64, K 640	http://www.chryslergoes.com
		200C EV	konsepti												144	http://green.autoblog.com
Citroen	C-zero			2010	2011				330	16	47	180				http://www.c-zero.citroen.com
	Berlingo															
CT&T	e-Zone															http://www.ctnt.co.kr/en
Dacia/EMC	Logan Pick Up EV		USA:ssa myynnissä	2010		\$33.950										http://www.dacia.ro
Dodge		RAM PHEV								12					S 32	http://dodgeforum.com
	Circuit EV		konsepti												240-320	http://www.chryslergoes.com
EcoCraft	Ecocarrier		Saksassa myynnissä							15	950				80	http://www.ecocraft-aut.com
Estrima	Biro		myynnissä	2010		8.590				4				330	45-60	http://www.estrima.com
Fiat	Doblo/Fiorino		jälkiasennus													http://www.sahkotaksi.fi
	Punto (EV Adapt)		jälkiasennus			25.000										
	500 EV (EV Adapt)		jälkiasennus			37.500				15	24				120	http://www.fiat500ev.info
	500 BEV		USA:n markkinoille													http://www.tuulias.fi/ar
Fisker		Karma		2008	2011				22,6	300					S 80 K 483	http://www.fiskerautomotive.com
Ford	Focus			2012												
		C-Max		2013												
	Transit Connect Electric			2010											130	http://www.autoevolution.com
Fuso	Canter E-Cell k-auto		konsepti	2010					40	70					120	http://daimler.com
Geely	Panda		Kiinassa			\$12.656									180	http://www.evscroll.com/
Honda	Fit EV			2012						4					160	http://www.motortrend.com
Hyundai	i10 BlueOn		konsepti	2011					16,4	61	210				140	http://green.autoblog.com
Iveco	Daily EV		Brasillassa, Kiinassa												100	http://www.evworld.com
Jaguar		XJ PHEV		2011									120		S 48	http://green.autoblog.com
Jeep		Wrangler	konsepti												S 70, K 640	http://www.chryslergoes.com
		Patriot	konsepti												S 65, K 640	
Kia	Venga EV		konsepti						24	80	280				179	http://www.kia-worldnews.com
	Pop		konsepti													http://www.insideline.com
Land Rover		Range Rover PHEV													S 32	http://green.autoblog.com
Lightning	Electric GT		konsepti	2012							300			1850	240	http://www.lightningcar.com
Mercedes-Benz	Vito E-CELL		rajoitettu tuotanto	2010	2011			400	32						130	http://www.vehoauto.com
	A E-CELL		rajoitettu tuotanto	2010	2011						70				198	http://www.engadget.com
		S-sarja PHEV	konsepti	2012?									100			http://www.autoblog.com
Mini	Mini E		konsepti	2009							150	220			141	http://www.mini.co.uk/
Mitsubishi	i-MiEV		tuotanto	2010	2011			330	16	47	180				144	http://www.veho.fi/kohti
Modec	Kuorma-auto		myynnissä UK:ssa	2010											100-160	http://www.modectev.com
Nissan	Leaf		tuotanto		2011		noin 30.000		24	80	280				160	
	Nuvu		konsepti													http://www.conceptcarz.com
Opel		Ampera		2011	2011					16					500	http://www.opel.fi/vehit
		eVivaro	konsepti												400	http://www.bestelauto.com
Optimal Energy	Joule			2014											300	http://www.optimalener.com
Peugeot	iOn		tuotanto	2010	2011			330	16	47	180				144	http://www.peugeot.fi/
	Partner															
Porsche	Panamera															http://green.autoblog.com
Proterra	Ecoride BE35 bussi		konsepti ?	2010						?	150				?	http://proterra.com
Renault	Zoe Z.E.		konsepti	2010	2013?						60	222			160	http://www.renault.com
	Kangoo Z.E.		tuotanto	2010	2012	20000 (F) akku 72/kk			22	44	226				160	http://www.renault.com
	Fluence Z.E.		tuotanto	2010	2012	26000 (F) akku 79/kk			22	70	226				160	http://www.renault.com
	Twizy Z.E.		konsepti	2010							15	57		450	96	http://www.renault-ze.com
Reva	REVAi								48	9,6	13	52			80	http://www.revaindia.com
Saab	9-3 ePower		konsepti	2011-12					35,5	135					170	http://newsroom.saab.com
Sanifer	L6e			2010		16.000		48	7,7	4					100	http://www.amcmotors.com
Seat	IBE		konsepti						18	75	200			1000		http://www.autospies.com
		Leon Twin Drive	konsepti	2014											S 50	
Shenzen GreenWheel Electric Vehicle																http://ludifangzhou.cn/
Skoda	Octavia EV		konsepti	2013					26,5	60					140	http://electric-vehicles.com
Smart	Fortwo ED			2012					16,5	30	120				115	http://www.ekobilii.fi/uu
Smiley	Mopauto			2010		15.000										http://www.netcar.fi/eco
Smith	Newton kuorma-auto		tuotanto								120				160	http://www.smithelectric.com
Subaru	Stella			2009		43.000										http://www.cnet.com.au
Suzuki	Swift PHEV															http://www.businessweek.com
Tata	Indica Vista EV		testeissä												200	http://www.tatamotors.com
Tazzari	Zero		myynnissä	2010		27.990					150			542	140	http://stellaone.fi/filed
Tesla	Roadster		myynnissä	2008	2010	120.000									365	http://www.teslamotors.com
	Model S			2012											Max. 480	
Think	City		myynnissä	2010	2010	43.299			22	30				1038	160	http://www.thinkcity.fi/
Thunder Sky	EV 2009 bussi		myynnissä Kiinassa	2009		180.000 ?			350	300					300	http://www.thunder-sky.com
Toyota	RAV4 EV		konsepti		(2012 USA)											http://www.nellypora.fi/
	eCom		vanha konsepti								18,5	76			96	http://www.toyoland.com
		Prius PHEV	testeissä	2012					346	5,2	60	207		59	1500	http://www.priusphv.com
Volkswagen	E-Up		testeissä	2013												http://www.themotorrep.com
	E-Golf		testeissä	2011												
	E-Jetta		testeissä	2012												
	E-Passat		testeissä	2013												

Kotimaiset sähköautohankkeet

Tilannekatsaus tammikuussa 2011

Tommi Mutanen
AuTom Consulting
Aino Acktén tie 8 C 13
00400 Helsinki
tommi.mutanen@autom.fi

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	2
Katsauksen sisältö.....	3
SIMBe (Smart Infrastructures for Electric Mobility in Built Environments).....	3
Metropolian ERA-hanke	4
Valmet Automotive – EVA	4
EVAG Electric Vehicle Action Group	5
KUPERA & KEHTO	6
SYÖKSY	6
TSAK	7
Sähköautot - Nyt.....	7
EAKR.....	8
Standardointiryhmä	8
Finpro.....	8
TEKES	8
FECC	9
City Car Club	10
Oliivi Autot Oy	10
O2 Media Oy	10
NTM.....	10
Elcat.....	11
Finnreha-Handi Finland Oy.....	11
J-Trading Oy	11
Rannan Teollisuuskone Oy & AMC Motors	11
Electric Vehicles Finland Oy.....	11
European Batteries.....	12
Savonia	12
Suomen Posti	12
Amotec Oy	12
eKone Oy.....	13
Teknologiakeskus KETEK	13
A2B Finland.....	13
Eco Urban Living.....	13
Vihreä moottoritie	13
Ahvenanmaan sähköautohankkeet	14
RekkEVIDe.....	14

1 Katsauksen sisältö

Sähköauto on tällä hetkellä pienen energiankulutuksen ja päästöttömyyden takia kiinnostava aihe, ja siihen liittyviä eritasoisia projekteja on käynnissä Suomessa lukuisia. Sähköauton tekniikan tutkimuksen, kehitysprojektien ja konversioiden lisäksi maassamme tutkitaan myös sähköautoliiketoimintamalleja ja sähköauton vaatimaa infrastruktuuria. Sähköautojen tekniikassa yritetään saavuttaa auton painon, hinnan, toimintasäteen, käytännöllisyyden ja luotettavuuden välille kuluttajia tyydyttävä tasapaino. Infrastruktuurin puolella tutkitaan latauksen nopeutta, sähköverkoston älykkyyttä ja uusia autonkäyttömalleja. Selvityksiä aiheesta ovat tehneet mm. SWOT Consulting, Finpro sekä Biomeri Oy.

Tämä tilannekatsaus tehtiin VTT:n toimeksiannosta. Tavoitteena oli kerätä yhteen tilannekatsaus joulukuussa 2010/tammikuussa 2011 käynnissä olevista kotimaisista sähköautoihin liittyvistä hankkeista. Tietoja hankkeista kerättiin puhelimitse, sähköpostitse ja Internetistä. Osa hankkeista on julkisia, ja niistä on runsaasti tietoa saatavilla, osa hankkeista taas halutaan pitää poissa julkisuudesta.

Tähän katsaukseen saatiin tietoja lähes 30 hankkeesta tai yrityksestä. Varsinkin konversiot ja sähköautokonseptihankkeet ovat usein pienten yritysten tai ryhmittymien tekemiä, joiden resurssit ovat rajalliset. Hankkeiden viestinnässä ja osaamisen markkinoinnissa olisi parantamisen varaa, ja joidenkin yritysten kohdalla yhteistoiminta muiden kanssa voisi parantaa onnistumisen mahdollisuuksia.

2 SIMBe (Smart Infrastructures for Electric Mobility in Built Environments)

SIMBe on [Tekesin Kestävä yhdyskunta -ohjelmasta](#) rahoitettu Aalto-yliopiston tutkimusprojekti. SIMBe-projektissa tutkitaan sähköautoihin liittyvää olemassa olevaa liiketoimintaa sekä uusia arvoketjuja ja liiketoimintamahdollisuuksia. Uutta liiketoimintaa tarvitaan useassa sähköisen liikkumisen arvoketjun kohdassa, kuten sähkömyynnissä ja -ostossa, ajoneuvoihin ja niiden käyttöön liittyvissä palveluissa sekä tarvittavan infrastruktuurin kehittämisessä.

Hankkeessa ovat mukana:

- Helsingin kaupunki
- Helsingin Energia
- S-ryhmä
- Nokia Siemens Networks
- Suomen Pysäköintiyhdistys
- European Batteries
- O2 media
- Oliivi Autot
- Aalto-yliopiston [BIT tutkimuskeskus](#)
- Aalto-yliopiston Uudet energiateknologiat-tutkimusryhmä
- Aalto-yliopiston Liikennetekniikan laitos
- Aalto-yliopiston Sähkötekniikan laitos

SIMBe projekti alkoi tammikuussa 2010 sidosryhmäanalyysillä mukaan lukien teollisuus, julkiset toimijat sekä loppukäyttäjät. Konseptin mallinnus- ja simulointivaiheessa tehdään markkina-, liikenne- ja teknologia-analysit.

Tulostavoitteina vuodelle 2011 ovat:

- Liiketoimintamallit
- Ansaintalogiikat
- Infrastruktuurin kuvaus
- Markkinoiden muutosten, epävarmuuden sekä markkinoille pääsyn suuntaviivat

Projekti on kohta puolella välillä ja on edennyt Veikka Pirhosen mukaan suunnitellun aikataulun mukaisesti. Ensimmäisiä tuloksia on jo saatu julkaistua. Projekti on Pirhosen mukaan myös aktiivisesti yhteydessä valtion edustajien, ministeriöiden ja monien muiden sidosryhmien kanssa ja yrittää edesauttaa sähköisen liikkumisen tuloa Suomeen.

Yhteyshenkilö: Veikka Pirhonen
www-sivut: www.simbe.fi
Liitteet: SIMBe Results 1, 2 ja 3.

3 Metropolian ERA-hanke

Electric RaceAbout-hankkeen pääryhmä on Metropolia-ammattikorkeakoulusta. Mukana ovat olleet myös Lahden muotoiluinstituutti, Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja lukuisia kotimaisia yhteistyökumppaneita.

Projektin tavoite oli suunnitella kotimaisin voimin sähköinen voimansiirto ja rakentaa sähkökäyttöinen urheiluauto ja osallistua sillä [Progressive Automotive X-Prize](#) -kilpailuun. Kilpailu pidettiin syyskuussa 2010, ja ERA jäi luokassaan niukasti toiseksi.

Auto rakennettiin kilpa-ajoa varten. Kori ja kehikko valmistettiin hiilikuidusta. Alusta on Audi R8 -autosta. Autossa on neljä sähkömoottoria, yksi jokaiselle renkaalle. Huipputehoksi ilmoitetaan 320 kW. Kiihtyvyydeksi 0-100 km/h ilmoitetaan noin 5 sekuntia ja huippunopeudeksi yli 200 km/h. Toimintasäde 32 kWh:n akuilla on noin 200 km. Auton omapaino on noin 1600 kg, josta litiumtitanaattiakkujen osuus on noin 550 kg. Akuissa on 10 minuutin pikalatausmahdollisuus.

Tällä hetkellä ERA on huollossa ja Metropolia valmistautuu tekemään vuoden 2011 keväällä 10 minuutin pikalatausdemon Fortumin kanssa.

Hanke on onnistunut Sami Ruotsalaisen mielestä oikein hyvin myös tavoitteisiin nähden. "Olemme osaltamme koonneet suomalaista teollisuutta sähköajoneuvojen ympärille ja kehittäneet niihin liittyvää tekniikkaa. Olemme saaneet mukavasti julkisuutta ja suomalainen alueen osaaminen on tiedostettu taas hieman paremmin.", Ruotsalainen sanoo.

Huollon lisäksi autoon tehdään nyt muutamia parannuksia ja asennetaan lämmitys- ja ilmastointilaitte. Metropolialta on myös lähdessä hakemuksia Tekesin sähköajoneuvo-ohjelmaan.

Yhteyshenkilö: Sami Ruotsalainen
www-sivut: <http://www.raceabout.fi/era/>

4 Valmet Automotive – EVA

EVA-prototyypin avulla haluttiin kehittää Valmet Automotiven osaamista, jotta asiakkaille voitaisiin tarjota enemmän sähköautoihin sopivia tuotantovalmiita teknisiä ratkaisuja. Eva-projektissa tehtiin markkina-analyysi ja konseptiselvitys. Tavoitteeksi asetettiin erityisesti Amerikan ja Euroopan markkinoille suunnattu kaupunkiauto, joka soveltuu myös perheille.

Tuloksena on 2+2-paikkainen sähköauto, jonka ajomatka yhdellä latauksella on 160 km ja nopeus 120 km/h. Evassa on itsekantava alumiinirunko, joka on muunneltavissa modulaarisen profiilirakenteensa ansiosta. Moottorina käytetään yksinkertaista suoravetosähkömoottoria. Kuljettajan käyttöliittymässä on huomioitu erityisesti sähköautoihin soveltuvat tulevaisuuden kommunikaatiotarpeet ja ohjausjärjestelmät. Hankkeessa on ollut mukana Fortum, Nokia, NAVTEQ, Vacon, Nokian Renkaan, Idis Design, Cadrang, AXCO-Motors, Hybria, Powerfinn, Convergens, Aalto- yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Metropolia sekä saksalainen suunnittelutoimisto RLE International.

Eva-hankkeessa mukana ollut Energiayhtiö Fortum on kehittänyt UTU ELEC Oy:n kanssa latausaseman, joka aloittaa ja lopettaa sähköauton lataamisen matkapuhelimesta lähetetyillä viesteillä. Konseptiautossa on myös NAVTEQin Green Routing -palvelu, joka edesauttaa erityisesti sähkö- ja hybridauton käytön optimointia maksimijomatkan saavuttamiseksi antamalla tietoa latauksen riittävydestä seuraavalle latausasemalle. Järjestelmä ohjaa energiatehokkaiden reittivaihtoehtojen käyttöön kertomalla etukäteen esimerkiksi jyrkistä mutkista ja nousuista.

”Saimme aikaan yhteistyökumppaneidemme kanssa juuri sellaisen sähköautokonseptin kuin olimme asettaneet tavoitteeksi. Projektin aikana kehittyneitä ratkaisuja ja karttunutta kokemusta ja osaamista käytetään hyväksi Valmet Automotiven sähköautoprojekteissa eri asiakkaille osana palvelutarjontaamme”, Teija Åhlman kertoo. Valmet Automotive käyttää EVAa sähköauto-osaamisensa markkinointityössä eri kansainvälisissä tapahtumissa ja esittelee sitä autonvalmistajille.

EVAan on asennettu monitorointijärjestelmä, jolla saadaan reaaliaikaista informaatiota ajoneuvon ajonopeudesta, -matkasta, sähköisistä suureista jne. Tätä informaatiota tullaan analysoimaan jatkossakin ja saatua tietoa käytetään tulevien ajoneuvojen tuotekehityksessä. EVA projektissa toteutettiin myös ajettava testialusta, joka on käytännössä EVA -auto ilman koria. Tällä alustalla Valmet Automotive tulee testaamaan eri komponentteja ja optimoimaan EVAn hallintajärjestelmää energiatehokkaammaksi.

”Valmet Automotivella on myös käynnissä ei-julkista sähköautoihin liittyvää kehitystyötä asiakkaille. Sähköautot ovat keskeinen osa Valmet Automotiven palvelutarjontaa, ja esim. Evan valmistus voi tulevaisuudessa olla mahdollista, jos sille löytyy yhteistyökumppani. Valmet Automotiven tavoite ei ole ryhtyä valmistamaan omaa sähköautomerkkiä. Omaa sähköautobrandia ei kuitenkaan ole suunnitteilla”, Teija Åhlman kertoo.

Evan tapaisesta konseptivaiheesta ajoneuvon kehittäminen tuotantoon kestää noin kaksi vuotta. Eva sijoittuu sähköautomaailmassa pienten perheautojen segmenttiin.

Yhteyshenkilö: Teija Åhlman

www-sivut: <http://www.valmet-automotive.com/automotive/bulletin.nsf/PFBD/F9C6CF123F916877C22576D6004558B6?openDocument>

5 EVAG Electric Vehicle Action Group

Electric Vehicle Action Group EVAG on keskeisten suomalaisten yritysten yhteinen ponnistus sähköautoinfrastruktuurin luomiseksi merkittävimpiin suomalaisiin kaupunkeihin. Tavoitteena on rakentaa uudenlaisia edellytyksiä sähköautoille ja muille sähköllä toimiville kulkuvälineille korkean tason valtio-, kunta- ja yritysyritysten kautta. EVAG-konsortion tavoitteena on mahdollistaa sähköautojen käytön nopea lisääntyminen mm. kehittämällä kaupunkirakenteita ja säädöksiä suotuisiksi ja yhteensopivaksi sähköautoille ja muille sähköisille kulkuneuvoille sekä konkreettisesti edistää sähköautojen myyntiä ja käyttöönottoa. Tavoitteeseen pyritään myös kehittämällä konsepteja mm. sähköauton lataukseen, rahoitukseen, sähkön laskutukseen, ylläpitoon sekä älykkääseen sähköverkkoon, etäohjaukseen ja navigointiin. Pääkaupunkiseudulla on tavoitteena 20.000 ladattavan sähköauton vuosirekisteröinti vuonna 2020.

Helsingissä järjestettiin 21.1.2011 tilaisuus, jossa joukko yksityisen ja julkisen sektorin vaikuttajia kokoontui allekirjoittamaan yhteistä tahdonilmausta sähköisen liikenteen ja siihen liittyvän liiketoiminnan konkreettisesta edistämisestä Suomessa. Yhteensä tahdonilmaisulla oli yli 40 allekirjoittajaa. Allekirjoittajien tavoitteena on rakentaa Suomeen sähköisen liikenteen ja liikkumisen kansainvälisen tason innovaatiokeskittymä. Käytännössä hanke tähtää 500 sähköauton saamiseen liikenteeseen pääkaupunkiseudulla vuosien 2011 – 2012 aikana.

Yhteyshenkilö: Elias Pöyry

www-sivut: http://www.transec.fi/files/231/Martti_Malmivirta_EERA.pdf

6 KUPERA & KEHTO

KUPERA (Kuntien PERusRAkenteiden ja perusrakennepalvelujen rahoituksen, omistajuuden ja tuotannon innovaatiot)

KEHTO (Kuntien teknisen toimen KEhittämisen Haltuunotto ja Toteutus)

KEHTO-konsortio on Suomen suurimpien kaupunkien muodostama kehittämisfoorumi, jonka tavoitteena on kuntien teknisen toimen nostaminen kansainvälisesti kilpailukykyiselle tasolle. KUPERA-hanke on KEHTO-foorumin käynnistämä kaupunkien teknisen toimen kehittämishanke, jossa on mukana 18 suomalaista kaupunkia. Hankkeen koordinaattorina toimii TKK:n BIT Tutkimuskeskus, mukana on myös Tampereen yliopiston yhdyskuntatieteiden laitos. Hankkeen päärahoittaja on Tekes. Hanke on käynnistynyt syksyllä 2009, sen kesto on 2,5 vuotta ja kustannusarvio 1,3 miljoonaa euroa.

Hanke kehittää yleisesti kuntien teknistä tointa ja sen palveluja. Kun sähköautot yleistyvät, kaupunkien ja kuntien teknisen toimen alueeseen kuuluu omalta osaltaan siihen liittyvän infrastruktuurin ylläpito. Hankkeen keskipisteenä ei varsinaisesti ole sähköautot, mutta foorumi on ottanut kantaa myös tähän asiaan ja selvittää kaupunkien mielenkiintoa tähän. Tämä selvitystyö on meneillään.

Yhteyshenkilö: Pekka Malinen

www-sivut: http://www.kunnat.net/k_perussivu.asp?path=1;29;66354;66356;154992

7 SYÖKSY

SYÖKSY - Sähköiset ajoneuvot kehäradan syöttö- ja asiointiliikenteessä.

SYÖKSY-tutkimushankkeen päätavoitteena on kehittää käyttäjälähtöisesti vähäpäästöisiä joukkoliikenteeseen pohjautuvia liikkumisratkaisuja kehäradan varren syöttöliikenteeseen sekä Marja-Vantaan ja Aviapoliksen alueiden asukkaiden, työntekijöiden ja vierailijoiden asiointiliikenteeseen. Tarkoitus on hyödyntää erityyppisiä sähköisiä ajoneuvoja, sekä muita matalan CO₂ – tason ajoneuvoja. Tähtäimessä on hyödyntää uusia liikennepalveluja saman tien, kehäradan valmistuessa 2014 sekä pidemmällä aikavälillä 2030. Tavoitteena on, että asukkaat, työntekijät ja vierailijat pääsevät liikkumaan ovelta ovelle joukkoliikenteen avulla.

Syöksy-hankkeen koordinoinnista sekä ajoneuvo- ja latausteknologioista ja niiden sovelluksista vastaa Metropolia Ammattikorkeakoulu. Aalto-yliopiston vastuulla on käyttäjälähtöinen liikennesuunnittelu. Tampereen teknillinen yliopisto vastaa liikennejärjestelmän vaihtoehtojen laatimisesta ja vaikutusten arvioinnista.

Hankebudjetti on noin 530 000 euroa, josta 60% on peräisin Tekesin Kestävä Yhdyskunta - ohjelmasta. Muita rahoittajia ovat Vantaan Innovaatioinstituutti, HSL, Vantaan Energia Sähköverkot Oy, Ensto Electric Oy, Finavia Oy, Kauppakeskus Jumbo, Itella Oy, sekä European Batteries Oy. Lisäksi asiantuntijapanoksella on mukana City Car Club. Hanke toteutetaan 1,5 vuoden mittaisena aikavälillä 1.4.2010 – 30.9.2011. SYÖKSY-hankkeen puoliväliseminaari pidetään tammikuussa 2011, loppuseminaari pidetään syksyllä.

Yhteyshenkilö: Arto Haakana, Markku Haikonen

www-sivu: <http://www.greennetfinland.fi/fi/index.php/SY%C3%96KSY>

8 TSAK

Tampereen Sähköajoneuvokeskus TSAK on entisellä Volvo Carruksen bussitehtaalla toimiva toimintapiste ja työpaja. ElectriCity - Tampere liikkuu sähköllä on tamperelainen yhteistyöhanke, jonka toimipisteenä TSAK on. ElectriCity -hankkeen tavoitteena on käynnistää konversioteknologian kehitystyö Tampereella. Konversioteknologiassa polttomoottoriajoneuvo muutetaan sähköajoneuvoksi.

Hankkeessa edistetään asiasta kiinnostuneiden yritysten, oppilaitosten ja yhteisöjen yhteistyötä sekä kehitetään uusia toimintamalleja niiden välillä. Hankkeen koordinoinnista vastaa Tampereen kaupunkiseudun elinkeino- ja kehitysyhtiö Tredea Oy.

ElectriCity-hankkeessa keskitytään

- konversioteknologian kehittämiseen
- sähkömoottori ja tehoelektronikan hyödyntämiseen ajoneuvoissa ja työkoneissa, joissa käytetään merkittävää akkukapasiteettia
- ohjausjärjestelmien kehittämiseen
- energian varastointiin ja sen lataukseen
- muunnosprosessin ja työtapojen kehittämiseen
- huolto- ja kunnossapitoteknologian kehittämiseen
- taloudellisten prosessien kehittämiseen
- koulutuksen käynnistämiseen ja oppilaitosten välisen yhteistyön edistämiseen

Ari Lounasranta kertoo, että kovin pitkällä toiminnan vauhtiin saamisessa ei vielä olla, mutta keskukseen on jo saatu useita toimijoita. Tarkoituksena on hankkia mittalaitteita sähköautojen mittaustöitä varten. Koulutus on jo käynnissä ja sinne olisi tulijoita enemmän kuin tarjolla on paikkoja. Kyseessä on sähköajoneuvoasentajakoulutus. Osallistujien lähtökoulutustasot vaihtelevat DI:stä autonasentajaan. Yhtä lukuun ottamatta kaikki 12 kurssille osallistunutta työllistyivät heti.

TSAKissa työskentelee myös ryhmä TAMK:n insinöörioppilaita, jotka tekevät sähkökäyttöisestä Porschesta lopputyötään.

TSAKissa toimii myös sähköautoinfrastruktuurin parissa työskenteleviä yrityksiä kuten sähköauton lataamiseen tarkoitetun eTolpan kehittäjä IGL technologies, Cadrिंग, Microteam sekä Amperi Oy. Nokian renkaat toimii kannattajajäsenenä.

Muunnettavia linja-autoja on tulossa työn alle Tampereelle noin kolmen auton sarja. Näistä tiedotetaan vuoden 2011 alussa tarkemmin. Vaikka TSAKissa keskitytään lähinnä konversiotekniikkaan ja infrastruktuuriin, on siellä käynnistymässä myös yksi uusien autojen kehityshanke.

Yhteyshenkilö: Ari Lounasranta

www-sivut: <http://www.sahkoautot.fi/yhteisoe:tevc>

9 Sähköautot - Nyt

Sähköautot – Nyt! on yhteisöllinen hanke, jonka tavoitteena on tehdä sähköautosta edullisempi. Hanke onnistuu tässä, jos se saa tarpeeksi monta sähköautoista kiinnostunutta kuluttajaa tekemään tilauksen, jolloin konvertoinnin kustannuksissa voidaan komponenttien hankinnassa hyödyntää sarjan suuruutta.

Ensimmäisessä vaiheessa kriittisen massan rajaksi on laskettu 500 sähköauton yhteistilaus, jolloin käytetystä autosta konvertoitu perheluokan sähköauto voidaan toimittaa tilaajilleen vastaavan uuden hinnalla.

Sähköautot – Nyt! -hankkeen auto toteutetaan päivittämällä nykyisten autojen tekniikka päästöttömäksi. Polttomoottori poistetaan, samoin kuin kaikki siihen sidoksissa oleva mekaniikka ja osat (mm. polttoainesäiliö ja pakoputkisto) Näiden tilalle autoon istutetaan kestopolttomoottori, litiumakkujärjestelmä sekä kokonaisuutta hallinnoiva ajoneuvotietokone internetyhteyksineen.

Nykyään hankkeesta vastaa Amperi Oy, joka toimii Tampereen sähköautokeskuksen yhteydessä. Ensimmäinen versio eCorollasta on ollut esiteltävänä, vuonna 2010 on rakennettu toinen versio eCorolla2, jonka avulla on koulutettu myös asentajia, mutta suurempiin konversiosarjoihin ei ole vielä päästy. Erkki Leinonen kertoo, että suurempien konversiosarjojen esteenä ovat kustannukset, ja valtiolta odotetaan tukitoimia sähköautojen suhteen.

www-sivut: <http://www.sahkoautot.fi/> ja www.amperi.com

10 EAKR

Arto Haakanan mukaan Euroopan aluekehitysrahasto on saamassa vuoden 2011 alussa hakemuksia uusista sähköautoprojekteista.

www-sivut:
http://www.rakennerahastot.fi/rakennerahastot/fi/02_eu_rr_ohjelmat/01_eakr/01_etela_suo_mi/index.jsp

11 Standardointiryhmä

Kansainvälisessä sähköautojen latauspistokkeita ym. sähköautoihin liittyviä asioita käsittelevässä standardointiryhmässä on mukana Juha Vesa SESKO:lta.

www-sivut: http://www.sesko.fi/attachments/sk69/sahkoauto_standardointi.pdf

12 Finpro

Finpron on tutkinut sähköajoneuvoalan globaaleja trendejä ja millaisia uusia liiketoimintamahdollisuuksia ala voi tarjota suomalaiselle osaamiselle. Finpron tutkimuksessa tultiin siihen tulokseen, että Suomen markkinat ovat niin mitättömät, että alan toimijoiden on oltava alusta asti kansainvälisiä. Tämä tarkoittaa menemistä sinne, missä autoteollisuutta ja sähköautokehitystä on, sekä verkottumista kansainvälisesti.

Tutkimuksesta vastannut Finpron Markus Talka sanoo, että sähköajoneuvot itsessään muodostavat vain pienen osan uusista liiketoimintamahdollisuuksista. Niiden ympärille syntyvien palvelujen kasvun odotetaan räjähtävän. Talka vertaa palveluja kännykkäteollisuuden ympärille syntyneeseen palvelutarjontaan.

"Suomella on vielä mahdollisuus olla mukana sähköajoneuvoteollisuuden läpimurrossa, mutta tässä tarvitaan määrätietoisia toimia ja myös julkista tukea. Loppupeleissä asiakkaat ratkaisevat ostopäätöksillään sähköajoneuvojen tulevaisuuden", Talka toteaa.

Yhteyshenkilö: Markus Talka

www-sivut: <http://www.finpro.fi/fi-FI/Media/PressReleases/2010/sahkoautot+ja+suomi.htm>

13 TEKES

Tekes rahoittaa sähköautoihin liittyviä hankkeita Kestävä yhdyskunta-ohjelman projektien kautta. Näitä projekteja ovat mm. SIMBe sekä KUPERA/KEHTO.

Varsinaisiin sähköajoneuvoihin liittyvä tutkimus saa kuitenkin aivan uutta nostetta Tekesin joulukuussa 2010 käynnistämällä ”Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät” –ohjelmalla (EVE, <http://www.tekes.fi/ohjelmat/EVE>). Ohjelma on vastaus TEM:in työryhmässä esille tuotuihin haasteisiin.

EVE-ohjelman tavoitteena on TEM:in työryhmässä asetettujen tavoitteiden mukaisesti auttaa sähköisiin ajoneuvoihin ja työkoneisiin liittyvän liiketoiminnan kehittymistä suomalaisissa yrityksissä nykyisestä noin 200 miljoonasta eurosta noin 2 miljardiin euroon vuoteen 2020 mennessä. Ohjelman perusteluissa todetaan, että liikennevälineiden sähköistyminen on ajankohtaista asetettujen päästö- ja energiankäyttötavoitteiden kannalta, koska liikenne aiheuttaa suuren osan kasvihuonepäästöistä ja lähipäästöistä. Samalla syntyy uusia liiketoimintamahdollisuuksia, koska Suomessakin on useita yrityksiä, jotka kehittävät ratkaisuja sähköajoneuvoihin, työkoneisiin ja niiden järjestelmiin. Alueella on myös tutkimushankkeita sekä kaupunkien kehittämishankkeita. Toiminta on kuitenkin ollut hajallaan ja yhteiset testiympäristöt puuttuvat, mihin ohjelmalla haetaan parannusta.

Perusteluissa todetaan lisäksi, että Suomi on kansainvälisesti kiinnostava paikka testiympäristönä. Täällä on sähköajoneuvojen hitaaseen lataamiseen sopiva infrastruktuuri lämmitystolppineen, vaativat ilmasto-olosuhteet ajoneuvojen testaamiseen eri olosuhteissa sekä vahvat perinteet telekommunikaatiossa ja ohjelmoinnissa. Testiympäristöjen avulla uusille tuotteille pyritään saamaan uskottavuutta. Kun niitä on riittävässä mittakaavassa testattu Suomen oloissa, toimivat ne varmasti myös muualla.

Ohjelma on käynnissä vuosina 2011 – 2015 ja sen suunniteltu budjetti on 80 miljoonaa €, josta Tekesin osuus on hieman alle puolet, loppuosa on ohjelmaan osallistuvien organisaatioiden rahoitusta.

Demonstraatiot eivät perinteisesti ole olleet Tekesin ohjelmien painopistealuetta. Nyt ”riittävän suuret” testiympäristöt on kirjattu ohjelmajulistukseen. Demonstraatioista saadaan palautetta tuotekehitykseen ja järjestelmäkehitykseen, yritysten tarvitsemia referenssejä ja riittävän laajoina niistä saadaan myös palautetta liikennepolitiikan luomiseen.

Yhteyshenkilö: Martti Korhikoski
www-sivut: <http://www.tekes.fi/ohjelmat/yhdyskunta>

14 FECC

FECCin päätehtävänä on edistää suomalaisten ympäristö- ja energia-alan yritysten liiketoimintaa ja suomalaisen osaamisen tunnettuutta Kiinassa. FECCin erikoisalaa ja ominta osaamista ovat ympäristöasiat, ja sen toiminta perustuu perinpohjaiseen alan tuntemukseen ja verkottumiseen. FECC tukee yritysten verkostoitumista sekä keskenään että kiinalaisten sekä tarvittaessa myös eurooppalaisten yritysten kanssa. Ari Makkonen kertoo, että FECC:llä on käynnissä on älyliikenne- ja sähköbussihankkeet.

Yhteyshenkilö: Ari Makkonen
www-sivut: <http://fecc.fi>

15 City Car Club

Autojen yhteiskäyttöpalveluja pääkaupunkiseudulla tarjoava City Car Club on tehnyt aiesopimuksen, jonka pohjalta yrityksen pienimmät autot korvataan vuoden 2011 kuluessa Valmet Automotiven valmistamilla kotimaisilla Think City -sähköautoilla.

Kimmo Laine kertoo, että Tämänhetkisen suunnitelman mukaan ensimmäiset Thinkit otetaan asiakkaiden käyttöön huhtikuussa 2011. City Car Clubissa uskotaan, että asiakkaat selviytyvät sähköauton käytöstä kirjallisilla ohjeilla sekä yrityksen nettisivuilla että itse autoissa. Ensimmäiset autot tullaan sijoittamaan paikkoihin, joissa on olemassa oleva latauspiste.

Yhteys henkilö: Kimmo Laine

www-sivut: <http://www.citycarclub.net/>

16 Oliivi Autot Oy

Oliivi Autot Oy:n toimiala on sähköautojen myynti ja vuokraus sekä autojen yhteiskäyttöpalvelu. Toiminta on alkanut erilaisilla selvityksillä ja markkinatutkimuksilla vuonna 2004. Kokeiluja on tehty vanhalla Elcat-autolla, joka on jo myyty pois. Yritys on perustettu vuonna 2008, ja aktiivinen toiminta on alkanut syksyllä 2010. Jäseniä car-sharing-palvelussa on tällä hetkellä 250, mutta autoja ei vielä ole yhtään. Ensimmäisiksi autoiksi on harkittu Tazzari Zeroa ja Thinkiä. Toiminta on tarkoitus aloittaa 10-15 autolla, ja kolmen vuoden päästä tavoitteena on 25-30%:n markkinaosuus noin 100:lla ajoneuvolla. Yhtä ajoneuvoa kohden on laskennallisesti 50-60 käyttäjää. Oliivin tärkein kilpailija on City Car Club. Oliivilla ei ole aikomusta hankkia polttomoottoriautoja.

Oliivi on mukana SIMBessä, yhteistyötä on ollut myös HELENin, HOKn Elannon sekä Nokia Siemens Networksin kanssa.

www-sivut: <http://www.oliivi.org/>

17 O2 Media Oy

Helsingissä, Tampereella ja Turussa toimiva O2 Media Oy vuokraa asiakkailleen kaupunkiautoja. Yrityksen käytössä on yksi Tazzari Zero-sähköauto.

Ilkka Tiainen mukaan asiakkaat pitävät siitä, mutta sen talviominaisuudet ovat surkeat. Tiainen kertoo myös, että sähköautojen osuus kalustossa tulee varmasti kasvamaan, tavoitteena on, että O2:lla on muutamia kymmeniä sähköautoja parin seuraavan vuoden sisällä. O2 on mukana SIMBe:ssä, lisäksi sähköajoneuvoja maahantuova Green Motors-yhtiö toimii O2:n tiloissa Helsingissä.

Yhteys henkilö: Ilkka Tiainen

www-sivut: <http://www.o2media.fi/>

18 NTM

Närpiöläinen NTM on kehittänyt ladattava hybridijäteauton, jossa jätepakkaimen käyttö on kokonaan sähköistetty. Autossa käytetään European Batteriesin akkuja, jotka painavat noin 400 kg. Lyijyakuilla vastaava paketti painaisi noin 1500 kg. Autoa ajetaan dieselillä, ja jätepakkainta käytetään sähköllä. Akut ladataan yön aikana. Auto on suunniteltu erityisesti Ruotsin markkinoille, Stefan Rosendahl uskoo, että niitä myydään useita jo vuoden 2011 aikana.

Yhteyshenkilö: Stefan Rosendahl
www-sivut: <http://www.ntm.fi/>

19 Elcat

Elcat oli yksi ensimmäisistä sähköautoyrityksistä Suomessa. Subarun minipakettiautoista konvertoituja sähköautoja käyttivät mm. VR Oy ja Posti. Nykyään Elcatin pääliiketoimintaa on huoltotoiminnan lisäksi Golf- ja mopopautojen sekä sähköskootterien myynti

Hasse Föfnäs kertoo, että vanhoja Elcateja on liikenteessä vielä noin 100 kpl, joista osa on ulkomailla. Muutamia uusia projekteja on käynnistymässä, mm. kaivinkone ja suurempi pakettiauto. Lisäksi Elcat valmistaa sähkökäyttöisiä ICECAT-jäänhoitokoneita.

Yhteyshenkilö: Hasse Föfnäs
www-sivut: <http://www.elcat.fi/>

20 Finnreha-Handi Finland Oy

Yritys tekee konversioita uusista Fiat 500 ja Ford Ka-autoista sekä käytetyistä Fiat Puntoista. Harry-Pekka Sundelin kertoo, että sähköautokauppa ollut vähän nihkeätä, eikä vielä olla päästy alkuunkaan. "Hinta tuntuu olevan esteenä moneen hankintaan. Fiat 500 konversio ruotsalaisvalmisteisella kitillä maksaa 37.500,00. Punton rakennus on ollut jäissä meidän normaaleiden kiireiden vuoksi", Sundelin kertoo. Punton hinta tulee olemaan noin 25.000 €.

Yhteyshenkilö: Harry-Pekka Sundelin
www-sivut: <http://www.fiat500ev.info/topic/index.html>

21 J-Trading Oy

Vantaalainen J-Trading myy sähkökäyttöisiä Fiateja. Fiat Dobloa ei enää valmisteta, nykyään myydään sähkökäyttöistä Micro-Vetin konvertoimaa Fiorinoa, jonka hinta on noin 50.000 €.

www-sivut: http://www.drivehomesafe.com/news/launch_of_electric_fiat_fiorino_microvett-76.html

22 Rannan Teollisuuskone Oy & AMC Motors

Rannanteollisuus kone valmistaa Sanifer-sähkömopopautoa. Saniferin suunnittelussa on ollut mukana AMC Motors ja Oulun Yliopisto. Saniferiä ei olla vielä juurikaan myyty, mutta vuoden 2011 aikana myynnin odotetaan käynnistyvän kunnolla. Suunnitteilla on myös suurempi sähköauto noin 20.000 euron hintaluokkaan.

Yhteyshenkilö: Mika Kauppila
www-sivut:
http://www.vantaa.fi/sv//i_perusdokumentti.asp?path=1:135:136:1600:30092:125050

23 Electric Vehicles Finland Oy

Electric Vehicles Finland Oy (EVF) on suomalainen yritys, jonka päätoimialana on sähköautojen huolto. Yritys huoltaa Suomessa noin seitsemääkymmentä käytössä olevaa Elcat-autoa ja toimittaa niihin varaosia. Aiemmin EVF on toiminut sähköautojen kilpailussa ja kehityksessä sekä yhteistyömarkkinoinnissa Suomessa ja ulkomailla.

Petri Immonen kertoo, että EVF etsii suurempia toimintiloja, sitä ennen ei voida tehdä mitään uutta. Vuoden 2011 aikana tehdään todennäköisesti pari sähköautokonversiota lyijyakuilla omaan käyttöön ja esittelyyn.

Yhteyshenkilö: Petri Immonen
www-sivut: <http://www.evf-electric.fi/index.htm>

24 European Batteries

EB on yhdistynyt FEVT Finnish Electric Vehicle Technologiesin kanssa, ja valmistaa litium-ionipohjaisia rautafosfaattiakkuja ja akkujen ohjausjärjestelmiä Varkauden tehtaalla. EB on ollut mukana useissa kotimaisissa sähköautoprojekteissa.

www-sivut: <http://www.europeanbatteries.com>

25 Savonia

Projektissa demonstroidaan teknologioiden toimivuutta: Koekäytetään sähköautojen latausasemia/latauspisteitä yhdessä akkujen ja sähköajoneuvojen koekäytön kanssa. Samalla tehdään myös jakeluverkon kuormitustarkastelu. Hankkeessa tutkitaan myös kansallisen yhteistyön mahdollisuuksia, jotta tarkastelua ja demonstroitua voitaisiin laajentaa, sillä käyttökokemuksille on tarvetta. Tekes-hakemus on jätetty kesällä 2010, hanke kestää kolme vuotta.

Yhteyshenkilö: Eero Antikainen
www-sivut: http://www.transec.fi/files/210/Eero_Antikainen_Savonia.pdf

26 Suomen Posti

Postilla on koekäytössä kaksi oikealta ohjattavaa Volkswagen Caddy, jotka on muutettu Valmet Automotiven ja European Batteriesin kanssa sähkökäyttöisiksi. Autot ovat käytössä pääkaupunkiseudulla ja Varkaudessa. Postin tavoitteena on, että vuoteen 2020 mennessä 40 prosenttia postinjakelussa käytettävistä ajoneuvoista saisi voimansa muusta kuin fossiilisista polttoaineista.

Caddyt on otettu käyttöön loppusyksystä 2010, keväällä 2011 niistä on paremmin kokemuksia kerrottavaksi. Valmet Automotive teki autoihin ilmastoidut akkukotelot, European Batteries teki muutostyöt. Litium-ioniakut kestävät 3000-4500 latausta, joten niitä ei tarvitse Postin käytössä vaihtaa. Autoja pidetään keskimäärin 5-6 v.

Sampo Korkea-aho kertoo, että jatkossa ostetaan tehdastekoisia sähköautoja, kun niitä tulee saataville.

Kangoo 2012

Yhteyshenkilö: Kehityspäällikkö Sampo Korkea-aho 020 451 4630
www-sivut: <http://postiblogi.posti.fi/postinjakaja-huristaa-jalleen-sahkoautolla/>

27 Amotec Oy

Autojen konvertointia Nummelassa, tähän mennessä on tehty kolme muunnosta, joista yksi Toyota Yaris on rekisterissä. Vuoden 2011 aikana tehdään kymmenen auton erä. Energiavarastoina käytetään Thunderskyn akkuja.

Yhteyshenkilö: Mika Koskimies
www-sivut: <http://www.amotec.eu/>

28 eKone Oy

Ajoneuvojen konvertointityötä, lähinnä alihankintana Amperille ja Amotecille.

www-sivut: <http://www.sahkoautot.fi/forum/t-162048/konversiopaja-ekone-oy>

29 Teknologiaakeskus KETEK

Kokkolassa suunnitellaan sähköautoa veneosaamisen perusteella. Tavoitteena on tehdä 5-paikkainen farmariauto, jonka toimintasäde on 300-450-km. Projektipäällikkö Timo Sivula ei suostu antamaan hankkeesta mitään tietoja puhelimesta tai sähköpostilla.

Yhteyshenkilö: Timo Sivula

www-sivut: <http://www.ketek.fi/page.php>

30 A2B Finland

A2B on aloittanut syksyllä 2010 täysin päästöttömien kuljetuspalveluiden tarjoamisen pääkaupunkiseudulla ja sen lähikunnissa. Yrityksen käytössä on kaksi Valmet Automotiven Think-sähköautoa, joissa käytetään litium-ioni-akustoa. A2B:n Think-autot ladataan Helsingin Energian tuottamalla tuulivoimalla Hanasaaren energiahuoltoalueella Sörnäsissä, jossa niillä on omat latauspisteet. A2B käyttää alkuvaiheessa sähköautojen rinnalla myös polttomootorilla varustettua kuljetuskalustoa suurempien lähetysten hoitamiseen, mutta sen tavoitteena on olla täysin päästötön yritys vuoteen 2012 mennessä. Suunnitelmissa on myös tarjota asiakkaiden käyttöön laskuri, joka näyttää heidän kuljetuksistaan koituneet hiilidioksidisäästöt reaaliaikaisesti ajettujen kilometrien mukaan sosiaalisessa mediassa. Toimitusjohtaja Tero Kakko kertoo, että toiminta on lähtenyt hyvin liikkeelle ja kuljetusmäärät ovat kasvussa. Vuonna 2011 A2B:n on tarkoitus ostaa lisää sähköautoja.

Yhteyshenkilö: Tero Kakko

www-sivut: <http://a2b.posterous.com/>

31 Eco Urban Living

Espoossa on suunnitteilla hanke, jossa Otaniemen, Keilaniemen ja Tapiolan alueet pyritään yhdistämään kiinteämmin toisiinsa ns. T3 -alueeksi, jossa teknologinen tutkimus ja opetus, kulttuuri ja design sekä kansainvälinen liiketoiminta toimivat keskinäisessä vuorovaikutuksessa. Hankkeen yhteydessä alueella on tarkoitus aloittaa sähköautojen käyttö. Liikenneympäristöön vaikuttaa paljon myös Otaniemen kampusalueen ympäristön uudelleensuunnittelu vuonna 2014 käyttöönotettavan uuden metrolinjan takia. Hankkeessa tutkitaan ekologisen kaupunkiympäristön skenaarioita ja sähköisten ajoneuvojen tuomia kehitysmahdollisuuksia vuoteen 2020 saakka.

www-sivut: <https://www.eco-urbanliving.com/default.aspx>

32 Vihreä moottoritie

Vihreä moottoritie esiselvityshankkeessa yritykset, kuntasektori ja valtionhallinto selvittävät yhdessä mahdollisuuksia luoda pian rakennettavasta E18-moottoritiestä kansainvälisenä pilotti-kohteena alusta kestävämmän tieliikenteen ja -teknologian kehittämiseen ja käyttöönottoon. Hanke selvittää mm. sähköautoja, biopolttoaineita, ja älyliikenteen ratkaisuja osana moottorien infrastruktuuria. Sähköautojen osalta selvitetään mm. sähköautojen latausta huoltamoilla ja sähköautojen huomioiminen liityntäpysäköinnissä.

Yhteyshenkilö: Aki Marjasvaara
www-sivut: <http://www.loviisa.fi/fi/vihreamoottoritie>

33 Ahvenanmaan sähköautohankkeet

Ahvenanmaalla mietitään sähköautojen käyttöönottoa. Aiheesta järjestettiin seminaari Maarianhaminassa 5.11.2010. Ahvenanmaalla on panostettu voimakkaasti tuulivoiman rakentamiseen. Sähköautot kiinnostavat myös matkailuelinkeinon näkökulmassa. Lisäksi Ahvenanmaalla etäisyydet ovat lyhyitä, eikä täyssähköautojen rajoitettu toimintamatka olisi mikään ongelma. Sähköautohankkeita on edistämässä mm. AICIS Foundation (Åland International Institute of Comparative Island Studies).

Yhteyshenkilö: Agneta Karlsson
www-sivut: <http://www.aicis.ax/>

34 RekkEViidde

Hankkeen tavoite on määrittää testausohjelma, jolla sähköautojen todellista suorituskykyä voidaan arvioida Pohjoismaisissa olosuhteissa. Sen myötä käytettävyydestä tullaan saamaan paljon nykyistä realistisempi kuva, ja saadaan palautetietoa tuotekehitykseen.

Hanke on hyväksytty rahoitettavaksi Norden'in " Energy and Transport" marraskuussa päättyneessä haussa. Sen koordinaattori on GreenNet Finland, ja pääasialliset toteuttajat ovat VTT ja Test Site Sweden (TSS). TSS on osa Lindholmen Science Park –organisaatiota, joka on erikoistunut mm. sähköautojen testauksiin. Muina konsortion jäseninä ovat Tukholman kaupungin alaisuudessa toimiva sähköautojen julkisten hankintojen valmistelu ja koordinaatioyksikkö, Institute of Transport Economics (TOI) Norjasta sekä Icelandic New Energy, joka edistää ympäristöystävällistä autoilua Islannissa.

Hankkeen kokonaisbudjetti on n. 5,7 Milj. NOK (n. 706 kEUR), se käynnistyy keuhattalvella 2011, ja sen on määrä päättyä kesällä 2013.

YhdysHenkilö: Arto Haakana, GreenNet Finland (arto.haakana@greennet.fi)
www: (ei vielä olemassa)