

Sähköautojen latauspisteet

Pasi Karppinen

Sähkötekniikan opinnäytetyö
Sähkövoimatekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

ALKUSANAT

Haluan kiittää Oulun Energiaa mahdollisuudesta saada tehdä opinnäytetyö mielenkiintoisesta aiheesta. Erityiskiitokset osoitan työn ohjaajalle Mikko Rasille sekä muille Uudet Energiatoiminnot tiimin jäsenille hyvästä ohjauksesta ja yhteistyöstä. Kiitokset myös Siirto ja Jakelu Oy:n väelle kun olen saanut keskuudessanne työtä tehdä. Osoitan suuret kiitokset myös Lapin Ammattikorkeakoulun puolesta työtä ohjanneelle Aila Petäjärvelle hyvästä työohjauksesta.

Oulussa 11.11.2014

Pasi Karppinen

TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisala

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä(t):	Pasi Karppinen
Opinnäytetyön nimi:	Sähköautojen latauspisteet
Sivuja (joista liitesivuja):	76 (17)
Päiväys:	11.11.2014
Opinnäytetyön ohjaaja(t):	Ins. Aila Petäjäjärvi, Lapin AMK Kehityspäällikkö Mikko Rasi, Oulun Energia
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Oulun Energialle teknologiaselvitys sähköautojen latauspisteistä. Lisäksi tavoitteena oli perustaa uusi sähköauton pikalatauspiste Oulun Energialle, tehdä yleissuunnitelma Oulun kaupungin alueelle tulevista julkisista sähköauton latauspisteistä sekä perehtyä sähköauton latauksen vaikutuksiin sähköjakeluverkolle.</p> <p>Lähitulevaisuudessa on odotettavissa, että sähköautojen määrä kasvaa huomattavasti liikenteessä. Tästä syystä on alettu kehittämään sähköautojen julkista latausverkostoa vastamaan tulevaisuuden tarpeita. Oulun Energia haluaa olla mukana tässä kehityksessä. Tällä opinnäytetyöllä haluttiin saada perustiedot sähköauton latauksesta, jotta latausverkoston kehittäminen olisi mahdollista.</p> <p>Sähköautojen ja niiden lataustekniikoiden teknologiakartoitus tehtiin lataustekniikoita koskevien standardien sekä sähköautojen- ja latauslaitteiden valmistajilta saatujen tietojen perusteella. Lähdeaineistona työssä käytettiin myös alan kirjallisuutta, standardeja sekä muita aiheeseen liittyviä opinnäytetöitä.</p> <p>Työn keskeiset tavoitteet saavutettiin. Teknologiakartoitus latauspisteistä saatiin tehtyä ja sen avulla voitiin perustaa uusi sähköauton pikalatauspiste, joka on käytössä. Myös yleissuunnitelma latauspisteistä saatiin tehtyä ja sen avulla voidaan alkaa luomaan Oulun kaupungin alueella julkista latauspisteverkostoa.</p>	
Asiasanat: sähköauto, latauspiste, latausverkosto	

ABSTRACT

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Industry and Natural Resources

Degree programme:	Electrical engineering
Author(s):	Pasi Karppinen
Thesis title:	Charging points of Electric Vehicles
Pages (of which appendixes):	76 (17)
Date:	11 November 2014
Thesis instructor(s):	Aila Petäjäjärvi, B.Sc. (Tech.) Mikko Rasi, Development Manager
<p>Purpose of this thesis was to do a technology investigation concerning the charging points of the electric vehicles for Oulun Energia. The aim was also to install a new fast charge point for electric vehicles, even that for Oulun Energia, and create the master plan of the charging points of the electric vehicles for the city of Oulu. The aim was also to investigate the impact of electric vehicle charging for electricity distribution network.</p> <p>In the near future it is expected that the number of the electric vehicles will increase significantly in Finland. That is the reason why the public charging network has been started to develop to meet the demands of the future. Oulun Energia wants to be a part of this development and one aim of this thesis was to get basic information from charging of electric vehicles. This informaton makes the development of the charging points easier.</p> <p>Technology investigation has been made using charging technology standards and it is based on information which is obtained from electric vehicle and charging equipments manufacturers. Also other related theses have been used as source material.</p> <p>The main goals of the thesis were achieved. Technology investigation is done and just installed charging point is used. Also master plan of the new charging points is designed and it can be used when the charging point planning for the city of Oulu will be started.</p>	
Keywords: electric vehicle, charging point, charging infrastructure	

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 SÄHKÖAUTOT JA NIIDEN HISTORIA	9
2.1 Sähköautot	10
2.1.1 Hybridiautot	10
2.1.2 Täyssähköauto	11
2.2 Akkuteknologia	12
2.2.1 Akkujen ominaisuuksia	12
2.2.2 Akkutyyppejä	13
2.3 Sähköautot Suomessa – nyt ja tulevaisuudessa	15
2.3.1 Sähköautojen määrä ja kasvuskenaariot	16
2.3.2 Sähköautojen hinta ja hinnan kehitys	19
2.3.3 Sähköautojen verotus	20
2.4 Sähköauto verrattuna polttomootoriautoon	21
3 SÄHKÖAUTOJEN LATAUSTEKNIIKAT	25
3.1 Sähköautojen lataustavat	25
3.2 Latauspistokestandardit	27
3.2.1 AC- latauspistokkeet	28
3.2.2 DC- latauspistokkeet	30
3.3 Latausasemat	32
3.3.1 Latausasemien tekniset vaatimukset	34
4 SÄHKÖAUTON LATAUSPISTEEN PERUSTAMINEN	37
5 JULKINEN LATAUSVERKOSTO	42
5.1 Julkinen latausverkosto Suomessa	42
5.1.1 Julkisen sektorin toimet latausverkoston kehittämiseksi	43
5.1.2 Valtakunnallinen latausoperaattori	43
5.2 Yleissuunnitelma Oulun julkisista latauspisteistä	44

6	SÄHKÖAUTON LATAUKSEN VERKKOVAIKUTUKSET.....	46
6.1	Energiamäärän tarve.....	46
6.2	Tehotarve.....	47
6.3	Vaikutus sähkön laatuun	48
6.4	Sähkönlaatu mittaukset.....	50
6.4.1	Mittaustulokset.....	52
7	POHDINTA.....	54
	LÄHTEET.....	56
	LIITTEET	59

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

EU	Euroopan Unioni
HEV	hybridauto
PHEV	ladattavahybridauto
BEV	täyssähköauto
V	voltti
A	ampeeri
kW	kilowatti
kWh	kilowattitunti
SUKO	suojakosketin
OCPP	Open Charge Point Protocol
RFID	Radio Frequency IDentification
Plt	Välkynnän pitkäaikainen häiritsevyysindeksi
Pst	Välkynnän lyhytaikainen häiritsevyysindeksi

1 JOHDANTO

Jatkuvasti tiukentuvien ympäristömääräysten myötä sähköautot ovat alkaneet tekemään uutta tulemista. Sähköinen liikenne nähdään yhtenä varteenotettavimmista vaihtoehdoista matkalla kohti vähempipäästöistä liikennettä. Myös auton valmistajat on saatu kehittämään uusia sähköautoja asettamalla autoteollisuudelle tiukempia päästörajoituksia.

Tällä hetkellä sähköauto on vielä harvinaisuus Suomen maanteillä. Sähköautojen yleistyminen haittaa niiden korkea hinta, lyhyt toimintamatka sekä maankattavan julkisen latausverkoston puuttuminen. Sähköautojen hintaan voidaan vaikuttaa mm. verotuksella. On myös odotettavissa, että toimintamatka tulee tulevaisuudessa kasvamaan selvästi, kun akkujen kehittämiseen on alettu panostamaan entistä enemmän. Sähköautojen julkisen latausverkoston puuttumiseen on tartuttu EU tasolla. Tekeillä onkin vaihtoehtoisten polttoaineiden direktiivi, joka määrittelee jäsenvaltio kohtaisen minimimäärän julkisille latauspisteille. Direktiivi tulee myös määrittelemään standardi latauspistokkeet, joita on käytettävä EU:n alueella julkisissa latauspisteissä.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan sähköautoilun nykytilaa Suomessa, työssä myös arvoidaan sähköautoilun tulevaisuutta maassamme. Työn painottuu erilaisten sähköautoiluun liittyvien teknologioiden selvittämiseen, joita ovat mm. sähköautot ja niiden akkuteknologia sekä sähköautojen lataustekniikat. Lataustekniikat ovat varsin moninaiset, lataustapoja on useita ja latauspistokkeet ovat eri automerkeissä usein erilaisia. Tällä on suuri vaikutus siihen, minkä tyyppisiä julkisia latauspisteitä kannatta perustaa. Tässä opinnäytetyössä tehtiin myös ohjeistus uuden latauspisteen perustamiselle. Tämän ohjeistuksen avulla perustettiin uusi pikalatauspiste Oulun Energialle. Työssä myös tarkasteltiin tämän hetkisen julkisen latausverkoston tilaa ja tehtiin yleissuunnitelma tulevista julkisista latauspisteistä Oulun kaupungin alueelle. Tämän lisäksi tässä työssä tutkittiin, minkälaisia vaikutuksia sähköautojen latauksella on sähköverkkoon.

2 SÄHKÖAUTOT JA NIIDEN HISTORIA

Sähköauton historia alkaa jo 1800-luvun puolelta ja 1900-luvun alussa pelkästään Yhdysvalloissa oli useita sähköautonvalmistajia. Sen aikaisella akkutekniikalla sähköautojen toimintasäde oli lyhyt ja autojen tehot olivat varsin vaatimattomia. Siihen aikaan polttomoottoriautojen käyttö oli hyvin vaivalloista, koska ne täytyi veivata kammella käyntiin. Tämä tilanne muuttui kun Cadillac kehitti starttimoottorin vuonna 1913. Se oli yksi syy, miksi sähköauto alkoi jäädä yhä pahemmin polttomoottoriauton varjoon. Toinen merkittävä syy silloisten sähköautojen suosion vähenemiseen oli, että Yhdysvalloissa siirryttiin 1900-luvun alussa sähköverkoissa asteittain tasavirrasta vaihtovirtaan, joka teki akkujen latauksen mahdottomaksi ilman kalliita lisäinvestointeja. Silloisten sähköautojen tuotanto loppui käytännössä kokonaan 1930-luvulla. (Sähköautot - Nyt! www-sivut 2011.)

Sähköautojen toinen tuleminen koettiin 1990-luvun lopulla. USA:n väkirikkaimman ja saastuneimman osavaltion Kalifornian diktaatussa autonvalmistajat määrättiin valmistamaan tietty kiintiö täysin päästöttömiä autoja. Vuonna 2006 valmistunut dokumenttelokuva ”Who Killed the Electric Car?” kertoo sähköautojen hetkellisestä ilmaantumisesta Yhdysvaltojen markkinoille 1990-luvun lopulla ja niiden katoamisesta 2000-luvun alussa. Elokuvasa kerrotaan, miten voimakkaasti auto- ja öljyteollisuus silloin vastusti sähköauton tuleamista markkinoille. Esimerkkinä käytetään mm. General Motorsin EV1:n tapaus, jossa General Motors pyrki kaikin tavoin osoittamaan Kalifornian viranomaisille, ettei heidän omalle tuotteelleen ollut tosiasiallista kysyntää. Auto- ja öljyteollisuus onnistuikin pyrkimyksissään ja päästöttömien autojen kiintiö kaatui oikeudessa. (Who Killed the Electric Car 2006.) Sen jälkeen sähköautot katosivat liikenteestä. Tämä kaikki tapahtui, ennen kuin ilmaston lämpeneminen nousi maailmanlaajuisesti ongelmaksi. Nyt autoteollisuudessakin puhalttaa uudet tuulet ja uusia sähköautoja tulee markkinoille kiihtyvällä tahdilla.

2.1 Sähköautot

Sähköauto on auto jonka voimanlähteenä on kokonaan tai osittain sähkömoottori. Sähköauto saa tarvittavan energiansa joko kokonaan akusta tai osittain akusta ja osittain polttomoottorista. Sähköautot voidaan jaotella täyssähköautoihin ja hybridautoihin.

2.1.1 Hybridautot

HEV (Hybrid electric vehicle) eli hybridautoksi kutsutaan autoa, jossa on voimanlähteenä sekä polttomoottori että sähkömoottori. Hybridautossa kaikki energia tulee viime kädessä polttomoottorista ja sen käyttämästä polttoaineesta (benssiini tai dieselöljy). Hybridauton idea on käyttää polttomoottoria mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella akkua ja sähkömoottoria hyödyntäen sekä ottaa jarrutusenergiaa talteen akkuihin. Hybridauton akkuja ei ladata ollenkaan ulkoisista lähteistä, vaan ainoastaan polttomoottorin tai jarrutusenergian avulla. Akkujen sijaan voidaan energiavarastona käyttää myös superkondensaattoria (Sähköajoneuvot Suomessa – selvitys 2009).

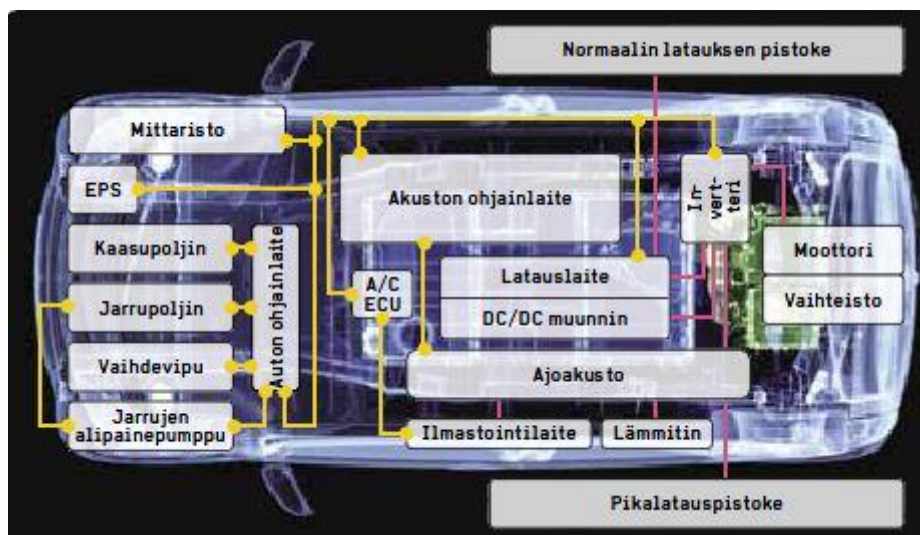
PHEV (Plug – in – hybrid electric vehicle) eli ladattava hybridauto eroaa perushybridautosta siten, että sen akkua voidaan ladata sähköverkosta. Kun akut tyhjenevät riittävän tyhjäksi, ladattavan hybridauton toiminta muuttuu hybridauton toiminnan kaltaiseksi (Sähköajoneuvot Suomessa – Selvitys 2009). Akkujen kapasiteetin loputtua polttomoottori varmistaa, että matkanteko ei pääty. Tällä hetkellä markkinoilla olevien ladattavien hybridautojen akkuvoimin ajettava matka on tosin suhteellisen lyhyt (n. 30 – 60 km).

Hybridautoja on ns. rinnakkaishybridejä ja sarjahybridejä. Rinnakkaishybrideissä sähkömoottori ja polttomoottori tuottavat rinnakkain tehoa auton käyttöön. Sarjahybridissä polttomoottorin tuottama energia muunnetaan generaattorin avulla sähköenergiaksi, joka varastoidaan akkuun. Sarjahybridissä auto saa kaiken tehonsa sähkömoottorista. (Hietalahti 2011, 23 - 24.)

2.1.2 Täyssähköauto

BEV (Battery electric vehicle) eli täyssähköautoissa ei ole ollenkaan polttomoottoria ja auton voimanlähteenä on sähkömoottori ja kaikki auton tarvitsema energia on varastoitu akkuihin. Akkuihin varastoitu energia on yleensä peräisin sähköverkosta. Täyssähköautojen akkukapasiteetit ovat suurempia kuin hybridi-autojen ja ne ovat yleensä 15 kWh:n ja 30 kWh:n välillä jolloin toimintamatka on noin 100 - 200 km. Edellisestä poikkeuksen tekee Piilaksossa valmistettava täyssähköauto Tesla jonka akkukapasiteetti on 85 kWh ja toiminta matka lähes 500 km. Suomen kylmissä talviolosuhteissa varsinainen toimintamatka voi pudota puoleen autonvalmistajan ilmoittamasta arvosta. Koska täyssähköautoissa käytetään pelkästään sähköä energianlähteenä, ne voivat olla täysin päästöttömiä energiantuotantorakenteesta riippuen. Nykyisellä pohjoismaisella energiantuotantorakenteella täyssähköautojen päästöiksi tulisi likimain 30 g/km, mikä on noin kymmenesosa verrattuna autojen nykyisiin keskipäästöihin. (Yurdakul 2013, 5.)

Markkinoilla on nykyään jo useita täyssähköautomalleja. Taulukosta 1 nähdään eräiden täyssähköautojen ominaisuuksia. Myöhempanä tässä opinnäyteyössä puhuttaessa sähköautosta tarkoitetaan nimenomaan täyssähköautoa. Kuvassa 1 on esitetty täyssähköauton tekniikkaa.



Kuva 1. Esimerkkikuva täyssähköauton tekniikasta (Mitsubishi Motors Finland www-sivut 2014).

Taulukko 1. Esimerkkejä täyssähköautojen ominaisuuksista.

Merkki ja malli	Akun tyyppi	Akun koko	Toimintasäde (NEDC)
Nissan Leaf	Litiumioni	24 kWh	199 km
Mitsubishi i-MiEV	Litiumioni	16 kWh	150 km
Peugeot ION	Litiumioni	16 kWh	150 km
Citroen C-Zero	Litiumioni	16 kWh	150 km
Think City	Litiumioni	23 kWh	160 km
Mercedes-Benz Vito E-cell	Litiumioni	36 kWh	130 km
Ford Focus Electric	Litiumioni	23 kWh	160 km
Tesla Model S	Litiumioni	60 kWh / 85 kWh	375 / 500 km

2.2 Akkuteknologia

Sähköauton toimintamatkan määrittää useat eri asiat. Merkittävin asia on kuitenkin se, kuinka paljon energiaa auton akusta saadaan käyttöön. Nykyiset sähköautojen akut ovat kalliita ja ne muodostavatkin merkittävän osan sähköauton hinnasta. Akut ovat myös painavia suhteessa siihen, kuinka paljon niistä saadaan tehoa ulos. Esimerkiksi bensiini sisältää yli kymmenen kertaa enemmän energiaa kiloa kohden kuin nykyiset akut. Sähköautossa tulisi olla 500 kg:n akku jos halutaan ajaa 1000 km yhdellä latauksella, kun vastaavaan matkaan riittää 50 kg bensiiniä. Akkujen hinnan aleneminen ja tehopainosuhteen kehittyminen ovatkin sähköauton tulevaisuuden kannalta avain tekijöitä. (Hietalahti 2011, 100).

2.2.1 Akkujen ominaisuuksia

Akku on sähköenergiavarasto, joka koostuu sähköä varastoivista kennoista. Kennot ovat kytketty sarjaan. Akun nimellisjännite muodostuu kun lasketaan yhteen sarjaan kytkettyjen kennojen nimellisjännitteet. Esimerkiksi lyijyakun kennojännite on 2,1 V, jolloin kuudella kennolla saadaan aikaiseksi yleisesti käytössä oleva nimellisjännitteeltään 12 V oleva akku (Hietalahti 2011, 99).

Akkujen energiapitoisuuksista puhuttaessa käytetään termejä energiatiheys (Wh/kg) ja tehosiheys (W/kg). Energiatiheys kertoo, kuinka paljon energiaa kyseiseen akkuun voidaan varastoida yhtä kilogrammaa kohti. Tehosiheys taas kertoo akun huipputehon kilogrammaa kohden. (Hietalahti 2011, 91.) Sähköautojen akkujen energiakapasiteetti il-

moitetaan yleensä kWh:na. Sähköautojen akkujen kapasiteetti on yleensä 20 – 30 kWh. Se riittää noin 100–200 km ajomatkaan.

Taulukossa 2 on esitetty erilaisten sähköauto käyttöön soveltuvien akkujen ominaisuuksia. Sähköautoilun kannalta merkittävimmät ominaisuudet ovat hinta, energiatiheys ja lataussyklimäärä. Akun hinta määrä pitkälle koko auton hinnan, energiatiheys määrittelee akun tehopainosuhteen ja lataussykli määrittelee pitkälle akun käyttöiän.

Taulukko 2. Sähköauto käyttöön soveltuvien akkujen ominaisuuksia (Hietalahti 2011, 100).

Akkutyyppi	Kustannukset (€/kWh)	Energia- tiheys (Wh/kg)	Teho- tiheys (W/kg)	Lataus- syklit	Hyöty- suhde (%)	Toiminta- lämpötila (°C)
Alumiini-ilma (polttokenno)		200 - 800	150		35	
Li ioni	267 - 412	110 - 173	500	>1000	98	0 - 50
Litium- polymeeri	100	100 - 155	400	300 - 500	80	60 - 80
Lyijy	150 - 400	30 - 50	100 - 600	300 - 400	70 - 80	5 - 35
Natrium- nikkelikloridi	220 - 500	80 - 120	110	>110 (1000)	90	270 - 350
Natrium-rikki	250	150 - 221	170	2500	60 - 95	290 - 390
Ni-Cd	600	45 - 80	50	1000 - 3000	60 - 85	10 - 45
Nikkeli- metallihybridi	525 - 1200	60 - 120	200 - 1000	500	75	10 - 40
Sinkki-bromi	250 - 300	70	100	500		
Sinkki-ilma (polttokenno)	<100 - 300	271	100	240 - 450	65	-20 - 60

2.2.2 Akkutyyppejä

Sähköautoissa käytettävät akut ovat tyypiltään pääasiassa nikkeli- tai litiumakkuja. Vanhemmissa sähköautoissa sekä sisäajoneuvoissa käytetään myös lyijyakkuja. Nykyaikaiset sähköautojen akut ovat lähes poikkeuksetta litiumioniakkuja. Seuraavassa on esitelty yleisimpien sähköauto käytössä akkujen tyyppejä.

Lyijyaku keksittiin jo vuonna 1859 ja se oli ensimmäinen kaupalliseen käyttöön tullut akku. Tunnetuin käyttökohte lyijyakuille on polttomoottoreiden käynnistysaku. Lyijyaku on edullisin markkinoilla olevista akuista. Nykyään lyijyakkuja on kuluttajien saatavilla kahta eri tyyppiä: avoimia lyijyakkuja ja suljettuja lyijyakkuja eli VRLA - akkuja. Pääasiallinen ero näillä on se, että avoimen lyijyakuun elektrolyytti on nestemäisessä

muodossa ja siihen tulee lisätä vettä. VRLA- akku eli suljettu lyijyakku taas on huoltovapaa ja siinä elektrolyytti on joko geelimäisessä muodossa tai imeytetty lasikuitumattoon. (Bosch 2002, 640 – 641.)

Sähköautokäytössä lyijyakut ovat hieman vaatimattomia. Toimintasäteet vaihtelevat vain sadan kilometrin molemmin puolin. Lämpötilan laskiessa lyijyakuista purettavissa oleva energiamäärä pienenee, joten varsinkin talviolosuhteissa akkuja joudutaan lämmittämään. Lyijyakkuja voimanlähteenä käytäviä sähköajoneuvoja ovat olleet mm. General Motorsin Kalifornian ZEV - ohjelmaa varten valmistamat EV-1, (toimintasäde kaupunkiajossa 121 km ja maantiellä 126 km) ja S-10 (toimintasäde kaupunkiajossa 74 km ja maantiellä 69 km) sekä Suomessa ELCAT. Mielenkiintoisena lisänä yritysten valmistamille sähköautoille Akkutalo Finn Suko Oy esitteli uutisartikkelissaan 23.6.2010 omavalmisteisen sähköauton, jonka toimintasäde on 50 km. (Elcat-sähköautot www-sivu 2014.)

Nikkeli-kadmium (NiCd) ja nikkeli-metallihybridi (NiMH)-akkuja käytetään yleisesti sähköautoissa. Koska kadmium on ympäristölle vaarallinen kemikaali, on akkukäytössäkin pyritty siirtymään NiMH- akkuihin, joissa kadmium on korvattu vedyllä. Nikkeliakun kestoikäsi on saavutettu jopa 10 vuotta tai 2000 latauskertaa, mikä on kestoltaan huomattavasti parempi, kuin lyijyakulla. Vaikka nikkeliakun materiaalit ja valmistus tulevatkin kalliimmaksi mitä lyijyakulla, tarvitsee nikkeliakkuja uusia huomattavasti harvemmin. Nikkeliakut vaativat sähköautokäytössä jäähdytystä. Lämmitys on tarpeen erittäin kylmissä olosuhteissa, kuitenkin vasta lämpötilan laskiessa -20 °C alapuolelle. (Bosch 2002, 640 – 641.)

Litiumin käyttö akussa keksittiin jo 1900-luvun alussa, mutta litiumin reagoitiherkyyden takia sen kehitystyö on vienyt aikaa. Litium on metalleista kaikista kevyin, ja sillä on kaikista metalleista pienin normaalipotentiali, minkä johdosta sillä on myös suurin reagoitiherkkyys. Nämä ominaisuudet antavat litiumakuille potentiaalisen mahdollisuuden erittäin hyvään energiatiheyteen, mikä on johtanut valtavaan kiinnostukseen litiumin käyttöä kohtaan. Litiumakun purkausteho voi olla jopa 5 kertaa suurempi mitä samanpainoisella lyijyakulla, vaikka akkujen nimelliskapasiteetti olisikin lähes sama. Litiumakku on kallis, mutta suorituskykyinen ja kestävä vaihtoehto. Litiumakun käyttölämpötila on noin -10 °C - 50 °C , joten kylmällä säällä akkua joutuu lämmittämään ja ylikuumeneminen pitää estää jäähdytyksellä. (Bosch 2002, 640 – 641.)

Litiumioniakut ovat saaneet vahvan jalansijan sähköautoissa ja lähes kaikki nykyiset sähköautot saavat niistä energiansa. Uusien litiumioni akkujen myötä sähköauton tulevaisuus näyttää lupaavalta. Litiumioni akut voivat teoriassa antaa ajomatkaa kertalatauksella jopa 1 000 km. Toinen hyvä puoli litiumioniakussa on, että sen voi ladata hyvinkin nopeasti. Litiumioniakussa voidaan käyttää erilaisia anodirakenneyhdistelmiä. Litiumioniakut ovat ajoneuvokäytössä yleensä tyypeiltään litium- rautafosfaattiakkuja (LiFePO₄). Uusia anodirakenneyhdistelmiä kehitetään koko ajan. Litiumioniakut eivät juuri purkaannu käyttämättömänä, mutta vuoden seisonnan jälkeen varaus on syytä tarkistaa ennen ajoon lähtöä. Litiumioniakkuja pidetään erittäin kestävinä, koska testien perusteella litiumioni akuilla voi ajaa ainakin 200 000 kilometriä. (Bosch 2002, 640.)

Japanilainen akkuvalmistaja Sekisui Chemical on kertonut, että se pystyy triplaamaan nykyisten litiumioni akkujen kapasiteetin ja siten laskemaan akkujen hintaa 60 %. Yhtiön mukaan akkujen pitäisi päästä massatuotantoon vuonna 2015. Sekisuin akussa anodi pinnoitetaan nykyisen litiumioniakun grafeenin tai grafiitin sijaan piillä. Täysin uutta on myös geelimäinen sähköä johtava elektrolyytti. Sekisuin mukaan sähköauton ajomatka venyy täyteen ladatulla akulla jopa 600 kilometriin. Uusien materiaalien avulla akut voidaan rakentaa moneen muotoon, vaikka ohueksi levyksi. Nykyisiin verrattuna tilaa säästyy runsaasti. Painokin on huomattavasti kevyempi. Lisäksi Sekisui lupaa, että uusi akku on selvästi turvallisempi esimerkiksi kolaritilanteissa kuin litiumakku. Sähköautojen akustot maksavat keskimäärin 15 000 euroa. Sekisuin akuston hinta putoaa konsernin mukaan noin 5000 euroon. (Mukai 2013.)

2.3 Sähköautot Suomessa – nyt ja tulevaisuudessa

Ilmastonmuutoksen vähentämisen noustua selkeäksi globaaliksi tavoitteeksi, on liikenteen päästöjen vähentämisestä tullut selkeä motiivi sähköauton uudelle tulemiselle. Myös autoteollisuudelle asetetut päästörajoitukset ovat saaneet aikaan halun kehittää vähäpäästöisiä ja kokonaan päästöttömiä ajoneuvoja. Useat eri autonvalmistajat ovat tuoneet markkinoille uusia hybridi- täyssähköautoja. Liikenteessä olevien sähköautojen määrä on vielä kovin vähäinen. Täyssähköautojen toimintamatka on vielä verrattain lyhyt, minkä takia se ei monessakaan tapauksessa sovellu perheen pääasialliseksi käyttöautoksi. Toisaalta taas sähköautojen hinnat ovat sen verran korkeat, ettei se houkuttele hankkimaan sähköautoa myöskään perheen kakkosautoksi. Yksi merkittävä hidaste säh-

köautojen yleistymiselle on vielä tällä hetkellä kattavan julkisen latausverkoston puuttuminen.

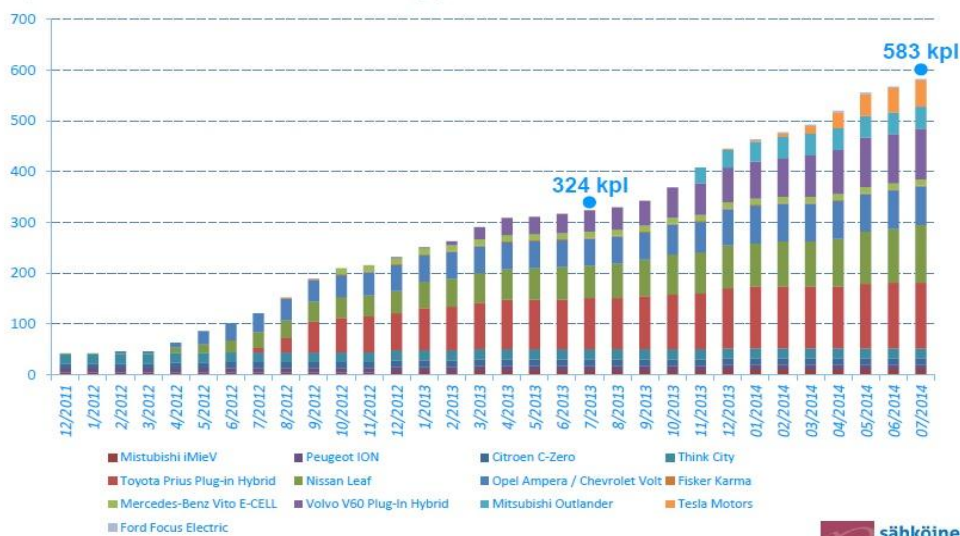
2.3.1 Sähköautojen määrä ja kasvuskenaariot

Suomessa oli Trafian tilastojen mukaan vuoden 2014 elokuun lopussa liikennekäytössä 2 650 855 henkilöautoa. Samaan aikaan liikennekäytössä olevien täyssähköisten henkilöautojen määrä oli 246 kpl. Vuonna 2014 on elokuun loppuun mennessä rekisteröity liikennekäyttöön 100 uutta täyssähkökäyttöistä henkilöautoa ja 18 hybridikäyttöistä henkilöautoa. (Trafi:n www-sivut 2014.)

Kaaviossa 1 on esitetty kaikkein ladattavien sähköautojen määrän kasvua Suomessa. Taulukosta nähdään, että vuoden 2013 heinäkuun lopusta vuoden 2014 heinäkuun loppuun määrä on kasvanut 324 ladattavasta sähköautosta 583 ladattavaan sähköautoon. Eli vuosikasvu on ollut ihan merkittävää. (Sähköisen liikenteen www-sivut 2014.)

Rekisterissä olevat ladattavat ajoneuvot Suomessa

(Määrässä ei ole mukana harrasteautoja)



Lähde: Trafi ja Eera



Kaavio 1. Sarjavalmistettujen ladattavien sähköautojen määrän kasvu (Sähköisen liikenteen www-sivut 2014.)

Sähköautojen käyttöönottoa Suomessa jarruttaa lähinnä kolme seikkaa: ajoneuvojen korkea hinta, julkisten latauspisteiden vähäinen määrä sekä kuluttajien huono tietoisuus nykyisistä sähköautoista. Näin on päädytty tilanteeseen, jossa latauspisteitä ei rakenneta, koska sähköautoja ei ole tarpeeksi. Sähköautoja taas ei voida myydä kilpailukykyisillä hinnoilla, koska kysyntää ei ole riittävästi. Kuluttajat puolestaan eivät osta sähköautoja, koska ne ovat kalliita eikä julkisia latauspisteitä ole riittävästi.

Sähköautojen houkuttelevuuteen voidaan vaikuttaa mm. verotuksella, muilla taloudellisilla kannustimilla ja kattavan julkisen latausverkoston perustamisella. Myös kuluttajien tietoisuuden lisääminen nykyaikaisten sähköautojen ominaisuuksista ja käyttömukavuudesta lisää varmasti niiden houkuttelevuutta. Sähköautojen verotusta keventämällä saataisiin sekä auton hankintahintaa että käyttökustannuksia alennettua. Muita taloudellisia kannustimia sähköauton hankintaan voisi olla mm. ilmainen pysäköinti. Kuluttajien tiedot nykyisistä sähköautoista ovat monesti varsin puutteelliset. Monet kuluttajat pitävät sähköautoja hankalasti käytettävänä ja soveltumattomina jokapäiväiseksi käyttöautoksi. Todellisuudessa sähköautot ovat todella mukavia käyttää, sähkömoottori tarjoaa paljon vääntöä ja sitä kautta sähköautot kiihtyvät nopeasti. Sähköautot ovat myös lähes äänettämiä, mikä lisää niiden käyttömukavuutta. Äänettömyydestä voi toisaalta olla haittaakin, sillä se voi aiheuttaa vaaratilanteita, kun jalankulkijat eivät havaitse lähestyvää sähköautoa.

Sähköautojen määrän kasvusta on tehty erilaisia kasvuskenaarioita. Taulukossa 3 on esitetty Biomeri Oy:n tekemän Sähköajoneuvot Suomessa – selvityksen perusteella kolme skenaariota ladattavien sähköautojen yleistymiselle vuosille 2020 ja 2030. Nämä skenaariot ovat perusskenaario ja tätä nopeamman sekä hitaamman kehityksen mukaiset skenaariot. Näiden skenaarioiden toteutuminen riippuu paitsi vaikeasti ennustettavista ulkoisista tekijöistä, kuten öljyn hintakehityksestä ja toisaalta taas tekniikan kehityksestä kuten akkujen ja latausverkoston kehittymisestä sekä merkittäväällä tasolla myös tehyistä kannustinpäätöksistä.

Taulukko 3. Sähköautojen määrän kasvuskenaariot (Sähköajoneuvot Suomessa – Selvitys, 6).

	Vuosi	Osuus uusista autoista, %		Kumulatiivinen myyntimäärä, kpl		Osuus henkilöautojen liikenne suoritteesta, %	
		BEV	PHEV	BEV	PHEV	BEV	PHEV
Perusskenaario	2020	3	10	13 000	66 000	0,6	3
	2030	20	50	160 000	480 000	7	19
Nopeaskenaario	2020	6	40	26 000	190 000	1	8
	2030	40	60	450 000	960 000	19	38
Hidasskenaario	2020	2	5	12 000	38 000	0,5	2
	2030	10	20	92 000	207 000	4	8

Perusskenaariossa on oletettu, että vuonna 2012 markkinoille tulleet ladattavat hybridit alkavat hitaasti yleistyä, niin että vuonna 2020 ladattavia hybridejä on 10 % uusista autoista. Tästä eteenpäin yleistymisen voidaan olettaa olevan nopeampaa, siten että vuonna 2030 ladattavia hybridejä on puolet uusista autoista. Täyssähköautojen osalta on enustettu, että ne tulevat massamarkkinoille 15 vuoden viiveellä ladattaviin hybrideihin verrattuna. On kuitenkin oletettavaa, että edellä esitetty aikaväli lyhenee, koska sähköautojen tutkimukseen ja kehitykseen panostetaan voimakkaasti ja toisaalta ladattavien hybridien yleistymisen tukee myös täyssähköautojen tuotannon ja latauksen tarpeita. Näin ollen perusskenaariossa oletetaan, että täyssähköautot seuraavat ladattavia hybridejä viiden vuoden viiveellä. Tällöin niiden osuus uusista autoista kasvaa nolasta 20 prosenttiin vuosien 2015 ja 2030 välillä. (Sähköajoneuvot Suomessa – Selvitys, 64.)

Nopeutetun muutoksen skenaariossa oletetaan, että ladattavien hybridien ja täyssähköautojen yleistymisen tapahtuu perusskenaariota nopeammin. Nyt kun ladattavia sähköautoja alkaa olla paremmin saatavissa, voidaan niiden yleistymistä nopeuttaa verotuksellisella ohjauksella ja erilaisilla hankintatukimuodoilla. Verotusohjaus voi kohdistua käyttökustannuksiin, esimerkiksi käyttömaksun tai polttoaineveron muodossa tai hankintahintaan esim. autoveron porrastuksella. Jo nykyinen hiilidioksidipäästöperusteinen autovero kannustaa vähäpäästöisten autojen hankintaan. Ladattavien hybridien osalta arvioidaan niiden markkinaosuuden kehittyvän nopeasti siten, että vuoteen 2020 men-

nessä ladattavien hybridien osuus uusista autoista kasvaa eksponentiaalisesti 40 prosenttiin, jonka jälkeen niiden markkinaosuus jatkaa lineaarista kasvuaan ollen 60 % vuonna 2030. Täyssähköautojen oletetaan seuraavan ladattavia hybridejä siten, että vuonna 2030 sähköautoja on 40 % uusista autoista. (Sähköajoneuvot Suomessa – selvitys, 66.)

Hitaan muutoksen skenaariossa oletetaan, että ladattavien autojen yleistyminen, johon vaikuttavat mm. autojen saatavuus ja niiden kustannuskehitys, on edellä esitettyjä skenaarioita hitaampaa. Ladattavien hybridien osalta oletetaan, että niiden osuus uusista autoista kasvaa vuosien 2010 ja 2030 välillä nolosta 20 prosenttiin. Täyssähköautojen puolestaan oletetaan seuraavan ladattavia hybridejä viiden vuoden viiveellä siten, että niiden osuus uusista autoista on 10 % vuonna 2030. (Sähköajoneuvot Suomessa – selvitys, 68.)

Edellä esitetyt skenaariot ovat melko maltillisia verrattaessa niitä muualla maailmassa esitettyihin visioihin. Esimerkiksi Ruotsissa visiona on 600 000 ladattavaa autoa (PHEV tai BEV) vuoteen 2020 mennessä. Tämä vastaa n. 15 %:a Ruotsin autokannasta (4,4 miljoonaa autoa). Israel puolestaan suunnittelee sähköistävänsä autokantansa siten, että tieliikenne on riippumaton öljystä vuoteen 2020 mennessä. (Sähköajoneuvot Suomessa – Selvitys, 63.)

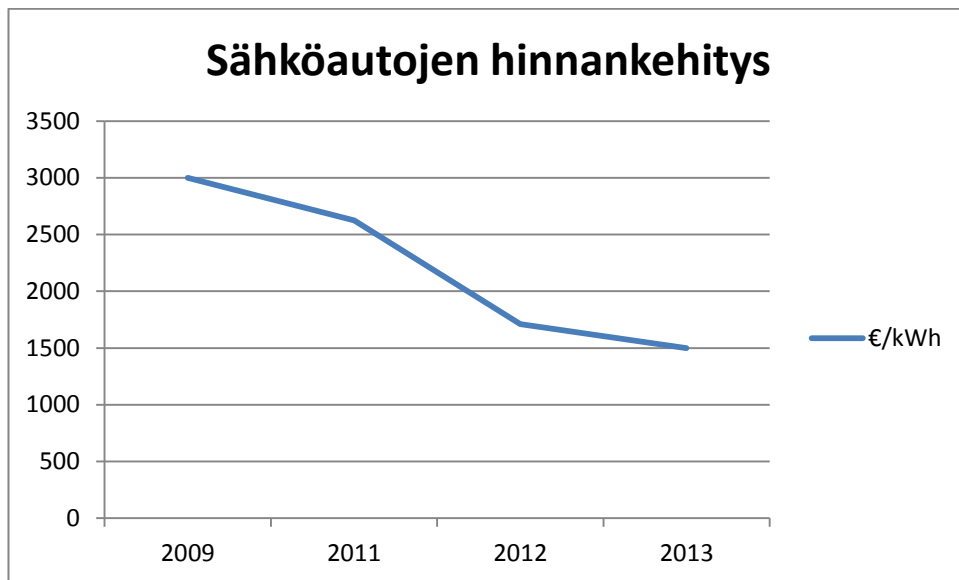
2.3.2 Sähköautojen hinta ja hinnan kehitys

Sähköautojen hinta on yksi suurimmista, ellei suurin tekijä mikä vaikuttaa sähköautojen yleistymiseen. Tällä hetkellä sähköautot ovat selvästi kalliimpia verrattuna vastaavan kokoluokan polttomoottoriautoihin.

Sähköauton kallein komponentti on akku. Sähköauton akun hintaa havainnollistetaan €/kWh. Sähköautojen akkujen hinnat ovat laskeneet viime vuosina tasaisesti. Bloomberg New Energy Financen raportin mukaan hinnat olivat vuoden 2012 ensimmäisellä vuosineljänneksellä noin 30 prosenttia halvemmat kuin kaksi vuotta aiemmin. Viimeisen vuoden aikana laskua on ollut 14 prosenttia. Hintojen laskun taustalla on erityisesti tarjonnan kasvaminen kysyntää nopeammin. Litiumioniakku maksaa nykyisin keskimäärin 525 euroa per kilowattitunti. Raportin mukaan hinnan uskotaan laskevan noin 115 euroon vuoteen 2030 mennessä. Nykyisin akusto muodostaa jopa neljänneksen

sähköauton hinnasta, joten akkuhintojen muutoksilla on keskeinen vaikutus sähköautojen kokonaishintoihin. (New Energy Finance www-sivut 2012.)

Kaaviossa 2 havainnollistetaan Suomessa myytyjen sähköautojen hinnan kehitystä. Sähköautojen hinta on puolittunut akun kokoon suhteutettuna vuodesta 2009 vuoteen 2013.



Kaavio 2. Sähköautojen hinnan kehitys suomessa.

2.3.3 Sähköautojen verotus

Verotus on yksi tekijä, jolla voitaisiin vaikuttaa sähköauton hintaan ja näin ollen sen houkuttelevaisuuteen kuluttajien silmissä. Sähköautoilla on Suomessa kaksi verotuskohdetta, jotka ovat autovero ja ajoneuvovero. Ajoneuvovero koostuu perusverosta ja käyttövoimaverosta.

Kaikista Suomeen tuoduista ajoneuvosta maksetaan autoveroa. Autovero maksetaan ennen ajoneuvon rekisteröintiä tai käyttöönottoa. Tästä poikkeuksena ovat verovapaat ja alennettuun veroon oikeutetut ajoneuvot. Autoveroa maksetaan auton verotusarvosta ja veroprosentti lasketaan auton valmistajan ilmoittaman hiilidioksidipäästön perusteella. Mikäli päästötasoa ei ole tiedossa, määräytyy veroprosentti auton kokonaismassaa ja käyttövoimaa vastaavan laskennallisen hiilidioksidipäästön perusteella. Nykyisen kaltaisen autovero sähköautoille tuli voimaan 1.4.2012 verouudistuksen myötä, ja se mää-

ritteli sähköauton alimpaan autoveroluokkaan 5 % auton kokonaismyyntihinnasta. (Autoverolaki 29.12.1994/1482, § 6.)

Ajoneuvovero muodostuu perusverosta ja käyttövoimaverosta. Sähköautojen perusvero määräytyy nykyisin verouudistuksen myötä 1.1.2013 alkaen CO₂-päästötietoihin, ja sähköautoille käytetään alinta päästoluokkaa 0 g/km. 0 g/km - luokassa perusvero on 43,07 €/vuosi. (Trafi:n www-sivut 2013.)

Sähköautosta maksetaan käyttövoimaveroa auton painon mukaan, käyttövoimaveron määrä päivää kohden on jokaiselta kokonaisuudistuksen alkavalta sadalta kilogrammalta 1,5 senttiä. Auton painoon ei kuitenkaan lasketa polttoainetta, eli sähköauton tapauksessa akustoa. Käyttövoimaveron lakiuudistus tuli voimaan 1.1.2013. (Trafi:n www-sivut 2013.)

Taulukko 4. Henkilöautojen käyttövoimaverot käyttövoiman mukaan. (Trafi:n www-sivut 2014.)

Käyttövoima	Snt / pv / alkava 100 kg
Diesel	5,5
Sähkö	1,5
Sähkö ja bensiini	0,5
Sähkö ja dieselöljy	4,9
Metaanipolttoaine	3,1

2.4 Sähköauto verrattuna polttomoottoriautoon

Sähköautoa vertailtaessa polttomoottoriautoon voidaan tarkastella mm. seuraavia osia: taloudellisuus, ympäristöystävällisyys ja käyttökokemus.

Henkilöautojen taloudellisuutta tarkasteltaessa on huomioitava sekä hankintahinta että käyttökustannukset. Sähköauton hankintahinta on selvästi korkeampi, kuin vastaavan polttomoottoriauton. Sen sijaan sähköauton käyttökustannukset ovat huomattavasti matalammat, kuin vastaavan polttomoottoriauton. Esimerkiksi Nissan Leaf -sähköauton suositushinta on alk. 35 981 € ja sitä eniten vastaavan bensiinikäyttöinen Nissan Qash-

gain suositushinta on alk. 22 790 €. Bensiinikäyttöinen Qashqai maksaa n. 13 000 € vähemmän kuin sähkömoottorilla toimiva Leaf (Nissan Suomi www-sivut 2014).

Taulukossa 3 on esitetty henkilöautojen vuotuiset käyttökustannukset käyttövoiman ja ajettujen kilometrien mukaan. Kustannuksissa on otettu huomioon vuotuinen ajoneuvovero (perusosa ja mahdollinen käyttövoimaveron) ja polttoainekustannukset. Taulukosta saatavien tietojen perusteella voidaan laskea, että edellä mainitussa tapauksessa sähköauton 13 000 € kalliimman hankintahinnan saa kuitattua käyttökustannusten erolla kymmenessä vuodessa jos ajokilometrejä kertyy 20 000 vuodessa ja viidessä vuodessa jos ajokilometrejä kertyy 30 000 vuodessa. Taloudelliset seikat eivät yleensä ole perusteena sähköauton hankinnalle.

Taulukko 5. Henkilöautojen vuotuiset käyttökustannukset käyttövoiman ja ajokilometrien mukaan (Autoliitto – Käyttövoimalaskuri 2014).

Vuotuiset kustannukset (sis. ajoneuvoveron, käyttövoimaveron ja polttoainekustannukset)			
Ajokilometrit	Sähkö	Bensiini	Diesel
10 000	470.07 €	1137.92 €	1283.89 €
15 000	628.82 €	1643.91 €	1666.13 €
20 000	787.57 €	2149.91 €	2048.38 €
25 000	946.32 €	2655.90 €	2430.62 €
30 000	1105.07 €	3161.90 €	2812.87 €

Vaikka sähköauton hankinta ei välttämättä ole vielä tänä päivänä se kaikkein taloudellisin vaihtoehto, puhuu sähköauton puolesta sen ympäristöystävällisyys. Sähköautot eivät tuota pakokaasuja, ja näin ollen niiden käyttö on päästötöntä. Sähköauton ominaispäästöjä arvioidessa on kuitenkin otettava huomioon myös sähköauton käyttämän energian valmistuksesta aiheutuvat päästöt sekä itse sähköauton valmistuksesta aiheutuvat päästöt. Sähköauton käyttämän energian tuotannosta aiheutuvien päästöjen määrää voidaan alentaa pyrkimällä lataamaan autoja sähköllä, joka tuotettu uusiutuvilla energialähteillä fossiilisten polttoaineiden sijaan. Sähköauton ympäristöystävällisyyteen vaikuttaa myös auton valmistukseen käytetyt materiaalit. Akuston ympäristöystävällisyys on yksi suurimmista materiaalitekijöistä.

Käyttövoimana sähkö pienentää merkittävästi liikenteen energiantarvetta, sillä sähkömoottori on polttomoottoria energiatehokkaampi ja myös jarruttamisessa syntyvä energia saadaan talteen. Sähköautokannan yleistyminen vähentäisi myös pienhiukkasia ja melua. Myönteistä on sekin, että lataaminen voidaan suorittaa myös yöllä, kun sähköä on runsaasti tarjolla, eikä kulutuspiikkejä näin voimisteta.

EU on asettanut autonvalmistajille päästörajoituksia, joiden mukaan uusien autojen päästöt saavat vuonna 2021 olla vain 95 grammaa kilometriltä. Tällä hetkellä eurooppalaisten autojen kilometripäästöt ovat keskimäärin 130 grammaa, sähköautojen nolla grammaa. (Mäntsälän sähkö Oy:n www-sivut 2014.)

Auton käyttökokemus on yksi merkittävimmistä tekijöistä, joka vaikuttaa kuluttajan hankintapäätökseen. Käyttökokemus sisältää autolla ajamisen miellyttävyyden ja kaiken muun, mikä liittyy auton käyttöön, esimerkiksi sähköauton lataamisen ja polttomoottoriauton tankkaamisen helppouden. Äänettömän moottorin ansiosta sähköauton kuljettaja voi nauttia lähes äänettömästä ajokokemuksesta. Sähköauton suorituskyky on myös varsin miellyttävällä tasolla. Sähköauton voi ladata yön aikana kotona käyttämällä kotilatauslaitetta ja näin ollen säästyään turhilta huoltoasemakäynneiltä.

Sähköauton järkevyydestä, sen hyödyistä ja haitoista on lähes jokaisella jonkinlainen mielipide. Internetissä on useita eri keskustelupalstoja, joissa keskustellaan osin kiivaastikin sähköautoilusta sekä puolesta että vastaan. Seuraavassa on listattuna eri keskustelupalstoilla esitettyjä näkemyksiä sähköauton eduista ja haitoista.

Sähköauton puolesta esitettyjä seikkoja:

- Sähköautot vähentävät riippuvuutta öljystä.
- Sähköautot pienentävät kulkemiseen käytetyn energian kustannuksia, jos sähkön hintaa ei veroteta, kuten polttoaineiden hintaa verotetaan.
- Polttomoottoriautojen korvaaminen sähköautoilla pienentää ilmastomuutosta, edellyttäen että sähkö tuotetaan uusiutuvilla energioilla tai ydinvoimalla.
- Sähköautot ovat polttomoottoriautoja hiljaisempia.
- Jarrutuksessa lataavalla järjestelmällä saadaan osa siitä energiasta talteen, joka polttomoottoriautossa muuntuu jarrujen kulumiseksi ja kuumenemiseksi.

- Sopivasti lisävarustettu sähköauto voi myös antaa akuistaan virtaa kodin sähkölaitteille sähkökatkosten aikana.
- Sadan sähköautokilometrin polttoainekustannus on noin kaksi euroa, kun diesel- ja bensiiniautolla kustannus on moninkertainen.
- Sähköautoilla on positiivisia terveysvaikutuksia erityisesti kaupunkialueilla, koska ne vähentävät autoilun pienhiukkaspäästöjä.

Sähköautoa vastaan esitettyjä seikkoja:

- Sähköauton ajomatka on liian lyhyt.
- Akun uudelleenlataaminen on yleensä liian hidasta.
- Kaikilla ei ole mahdollisuutta ladata sähköautoa kotona.
- Sähköautojen julkinen latausverkosto on olematon.
- Sähköjakoverkot eivät välttämättä kestä pikalatausta suuren hetkellisen lataustehon takia.
- Raskaat akut pienentävät hyötykuormaa.
- Suuri osa sähköstä tuotetaan tällä hetkellä fossiilisilla polttoaineilla, jolloin sähköntuotanto tuottaa liikaa päästöjä.
- Akkujen hankinta- ja vaihtokustannukset ovat todella suuret.
- Akut toimivat huonosti kylmässä ja pakkasella sähköauton toimintamatka on aivan liian lyhyt.
- Jotkut akkutyypit sisältävät raskasmetalleja ja muita ympäristölle ja ihmiselle myrkyllisiä aineita (mm. lyijy, kadmium ja nikkeli).
- Litium-metallin saatavuus rajoittaa litiumakkujen hintakehitystä ja voi johtaa tulevaisuudessa jopa kasvaviin hintoihin, koska maailman suurimmat litiumesiintymät ovat harvojen hallussa.
- Sähköautot ovat liiankin hiljaisia, mikä tekee niiden havaitsemisesta hankalaa esimerkiksi sokeille.

3 SÄHKÖAUTOJEN LATAUSTEKNIIKAT

Sähköautojen latauspiste ja latausasema sekoitetaan usein termeinä. Yleisesti voidaan määritellä, että latauspiste on paikka, jossa sähköauto voidaan ladata ja latausasema on nimenomaan lataukseen käytettävä latauslaitteisto. Sähköauton latauspisteessä voi olla useita latausasemia, kuten esimerkiksi hitaanlatauksen- ja pikalatausasema. Latauspisteessä voi yksinkertaisimmillaan olla normaali vikavirtasuojalla varustettu yksivaiheinen 16A:n SUKO-pistorasia jota käytetään sähköauton lataukseen. Tällaisia voivat olla tietyin ehdoin esimerkiksi perinteiset autolämmityspistorasiat. Sähköautojen lataukseen on kuitenkin suositeltavaa käyttää nimenomaan sähköautojen latauskäyttöön suunniteltua latausasemaa, jolloin lataus on huomattavasti turvallisempaa. (Sähköisen liikenteen www-sivut 2014.)

Latausasemia on monenlaisia ja latauspisteessä käytettävän latausaseman tyyppin määrittelee se, minkä tyyppistä latausta latauspisteessä halutaan suorittaa. Useimmiten sähköautoa ladataan auton sisäisellä laturilla, jolloin puhutaan AC-latauksesta. Toinen vaihtoehto lataukseen on pikalataus jossa auton akkua ladataan isolla teholla auton ulkopuolisella tasavirta laturilla, tätä kutsutaan DC-lataukseksi. Seuraavassa käydään läpi standardien mukaiset lataustavat ja eri latauspistoke standardit sekä latausasematyyppejä ja niiden teknisiä vaatimuksia.

3.1 Sähköautojen lataustavat

Sähköajoneuvoille on määritelty standardissa IEC 61851-1 neljä erilaista lataustapaa. Ensimmäinen lataustapa soveltuu lähinnä kevyille ajoneuvoille ja loput kolme varsinaisille sähköautoille. Sen lisäksi standardin ulkopuolisena lataustapana on koekäytössä vielä oleva johdoton lataus. (IEC 61851-1 2013.)

Lataustapa yksi on tarkoitettu lähinnä kevyille sähköajoneuvoille, joihin ei ole asennettuna erityisiä suojalaitteita. Pistorasiana käytetään tavallista SUKO – pistorasiaa tai normaalia kolmivaiheista pistorasiaa käyttäen enintään 16 A:n vaihevirtaa. Syötön jännitetaso on enintään 250 V yksivaiheisessa ja 480 V kolmivaiheisessa latauksessa. (IEC 61851-1 2013.)

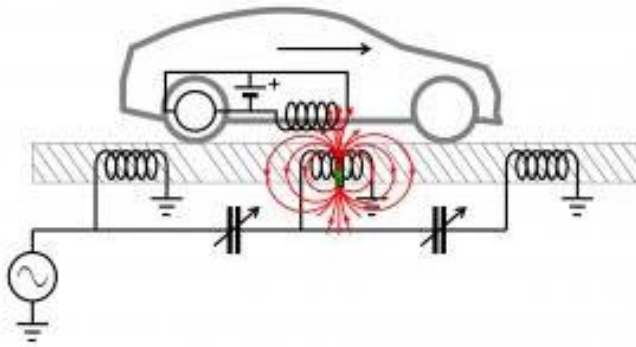
Lataustapaa kaksi voidaan standardin määritelmän mukaan, käyttää sähköautojen lataamiseen tilapäisesti tai rajoitetusti. Pistorasiana käytetään tavallista SUKO – pistorasiaa tai normaalia kolmivaiheista pistorasiaa käyttäen enintään 16 A:n vaihevirtaa. Autoa ladataan autonvalmistajan hyväksymän latausjohdon avulla. Latausjohdossa on koteloitu ohjauslaite, joka rajoittaa auton ottaman latausvirran yleensä 6-10 A:iin. Syötön jännitetaso on enintään 250 V yksivaiheisessa ja 480 V kolmivaiheisessa latauksessa. Lataustehot tällä lataustavalla ovat 6 A:lla 1380 W ja 10 A:lla 2300 W, jos käyttöjännite on 230V. Esimerkiksi Nissan Leaf:ssa akunkoko on 24 kWh. Tällöin latausajat ovat 6 A:lla n. 17,5 tuntia ja 10 A:lla n. 10,5 tuntia. (IEC 61851-1 2013.)

Lataustapa kolme on suunniteltu nimenomaan sähköautojen lataamiseen. Tässä lataustavassa auto kytketään auton ulkopuoliseen latausasemaan. Latauksen ohjaus- ja valvontatoiminnot sijaitsevat kiinteästi sähköverkkoon kytketyssä latausasemassa. Lataustavassa kolme latausasema syöttää autossa sijaitsevaan laturiin vaihtovirtaa ja maksimiteho on 43 kW (3-vaihe, 400V/63A). Todellisen lataustehon ja latausajan määrittelee autossa sijaitsevan laturin ottama teho. Tyypillisesti näiden laturien tehot ovat 3,3 kW, 6,6 kW tai 10 kW. Esimerkiksi Nissan Leafiin on saatavilla 3,3 kW:n ja 6,6 kW:n laturit jolloin latausajat ovat n. 7 tuntia (3,3 kW) ja n. 3,5 tuntia (6,6 kW). (IEC 61851-1 2013.)

Lataustapa neljä on suunniteltu sähköauton pikalataamiseen. Tässä lataustavassa auto kytketään latausasemaan latausasemassa kiinteästi olevan latausjohdon avulla. Latausasema syöttää tasasähköä suoraan auton akkuun eli laturi sijaitsee latausasemassa eikä autossa, kuten AC-latauksessa. Näin ollen lataustehon määrittelee latausaseman laturin teho, joka on tyypillisesti 20 kW, 50 kW tai jopa 100 kW. Lataustavasta neljä käytetään myös nimitystä DC-lataus. DC-lataus vaatii auton akun ja latausaseman välillä kommunikaatioyhteyden. (IEC 61851-1 2013.)

Johdoton eli induktiolataus voi olla tulevaisuudessa yksi vaihtoehto sähköauton lataamiseen. Induktiolatauksessa auto ajetaan latauslaitteen päälle ja lataaminen käynnistyy automaattisesti. Energia siirtyy latauslaitteesta auton akkuun magneettikentän välityksellä (kuva 2). Tekniikkana induktiolataus ei ole mitenkään uutta sillä esimerkiksi sähköhammasharjan lataus toimii tällä periaatteella.

Sähköauton johdotonta latausta ovat tutkineet ja testanneet useat autonvalmistajat. Yhtiöt kertovat, että induktiolataus on helppo teknisesti toteuttaa, mutta siirtyvän energian hävikki on vielä liian suurta. Ongelman ratkaisu vaatii vielä aikaa. Yksi ongelma on, että induktiolataukselle ei ole vielä sovittu yhteisiä standardeja. (Automerkit.fi www-sivut 2013.)



Kuva 2. Periaatekuva johdottomasta latauksesta (Automerkit.fi www-sivut 2013).

3.2 Latauspistokestandardit

Sähköauton lataukseen on käytössä useita erilaisia latauspistokkeita autonvalmistajasta riippuen. Latauspistokkeet määritellään tyypeittäin standardissa IEC62196. Standardi on kolmeosainen. Sen ensimmäisessä osassa määritellään latauspistokkeiden yleiset turvallisuusvaatimukset. Toisessa osassa määritellään AC-lataukseen olemassa olevat pistoketyypit. Kolmannessa osassa määritellään latauspistoketyypit DC-lataukselle ja AC-DC- latauksen kombinaatioille.

Euroopan Unionille tehty ehdotus tulevaksi direktiiviksi vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta sai lopullisen hyväksynnän EU:n parlamentissa 15.4.2014. Ehdotuksen mukaan Euroopassa AC-latauksessa tullaan jatkossa käyttämään tyyppin 2 pistoketta. DC-latauksessa pistoketyyppinä tullaan käyttämään CCS2 pistoketta. Siirtymäaikana voidaan käyttää rinnalla (vuoteen 2017) CHAdeMO pistoketta. (European Commission - IP/14/440 2014.) Esityksen mukaan EU:n laajuinen standardipistoke on olennainen tekijä sähköautojen käyttöönotolle.

Yleensä sähköautoissa on useamman latausstandardin mukaiset latausliittimet jolloin niitä voidaan ladata eri lataustavoilla. Kuvassa 3 on esitetty Nissan Leaf:ssa olevat latausliittimet, AC-lataukselle (Tyyppi 1) ja DC-pikalataukselle (CHAdeMO).



Kuva 3. Nissan Leaf:n lataus liittimet. (Nissan Suomi www-sivut 2014.)

3.2.1 AC- latauspistokkeet

AC-lataukseen on standardissa määritelty kolme eri pistoke tyyppiä. Eri auton valmistajat käyttävät erityyppisiä pistokkeita. Mutta kuten aikaisemmin todettiin, on EU linjannut, että tulevaisuudessa Euroopassa AC-lataukseen käytetään tyyppin kaksi pistoketta.

Tyyppin yksi latauspistoke (kuva 4) on tarkoitettu sähköauton hitaaseen ja puolinopeaan lataukseen. Sitä käytetään useimmiten japanilaisissa ja yhdysvaltalaisissa sähköautoissa, mutta myös useissa eurooppalaisissa sähköautoissa. Latauspistoketyyppi yksi on aina yksivaiheinen. Se sisältää vaihe-, nolla- ja maajohtimen lisäksi kaksi kommunikointisignaali johdinta, joiden avulla latausasema tarkastaa latauksen turvallisuuden lataustavan kolme mukaisesti. Latauspistokkeen suurin mahdollinen latausvirta on 32A. Tyyppin yksi latauspistoketta kutsutaan kansankielessä nimellä ”Yazaki” sen japanialaisen valmistajan mukaan. (IEC 62196-2 "Type 1", SAE J1772.)



Kuva 4. Tyypin 1 mukainen latauspistoke ja pistorasia (Electropaedia [www-sivut 2014](#)).

Tyypin kaksi latauspistoke (kuva 5) on tarkoitettu sähköauton hitaaseen ja puolinopeaan lataukseen. Eurooppalaiset auton valmistajat ovat valinneet käyttöönsä tyypin kaksi latauspistokkeen. Latauspistoketyyppi kaksi voidaan kytkeä joko yksi - tai kolme - vaiheiseksi. Pistokkeen suurin mahdollinen latausvirta on 63A. Pistoke sisältää kolme vaihejohdinta, nolla- ja maajohtimet sekä kaksi kommunikointi signaaleille varattua johdinta. Tyypin kaksi latauspistoketta kutsutaan kansankielessä nimellä ”Mennekes” sen saksalaisen valmistajan mukaan. (IEC 62196-2 "Type 2", VDE-AR-E 2623-2-2.)



Kuva 5. Tyypin 2 mukainen latauspistoke ja pistorasia (Electropaedia [www-sivut 2014](#)).

Tyypin kolme latauspistoke (kuva 6) on ranskalaisten vastine lataustavan kolme mukaiselle lataukselle. Tätä pistoketta käytetään kuitenkin vain harvoissa maissa. Tyypin kolme latauspistoketta kutsutaan usein SCAME-pistokkeeksi. Tyypin kolme jaetaan vielä alatyyppeihin A:han ja C:hen. Alatyypin C sopii kaikille tyypin kolme pistokkeen sähkökulkuneuvoille. (IEC 62196-2 "Type 3", EV plug alliance.)

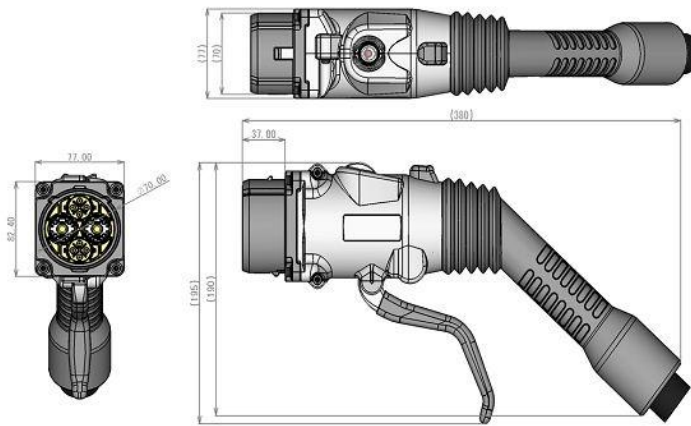


Kuva 6. Tyypin 3 mukainen latauspistoke ja pistorasia (Electropaedia [www-sivut 2014](http://www.sivut2014)).

3.2.2 DC- latauspistokkeet

Sähköautoissa DC-lataukselle eli pikalataukselle on käytössä kolme erilaista pistoke tyyppiä. Aasialaisissa sähköautoissa DC-lataukseen käytetään CHAdeMO latauspistoketta. Yhdysvaltalaisissa ja Eurooppalaisissa sähköautoissa on käytössä omanlaisensa kombinaatio latausliittimet joita voidaan käyttää sekä AC- että DC-lataukseen. DC-latauspistokkeet on määritelty standardissa IEC 62196-3.

CHAdeMO on latauspistoketyyppi jota käytetään sähköauton DC-lataukseen. CHAdeMO on CHAdeMO Associationin tuotemerkki jota se on ehdottanut kansainväliseksi pikalataus standardiksi. Mutta kuten jo aikaisemmin todettiin, EU on päättänyt, että EU:n alueella DC – lataukseen tulee jatkossa käyttää CCS2 tyypin pistoketta. CHAdeMO tyypin pistoketta (kuva 7) voidaan kuitenkin käyttää siirtymäkauden ajan vuoden 2017 loppuun.



Kuva 7. CHAdeMO latauspistoke (CHAdeMO www-sivut 2014).

CCS (Combined Charging System) latauspistokkeita (kuva 8) on kahta eri tyyppiä, Yhdysvalloissa käytössä oleva Combo1 ja Euroopassa käytössä oleva Combo2. Combo1 latauspistokkeessa on yhdistettynä tyypin yksi AC-latausliittimeen sopiva pistoke ja DC - lataukseen käytettävä pistoke. Tyypin yksi AC - latausliittimeen menevästä pistokkeesta on käytössä vain kommunikaatio- ja maadoitusnastat. Samoin Combo2 latauspistokkeessa olevasta tyypin kaksi AC-latausliittimeen menevässä pistokkeesta on nastat vain kommunikointiyhteydelle ja maadoitukselle. Tästä on se hyöty, että autoon tarvitaan vain yksi lataus liitin jonka kautta autoa voidaan ladata sekä AC- että DC- latausta käyttäen. Esimerkiksi jos autossa on Combo2 yhteensopiva latausliitin, DC - lataukseen voidaan käyttää Combo2-latauspistoketta ja AC-lataukseen tyypin kaksi, eli Mennekes-latauspistoketta.



Kuva 8. Vasemmalla Combo1 latauspistoke ja oikealla Combo2 latauspistoke (Emercedes www-sivut 2014).

3.3 Latausasemat

Sähköauton latausasemia on saatavilla eri käyttötarkoituksiin. Latausasemat on jaoteltu kotilatausasemiin, asiointilatausasemiin ja pikalatausasemiin.

Kotilatausasemat ovat kotikäyttöön tarkoitettuja yksinkertaisia ja pienikokoisia latausasemia. Kotilatauslaitteiden latausteho on yleensä 3,7 kW (230 V, 16 A) tai 11 kW (400 V, 3x16A), jolloin latausaika on n. 3 - 8 tuntia. Kotilatausasemissa on yleensä kiinteä latauskaapeli, mutta voidaan valita myös latausasema, jossa on tyyppin1 tai tyyppin2 latauspistorasia. Kotilatausasemissa on latauksen tilasta indikoiva led-merkkivalo, joka kertoo onko lataus käynnissä, vai onko akku ladattu täyteen. Kotilatausasemasta lataamisen etu verrattuna normaalista pistorasiasta lataamiseen on latauksen turvallisuus ja latauksen nopeus. Seuraavassa listaus kotilatausasemien tärkeimmistä ominaisuuksista:

- on suunniteltu sähköajoneuvojen lataukseen
- auton laturin ja latausaseman yhteistoiminta
- suojaadoituspiirin kunnonvalvonta
- latauspiirin kunnon valvonta
- latausaseman tilan indikointi led- merkkivalolla
- käyttää lataukseen auton sisäistä laturia
- latausaika 3 – 8 tuntia

(Plug IT:n www-sivut 2014.)



Kuva 9. Ensto Chago- kotilatausasema (Plug IT:n www-sivut 2014).

Asiointilatausasemat on tarkoitettu käytettäväksi nimensä mukaisesti erilaisissa asiointipaikoissa, kuten terveysasemilla, marketeissa ja harrastepaikoissa. Asiointilatausasemat ova huomattavasti monipuolisempia kuin kotilatausasemat. Niissä on yleensä mm. käyttäjän tunnistus ja latauksesta laskutuksen mahdollisuus. Asiointilatausasemat ovat tyypillisesti latausteholtaan 11 kW:n (440 V 16 A), 22 kW:n (400 V, 3x32 A) tai 44 kW:n puolinopeita AC- latausasemia. Latausaika asiointilatausasemilla on alle tunnista muutamaan tuntiin. Seuraavassa listaus asiointilatausasemien tärkeimmistä ominaisuuksista:

- on suunniteltu sähköajoneuvojen lataukseen
- auton laturin ja latausaseman yhteistoiminta
- suojamaadoituspiirin kunnonvalvonta
- latauspiirin kunnon valvonta
- käyttäjän tunnistus (esim. RFID)
- latausenergian mittarointi
- laskutus mahdollisuus
- etähallinta
- älykkään sähköverkon toiminnallisuudet
- tehonsäätely
- tehonrajoitus
- käyttää lataukseen auton sisäistä laturia
- maksimi latausteho 43 kW (3-vaihe, 400V/63A)

(Plug IT:n www-sivut 2014.)

Pikalatausasemat ovat tarkoitettu tilanteisiin, joissa sähköauto täytyy saada ladattua nopeasti. Pikalatausasemissa lataus tapahtuu suurella teholla tasavirralla. Lataukseen käytetään latausasemassa sijaitsevaa laturia, toisin kuin koti- ja asiointilatausasemissa, joissa lataukseen käytetään autossa itsessään sijaitsevaa laturia. Pikalatausasemat soveltuvat hyvin esim. huoltoasemien ja pikaruokalojen yhteyteen. Seuraavassa pikalatausaseman ominaisuuksia:

- on suunniteltu sähköajoneuvojen lataukseen
- auton laturin ja latausaseman yhteistoiminta

- suojamaadoituspiirin kunnonvalvonta
- latauspiirin kunnon valvonta
- käyttäjän tunnistus (esim. RFID)
- latausenergian mittarointi
- laskutus mahdollisuus
- etähallinta
- älykkään sähköverkon toiminnallisuudet
- tehonsäätely
- tehonrajoitus
- lataus tapahtuu tasavirralla (DC)
- lataus tapahtuu latausasemassa olevasta laturista
- latausteho tyypillisesti 50 kW (500V, 100A DC)
- latausaika on 15 - 30 minuuttia 80 % varausasteeseen
(Plug IT:n www-sivut 2014.)

3.3.1 Latausasemien tekniset vaatimukset

Sähköauton latausasemille on asetettu erinäinen määrä teknisiä vaatimuksia. Kyseessä olevat vaatimukset on määritelty pääosin IEC 61851 standardissa. Sen lisäksi sähköauton lataukseen Suomessa tarkoitetut pistorasiatyypit on määritelty standardissa SFS 6000-8-813. Seuraavassa esitetään tekniset vaatimukset julkiseen käyttöön tuleville latausasemille. Vaatimukset perustuvat edellä mainittuihin standardeihin.

Yleiset vaatimukset latausasemille:

- latausasema täyttää IEC/SFS-standardit
- latausasema on CE- hyväksytty
- latausasema täyttää Seskon sähköautojen lataussuositukset
- SUKO- pistorasiasta ladattaessa saa ladata vain yhtä ajoneuvoa kerrallaan
- lataukseen käytetty pistorasia tai latausasema tulee suojata mitoitusvirraltaan enintään 30 mA:n vikavirtasuojalla
- jokainen latauskäyttöön tarkoitettu ryhmä on varustettava ylivirtasuojalla

- latausasemissa tulee olla suojaus, joka estää vikatilanteissa syötön auton akusta jännitteettömään verkkoon
- pistorasian tai latauspisteen kotelointiluokan on oltava vähintään IP44, jos lataus tapahtuu ulkona
- latauspisteen asennuskorkeus on 0,5–1,5 m. Asennuskorkeudella tarkoitetaan pistorasian alinta osaa
- pistorasia on sijoitettava mahdollisimman lähelle ladattavan auton pysäköinti-paikkaa

Latausaseman sähköliitäntästandardit:

- pistorasiatyyppinä käytetään AC-latauksessa Tyypin2-latauspistoketta ja kevyt-ajoneuvojen osalta SUKO- pistorasiaa
- DC-latauksessa pistoketyypinä käytetään CCS2-latauspistoketta. Siirtymäaika-
na voidaan käyttää rinnalla (vuoteen 2017) CHAdeMo-latauspistoketta
- ISO 15118-standardoinnin oletetaan tuottavan myöhemmin spesifikaatioita, jot-
ka mahdollistavat auton ja latausaseman kaksisuuntaisen käytön, latausaseman-
valmistaja sitoutuu seuraamaan tätä standardointia

Latausaseman etähallinta

Julkisessa käytössä olevien latausasemien olisi hyvä olla etähallittavia. Etähallinnan kautta voidaan hoitaa mm. latausaseman käyttäjätunnistus ja latauksesta laskuttami-
nen. Etähallinta helpottaa latausasemien ylläpitoa mm. siten, että sen kautta voidaan näh-
dä ovatko latausasemat toimintakunnossa. Etähallinnalla voidaan myös puuttua joihin-
kin ongelmatilanteisiin, sen avulla voidaan esimerkiksi tehdä latausaseman uudelleen-
käynnistys tai vaikka lopettaa latausprosessi jo se ei jostain syystä muuten onnistu. Etä-
hallinta mahdollistaa latausasemien liittämiseen yhteiskäyttöön, eli liittämisen jonkun
latausoperaattorin latausverkostoon (kts. luku 5.1.2).

Etähallinnan tuomat vaatimukset latausasemille:

- latausaseman tukee OCPP-standardia, tarkemmin sen versiota 1.5
- latausasemassa on tietoliikennemuoduuli, tyypillisimmin langaton kuten GSM tai
WCDMA
- latausasemassa on oltava RFID-kortinlukija asiakkaan tunnistautumista varten

- latausasemassa on oltava energian mittaus laskutusta varten
- tietoliikenneyhteyden katketessa latausaseman on kyettävä toimimaan itsenäisesti ns. ”Local White Listin” pohjalta ja kyettävä tallentamaan mittautieto myöhempää tiedonsiirtoa varten
- latausaseman tulee olla etähallittava OCPP-standarditoimintojen osalta alle 4 sek vastejalla sisältäen tietoliikenneviiveen
- latausaseman valmistaja on sitouduttava seuraamaan OCPP-spesifikaation kehitystä ja päivitettävä järjestelmäänsä myöhemmin OCPP:n uudempiin versioihin

4 SÄHKÖAUTON LATAUSPISTEEN PERUSTAMINEN

Tässä luvussa annetaan ohjeistus uuden sähköauton latauspisteen perustamiselle. Latauspisteen perustaminen kannattaa aloittaa tekemällä kunnollinen perustamissuunnitelma. Perustamissuunnitelmassa mietitään yksityiskohtaisesti kaikki huomioon otettavat asiat, joita ovat mm:

- Latauspisteen käyttö
- Käytettävä lataustapa
- Latauksesta mahdollisesti perittävät kustannukset
- Latauspistoketyypin valinta
- Latausaseman valinta
- Latauspisteensijainti
- Opasteet
- Sähkösuunnitelma

Latauspisteen käyttö

Aluksi määritellään, millaiseen käyttöön tuleva latauspiste tulee. Latauspiste voidaan ottaa yksityiseen käyttöön tai se voidaan laittaa julkiseen käyttöön. Jos latauspiste tulee yksityiseen käyttöön, sen perustaminen on huomattavasti yksinkertaisempi toimenpide, kuin jos se tulee julkiseen käyttöön. Yksityiseen käyttöön tulevan latauspisteen voi suunnitella vain tietyn sähköauton lataukseen, kun taas julkisen latauspisteen tulee palvella kaikentyyppisiä sähköautoja.

Lataustapa

Lataustavan valinta pitää miettiä tarkoin latauspisteen käyttötarkoituksen mukaan. Lataustapoja on kolme, eli hidas- puolinopea- ja pikalataus. Lataustapa määrittää latauspisteeseen tulevan latausaseman lataustehon. Jos suunnitteilla oleva latauspiste on esim. kotilatauspiste tai työpaikan parkkipaikalle tuleva latauspiste, riittää siihen käyttötarkoituksen mukaisesti hitaanlatauksenpiste. Jos latauspiste tulee esim. kaupan tai harraste- paikan yhteyteen, sopiva valinta on puolinopealatauspiste. Pikalatauspisteitä käytetään paikoissa jossa tarvitaan todella nopeaa latausta esim. huoltoasemat. Lataustehoa ei kannata ylivoimaisesti, koska se vaikuttaa merkittävästi kustannuksiin.

Latauksesta perittävät kustannukset

Latauksen maksullisuus tulee mietittäväksi, jos tuleva latauspiste tulee julkiseen käyttöön. Latauksesta veloittamiseen on monia tapoja, mutta ehkä helpoin tapa hoitaa asia on liittää latauspiste valtakunnallisen latausoperaattorin Virta-piste latausverkostoon, jonka kautta maksuliikenne voidaan hoitaa. Latausoperaattorista kerrotaan enemmän luvussa 6.1.

Latauspistoketyypit

Sähköautoissa on merkistä riippuen käytössä useita erilaisia latauspistokkeita. Latauspisteeseen tulevan latausaseman latauspistoke tai pistokkeet valitaan sen perusteella mitä lataustapaa käytetään ja siitä mitä sähköautoa tai autoja latauspisteestä halutaan ladata. Latausasemassa voi olla useita erilaisia latauspistokkeita toisaalta latauspisteessä voi olla myös useita latausasemia, joissa on erilaisia latauspistokkeita. Latauspistoketyypit on esitelty luvussa 3.2.

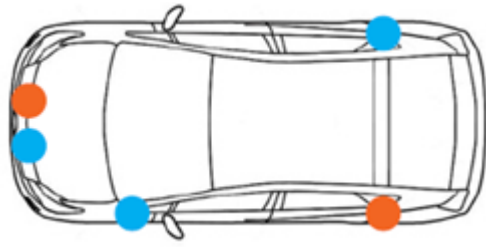
Jos latauspiste tulee vain omaan käyttöön, on pistoketyypin valinta helppo, valitaan vain pistoketyyppi, joka soveltuu oman auton lataukseen. Jos latauspisteestä tulee julkinen, pitää miettiä vähän tarkemmin, minkälaisia latauspistokkeita mahdollisesti tarvitaan. Julkisiin latauspisteisiin kohdistuu myös EU tasolta tulevia määräyksiä latauspistoketyypeistä. Sähköauton latauspisteitä koskevassa EU-direktiivissä on määritelty, että kaikissa julkiseen käyttöön tarkoitetuissa hitaan- ja puolinopeanlatauksen latauksen pisteissä (AC-lataus) on oltava lataustavan 3 tyyppin 2 pistoke (Mennekes) ja pikalatauspisteissä (DC-lataus) Combo 2 pistoke (European Commission COM (2013)18 2013).

Latausaseman valinta

Kun kaikki edellä olevat määrittelyt on tehty, voidaan näiden tietojen perusteella valita latauspisteeseen tuleva latausasema. Erilaiset latausasemat on käsitelty luvussa 3.3.

Latauspisteen sijainti

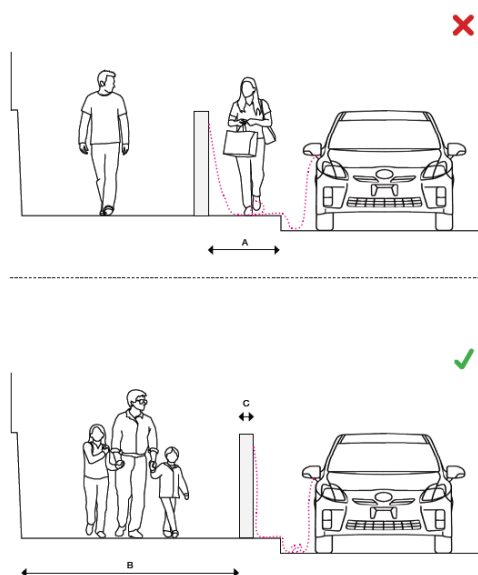
Latauspisteen sijainnilla on sen käytettävyyden kannalta suuri merkitys varsinkin, jos kyseessä on julkinen latauspiste. Latauspiste tulisi sijoittaa näkyvälle paikalle, johon on helppo ajaa autolla. Sähköautoissa latausliitännät voivat olla eripuolella autoa, auton merkistä ja mallista riippuen (kuvio 1). Tämän vuoksi on tärkeää, että latauspisteessä on riittävästi tilaa, jotta auto voidaan ajaa siihen useista eri suunnista.



Kuvio 1. Yleisimmät latausliitännöiden paikat sähköautoissa (Tikkanen & Örnberg 2012).

Latauspisteessä olevan latausaseman sijainti tulee miettiä siltä kantilta, montako autoa siinä voidaan ladata samanaikaisesti. Liitteessä 1. on esitetty suositelluimmat latausaseman sijoitus vaihtoehdot suhteessa pysäköintipaikkaan tai paikkoihin sen mukaan kuinka monta autoa latausasemassa voidaan ladata samanaikaisesti.

Julkisia latauspisteitä tullaan varmasti sijoittamaan myös kadun varteen jalkakäytävälle, ja silloin täytyy ottaa huomioon muutama erityiseseikka. Latausasemaa ei kannata sijoittaa liian kauaksi kadun reunasta, ettei latauksessa olevan auton ja latausaseman väli ei ole niin leveä, että siitä mahtuisi helposti kävelemään ja samalla altistuu vaaralle sotkeutua latausjohtoon. Toisaalta pitää myös huolehtia, että latausaseman takapuolelle jää riittävästi tilaa jalankulkijoille. Kolmas huomioon otettava seikka on, että latausaseman edusta kannattaa suojata esim. rautapylväillä etteivät katua kunnossa pitävät koneet telo latausasemaa (kuvio 2).



Kuvio 2. Latauspiste sijoitettuna kadun varteen (Tikkanen & Örnberg 2012).

Opasteet

Varsinkin julkiset latauspisteet on tärkeää sijoittaa mahdollisimman näkyvälle paikalle. Tämän lisäksi latauspisteelle kannattaa järjestää selkeät opasteet, jotta latauspiste olisi mahdollisen helposti löydettävissä. Kaikki julkiset latauspisteet pitäisi ilmoittaa Sähköinenliikenne-hankkeen latauspistetietokantaan, joka löytyy hankkeen nettisivuilta (www.sahkoinenliikenne.fi). Julkiseen käyttöön tulevan latausaseman käyttöopas tulisi järjestää siten, että se on kaikkien käyttäjien saatavilla. Ehkä helpoin tapa järjestää latausaseman käytön opastus on liimata latausaseman kylkeen ohjeet sisältävä tarra.

Latauspisteen sähkösuunnitelma

Latauspisteelle tehdään sähkösuunnitelma. Suunnitelmassa mitoitetaan latausaseman sähköliitynnän koko latausaseman maksimi lataustehon mukaan. Myös latausaseman syöttökaapelin koko on määriteltävä sähkösuunnitelmassa. Tämän lisäksi sähkösuunnitelmassa kannattaa tehdä syöttökaapelin reittisuunnitelma.

Luvat ja määräykset

Viranomaisen edellyttämät luvat hankittavalle latauspisteelle vaihtelevat kunnittain. Oulun kaupungissa kaupungin arkkitehti Jari Heikkilän mukaan pelkän latausaseman perustaminen ei vaadi minkäänlaisia toimenpide- tai rakennuslupia. Kuitenkin on tilanteita jolloin näitä lupia voidaan edellyttää, esimerkiksi:

- Jos latauspiste edellyttää uusia kiinteitä rakennelmia, seinämiä tai katoksia tarvitaan rakennelmille rakennuslupa.
- Jos latauspistettä varten muutetaan pihajärjestelyjä ja rakennetaan uusia autopaikkoja latausta varten, tulee asemapiirroksen muutokselle hakea lupa.
- Jos latauspylväs pystytetään olemassa olevalle pysäköintialueelle, ei pelkkä pylväs edellytä lupaa, mutta jos latauspisteeseen liittyy mainoslaite (valaistu) ja latauspiste ja mainoslaite muodostavat kokonaisuuden, kokonaisuudelle tulisi hakea toimenpidelupa. (Heikkilä 2014.)

Latausasemia sijoiteltaessa tulee selvittää turvaetäisyydet tapauskohtaisesti. Esimerkiksi huoltoaseman yhteyteen perustettavissa latauspisteissä on selvitettävä turva etäisyydet polttoainetankkeihin ja polttoaineen syöttöpisteisiin.

Yhtenä osana tätä opinnäytetyötä oli perustaa uusi sähköauton pikalatauspiste Oulun Energian toimitalon yhteyteen. Latauspisteestä tehtiin edellä kuvatun mukainen perustamissuunnitelma. Suunnitelma on esitetty liitteessä 3.

5 JULKINEN LATAUSVERKOSTO

Kattava julkinen latausverkosto on ehdoton edellytys sähköisen liikenteen kasvulle Suomessa. Julkinen sähköautojen latausverkosto on niin Suomessa kuin muuallakin Euroopassa vielä varsin puutteellisella tasolla. Tämän johdosta EU komissio onkin tehnyt EU:n parlamentille jäsenvaltiota sitovan esityksen puhtaiden polttoaineiden infrastruktuurin vähimmäistasosta. Esityksessä edellytetään muun muassa, että kaikissa jäsenvaltioissa on oltava tietty vähimmäismäärä sähköautojen julkisia latauspisteitä. Liitteessä 2 on esitetty jäsenmaakohtaiset tavoitteet. (European Commission COM(2013)18 2013.) Tavoitteena on saada aikaan riittävä määrä julkisia latauspisteitä, jotta luodaan edellytyksiä sähköisen liikenteen kasvulle. Esitys tulevaisuudelle direktiiviksi vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta sai lopullisen hyväksynnän EU:n parlamentissa 15.4.2014 (European Commission Lehdistö tiedote - IP/14/440 2014).

Direktiivi-esityksessä annetaan tavoitteet jäsenvaltioiden julkisten latauspisteiden määrälle, joka pitäisi toteutua vuoden 2020 loppuun mennessä. Komission esityksessä esitetään, että Suomessa pitäisi olla 7000 julkista latauspistettä vuonna 2020. EU parlamentti tarkisti kuitenkin jäsenvaltiokohtaisia tavoitteita hieman alaspäin ja Suomen tavoitteeksi jäi 4000 latauspistettä. (European Commission COM(2013)18 2013.)

5.1 Julkinen latausverkosto Suomessa

Suomessa julkisen latausverkoston kehittäminen on vielä alkutekijöissään. Sähköinen Liikenne hankkeen www-sivujen mukaan Suomessa oli syyskuun 2014 lopussa 104 julkista latauspistettä. Tähän suhteutettuna EU:n Suomelle asettamien tavoitteiden saavuttaminen ei tule olemaan helppoa. Jotta julkinen latausverkosto saataisiin Suomessa tavoitteiden mukaiselle tasolle, vaaditaan toimia niin julkiselta kuin yksityiseltäkin sektorilta. (Sähköisen liikenteen www-sivut 2014.)

5.1.1 Julkisen sektorin toimet latausverkoston kehittämiseksi

Tavoitteiden täyttymisen kannalta on välttämätöntä, että valtion ja kuntien päättäjät, niin poliitikot kuin virkamiehetkin sitoutuvat latausverkoston kehittämiseen omalta osaltaan. Yhtenä hyvänä keinona tavoitteiden saavuttamiseen on perustaa kaupunkeihin ja kuntiin ihan oma työryhmä kehittämään sähköistä liikennettä. Työryhmän tehtävänä olisi ensisijaisesti latausverkoston kehittäminen oman kunnan alueella. Toisaalta kattavan latausverkoston saavuttamiseksi tarvitaan varmasti myös kuntien välistä yhteistyötä. Edellä mainitun työryhmän kokoonpano on aina tietysti tapauskohtainen riippuen kunnan tai kaupungin koosta, mutta hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää Vantaan kaupunkia, jossa ko. työryhmän kokoonpano on seuraavanlainen:

- edustaja kaupungin johdosta
- taho, joka hallinnoi katuja esim. rakennusvirasto
- taho, joka hallinnoi liikennesuunnittelua ja kaavoitusta esim. kaupunkisuunnitteluvirasto
- taho, joka valvoo kaupunkikuvaa ja kiinteistöjen rakentamista kaavoitusmääräysten mukaan esim. rakennusvalvonta virasto
- taho, joka vastaa kunnan ympäristöasioista esim. ympäristökeskus
- taho, joka hallinnoi kunnan omia kiinteistöjä esim. kiinteistövirasto
- taho, joka vastaa ajoneuvo- latauslaitteiden hankinnasta esim. kunnan varikko tai hankintaorganisaatio
- taho, joka vastaa kunnan viestinnästä esim. viestintätoimisto
- kaupungin virastot, joissa käytetään ajoneuvoja esim. sosiaali- ja terveystoimisto
- taho, joka edistää yritystoimintaa kaupungissa esim. elinkeinoasiamies
- julkisen liikenteen edustus
- paikallinen energiayhtiö
- paikallinen sähkönjakeluverkon haltija

(Särelä 2013, 3.)

5.1.2 Valtakunnallinen latausoperaattori

Oikeastaan koko Suomen kattavan latausverkoston luomisen lähtölaukauksena voidaan pitää hanketta, jossa 17 Suomalaista energiayhtiötä Oulun Energia mukaan lukien perusti sähköautojen latausoperaattorin (Liikennevirta Oy). Latausoperaattorin tehtävänä

ei ole perustaa uusia latauspisteitä vaan latausoperaattorin tehtävänä on toimia operaattorin koko maan kattava Virtapiste sähköauton latausverkostolle.

Eli kun niin yksityiset kuin julkisetkin tahot perustavat latauspisteitä, nämä latauspisteet ovat mahdollista liittää Virtapiste-latauspisteverkostoon. Latausoperaattori tarjoaa Virtapiste verkostoon liityneiden latauspisteen omistajille tietoliikennejärjestelmän, jonka kautta voidaan hoitaa mm. latauspisteen etähallinta ja laskutus latauspisteen käytöstä. Kaikkien Virtapiste latauspisteiden asiakkaat voivat ladata autonsa kaikissa muissakin latauspisteissä, jotka kuuluvat Virtapiste latausverkostoon. Näin latauspisteiden omistajien potentiaalinen asiakaskunta kasvaa huomattavasti. (Liikennevirta Oy:n www-sivut 2014.)

5.2 Yleissuunnitelma Oulun julkisista latauspisteistä

Yhtenä osana tätä opinnäytetyötä tehtiin yleissuunnitelma Oulun kaupungin alueelle tulevista julkisista sähköautojen latauspisteistä. Oulun kaupungin alueella toimii useita verkkoyhtiöitä, mutta suunnitelmassa olevat latauspisteet ovat pääosin Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n jakeluverkkoalueella. Yleissuunnitelma on ehdotus tulevien latauspisteiden sijainneista ja määrästä.

Latauspisteiden määrä

Yleissuunnitelmassa lähtökohtana julkisten latauspisteiden määrästä Oulun Kaupungin alueella on olla osaltaan täyttämässä EU:n asettamia tavoitteita julkisten latauspisteiden määrästä EU:n alueella vuonna 2020. EU:n tavoitteiden mukaan Suomessa tulisi siis olla 4000 julkista latauspistettä vuoden 2020 loppuun mennessä. Tilastokeskuksen tekemän väestöennusteen mukaan Suomen väkiluku vuonna 2020 on 5 631 017 ja Oulun väkiluku on samana vuonna 208 448, joka on 3,7 % koko maan väestöstä (Tilastokeskus 2014a). Tästä laskemalla saadaan, että Oulussa pitäisi olla suoraan väkilukuun suhteutettuna 148 julkista latauspistettä vuoden 2020 loppuun mennessä.

Yleissuunnitelmassa jaottelu latauspisteiden määrästä alueittain tehtiin Oulun kaupungin suuralueittain. Määrä suhteutettiin näiden alueiden väkilukuun (taulukko 6). Latauspisteiden sijoittelua suunniteltaessa määrää on painotettu alueille, joihin ihmiset liikkuvat autoilla, kuten esimerkiksi keskustan alue.

Taulukko 6. Latauspisteiden määrä suuralueittain suhteutettuna asukaslukuun (Oulun kaupungin tilastollinen vuosikirja 2012, 2013. 24).

Suuralue	Asukasluku (hlö)	Asukasluku (%)	Latauspisteet (kpl)
KESKUSTA	19 790	10,37	15
HÖYHTYÄ	8 910	4,67	7
OULUNSUU	7 989	4,19	6
KAUKOVAINIO	6 636	3,48	5
NUOTTASAARI	918	0,48	1
KAAKKURI	13 608	7,13	11
MAIKKULA	9 045	4,74	7
TUIRA	8 898	4,66	7
PUOLIVÄLINKANGAS	7 387	3,87	6
KOSKELA	10 574	5,54	8
PATENIEMI	12 612	6,61	10
KAIJONHARJU	16 545	8,67	13
MYLLYOJA	10 195	5,34	8
SANGINSUU	622	0,33	0
KORVENSUORA	6 801	3,56	5
YLIKIIMINKI	3 582	1,88	3
HIUKKAVAARA	1 535	0,80	1
HAUKIPUDAS	12 787	6,70	10
KELLO	6 242	3,27	5
KIIMINKI	8 168	4,28	6
JÄÄLI	5 094	2,67	4
OULUNSALO	9 833	5,15	8
YLI-II	2 144	1,12	2
Ei tietoa	932	0,49	1
Koko Oulun väestö:	190 847	Kaikki lataus pisteet:	148

Latauspisteiden sijainnit

Julkisten latauspisteiden sijoitteluun vaikuttaa missä ja mihin sähköautoilla ajetaan. Sähköautoilla ajetaan pääasiassa taajamissa, koska niiden toimintamatka on vielä varsin rajallinen. Sähköauton käyttäjät lataavat autonsa yleensä kotona yö aikaan. Tämä tarkoittaa sitä, että julkisia latauspisteitä kannattaa sijoittaa paikkoihin jonne ihmiset enimmäkseen kulkevat kotoaan autoilla. Suurinosa ajoista suuntautuu johonkin asiointipaikkaan. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi kaupat, virastot, terveyskeskukset ja harrastuspaikat. Hyviä paikkoja latauspisteille ovat myös sairaaloiden, terveysasemien, uimahallien, kirjastojen, koulujen, kauppojen ja urheilupaikkojen parkkipaikat sekä liityntäpysäköintialueet. Toinen lähtökohta on työpaikkaliikenne, jolloin latauspisteitä kannattaa sijoittaa työpaikka keskittymien läheisyyteen. Suunnitelmassa latauspisteiden määrää on painotettu aluille, joihin ihmiset liikkuvat autoilla, kuten esimerkiksi keskustanalue. Yleissuunnitelman latauspisteiden tarkemmat sijainnit ovat luottamuksellista tietoa eikä niitä näin ollen voida julkaista tässä työssä.

6 SÄHKÖAUTON LATAUKSEN VERKKOVAIKUTUKSET

Sähköautojen yleistyessä on alettava enenevissä määrin kiinnittämään huomiota myös siihen, minkälaisia vaikutuksia latauksella on sähkönjakeluverkkoon. Arvioitavana on, että kun sähköautot todella alkavat yleistyä, kestääkö nykyinen jakeluverkko lisääntyvän energia- ja tehotarpeen. Toisena tarkastelun kohteena tässä työssä on pikalatauksen vaikutukset kiinteistön sähköverkon sähkön laatuun.

6.1 Energiämäärän tarve

Sähköautojen latauksesta aiheutuvaan energiämäärän tarpeen kasvua voidaan arvioida, kun otetaan huomioon ladattavien sähköautojen määrän kasvu ja niillä ajettavat kilometrit. Luvussa 2.3.1 on esitetty eri skenaariot sähköautokannan kasvulle. Tämänhetkisten näkymien mukaan kehitys tulee olemaan korkeintaan perusskenaariossa esitetyn luokkaa. Perusskenaarion mukaan Suomessa liikennekäytössä olevista henkilöautoista ladattavia sähköautoja vuonna 2020 olisi 3,5 % ja vuonna 2030 niitä olisi 26 %. Kun liikennekäytössä oli 2 650 855 henkilöautoa 31.8.2014 (Trafii) olisi tähän suhteutettuna kapale määräisesti ladattavia sähköautoja vuonna 2020 n. 93 000 ja vuonna 2030 niitä olisi n. 690 000.

Henkilöauton keskimääräiset ajokilometrit vuonna 2012 olivat 17 661 km/v (Liikennevirasto 2012, 45). Sähkön kokonaiskulutus oli vuoden 2013 aikana 84 TWh (Tilastokeskus 2014b). Jos edellä mainitut vuotuiset kilometrit ajetaan sähköautolla ja kun sähköauton keskikulutus on 0,2 kWh/km, on vuosikulutus keskimäärin n. 3532 kWh autoa kohden. Näin ollen vuonna 2020 ladattavat sähköautot kuluttaisivat sähköä n. 0,33 TWh, joka on n. 0,4 % vuoden 2013 sähkön kokonaiskulutuksesta ja vuonna 2030 kulutus olisi n. 4,4 TWh, joka on n. 2,9 % vuoden 2013 sähkön kokonaiskulutuksesta. Edellä mainittu sähköautojen lataukseen tarvittava energia määrä tarkoittaa, että sähkön kokonaiskulutuksen kasvu ei ole kovinkaan suurta vaikka jopa 26 % ajoneuvokannasta olisikin ladattavia sähköautoja, eikä sillä olisi kokonaisenergiämäärän kannalta kovin suurta merkitystä. Jos oletetaan, että kaikki liikennekäytössä olevat henkilöautot olisivat sähköautoja, lisäisi se kulutusta n. 9,4 TWh ja olisi jo n. 11 % sähkön kokonaiskulutuksesta, mikä olisi jo aika merkittävä lisäys eli noin yhden ydinvoimalan verran. Esimerkiksi Olkiluoto 1 ja 2 tuottavat kumpainenkin n. 14 TWh vuodessa.

6.2 Tehotarve

Sähköautojen lisääntyessä latauksen aiheuttama tehotarve voi muodostua haasteeksi nykyiselle sähköverkolle. Tällä hetkellä, kun sähköautojen toiminta matka on vielä suhteellisen lyhyt ja yksittäiset ajomatkat ovat vielä lyhyitä, niin sähköautot ladataan pääasiallisesti kotona tai työpaikalla ns. hidasta latausta käyttäen. Tulevaisuudessa on odotettavissa, että sähköautojen toimintamatka kasvaa huomattavasti ja julkinen latausverkosto paranee. Tämä johtaa siihen, että sähköautoilla tehtävät ajomatkat kasvavat ja pikalatauksen tarve kasvaa huomattavasti.

Hidasta latausta käyttäessä sähköverkon olemassa olevat rakenteet riittänevät vielä pitkäänkin. Tässäkin tapauksessa ongelmaksi voi tulla autojen yhtäaikainen lataus. Tämä tilanne on edessä, kun sähköautoja on riittävästi. Sähköautot ovat yleensä aina latauksessa kun ne ovat parkkeerattuna. Näin ollen kun ihmisten tulevat töistä kotiin pääasiassa samaan aikaan ja laittavat autonsa lataukseen välittömästi kotiin tultaessa kasvaa latausten tehotarve jakelumuuntajilla merkittävästi. Tämän ongelman ratkaisuksi on esitetty älykästä latauksen hallintaa. Sen avulla voidaan ajoittaa lataustapahtumat perustuen sähköverkon tilanteeseen. Sähköverkkojen kannalta optimaalinen latauksen ajoittaminen ei ole aina käyttäjän kannalta optimaalinen, mutta oikein toteutettu ohjaus mahdollistaa yhteisen edun löytymisen. Älykkään ohjauksen tulee olla käyttäjälle näkymätön ja sen on tuotettava etua molemmiin puolin. Latauksen ohjausjärjestelmän kehittäminen on lähitulevaisuuden haaste niin latauslogiikan kuin -tekniikankin osalta. (Markkula 2012, 22.)

Pikalatauksen yleistyessä myös sähköautojen latauksen aiheuttamat vaatimukset jakeluverkolle kasvavat. Pikalataus voi aiheuttaa sähköverkolle ongelmia muuntajien ja kaapeleiden kapasiteettien suhteen. Jakelumuuntajissa on kyllä yleensä sen verran reserviä, että niiden vaikutusalueelle voidaan vähintään yksi pikalatausasema sijoittaa. Tulevaisuudessa tullaan kuitenkin näkemään sähköauton pikalatauspisteitä, joissa on useita pikalatausasemia. Pikalatausasemat lataavat tyypillisesti 50 kW:n teholla, joten jo muutamien latausaseman latauspiste tulee käytännössä tarvitsemaan oman jakelumuuntajan. Pikalatauspisteiden sijoittelu on tutkittava aina erikseen perustuen jakelumuuntajien kapasiteetin käyttöasteeseen, pienjänniteverkon kaapeleiden tehonkestoon ja keskijänniteverkon tilaan (Markkula 2012, 21).

6.3 Vaikutus sähkön laatuun

Jakelujännitteen laatu on tärkein sähkön laatua kuvaava tekijä. Sähköauton lataamisella on vaikutusta sähkönlaatuun. Latauksen seurauksena verkossa voi esiintyä esimerkiksi jännitteenalenemaa, yliaaltoja, jännitteen epäsymmetriaa ja välkyntää. Standardi SFS-EN 50160 käsittelee jakelujännitteen ominaisuuksia ja laatutekijöitä. Standardi määrittelee seuraavat jakelujännitteen ominaisuudet:

- taajuus
- suuruus
- aaltomuoto
- kolmivaiheisen jännitteen symmetrisuus

(SFS-EN 50160 2010, 4.)

Suomessa verkkojännitteen taajuus on 50 Hz. Normaaleissa käyttöolosuhteissa taajuuden tulee olla yhteiskäyttöverkoissa $50 \text{ Hz} \pm 1 \%$ (49,5 Hz – 50,5 Hz) 99,5 % vuodesta ja $50 \text{ Hz} +4 \%$ / -6% (47 Hz – 52 Hz) 100 % ajasta (SFS-EN 50160 2010, 4).

Standardin mukainen nimellisjännite yleiselle pienjännitteelle on 230 V vaiheen ja nollan väliltä mitattuna. Normaaleissa käyttöolosuhteissa pois lukien vikatapaukset ja keskeytykset jokaisen viikon aikana 95 % jakelujännitteen tehollisarvojen 10 minuuttien keskiarvoista tulee olla välillä $U_n \pm 10 \%$ (253 V – 207 V). Kaikkien jakelujännitteen tehollisarvojen 10 minuutin keskiarvojen tulee olla välillä $U_n +10 \%$ - (-15) % (253 V – 195,5 V). (SFS-EN 50160 2010.)

Jännitteen tason muutoksia kuvaillaan hitailla ja nopeilla vaihteluilla. Hitailla vaihteluilla tarkoitetaan jännitteen tehollisarvon nousemista tai laskemista esimerkiksi kokonaiskuormituksen muutoksen vuoksi. Kun sähköauto ladataan, laturin verkosta ottama virta saa aikaan jännitteenalenemaa eri verkkokomponenttien yli. Nopealla jännitteenmuutoksella tarkoitetaan jännitteen tehollisarvon nopeaa muutosta tasolta toiselle alle tai korkeintaan 10% U_n . Kuitenkin nopea jännitteenmuutos ei yleisesti ylitä arvoa 5% nimellisjännitteestä. Nopeat jännitteenmuutokset aiheutuvat pääosin sähkökäyttäjän verkossa tapahtuvista kuormitusmuutoksista. Toistuvat nopeat jännitemuutokset aiheuttavat valonlähteen kirkkauden hetkellisiä vaihteluita, mikä voi johtaa välkyntäksi sanottavaan näköaistimukseen. (Alanen & Hätönen 2006.) Välkyntänsärsyttävyyttä standar-

dissa mitataan UIE IEC välkyynnän mittaussuunnitelmällä. Mittausmenetelmä tuntee kaksi häiritsevyyssuunnitelmää lyhytaikaisen ja pitkäaikaisen häiritsevyyssuunnitelmien. Lyhytaikainen häiritsevyyssuunnitelma (P_{st}) mitataan kymmenen minuutin aikaväliltä. Pitkäaikainen häiritsevyyssuunnitelma (P_{lt}) lasketaan 12 kahden tunnin aikaväliltä saaduista P_{st} arvoista seuraavan yhtälön mukaan:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}}$$

Standardi määrittelee rajan välkyynnälle pitkäaikaisen häiritsevyyssuunnitelmien avulla. Pitkäaikaisen häiritsevyyssuunnitelmien tulisi olla $P_{lt} \leq 1,95$ % ajasta minkä tahansa viikon aikana. Toisaalta standardissa todetaan, että reagoiminen välkyntään on yksilöllistä ja voi vaihdella välkyynnän aiheuttajan ja keston mukaan. Joissakin tapauksissa arvolla $P_{lt} = 1$ toiset aistivat välkyynnän ärsyttäväksi kun taas toisissa tapauksissa suuremmilla P_{lt} tasoilla ei ole havaittu haittavaikutuksia (Pikkarainen 2009, 13).

Puhdas jakelujännite on 50 Hz taajuista siniaaltoa. Jännitteen aaltomuotoon vaikuttavat siihen kohdistuvat yliaallot. Harmonisilla yliaalloilla tarkoitetaan jännitteen tai virran perustaajuuden kokonaisluvullisia kerrannaisia, jotka summautuvat verkkotaajuuden päälle. Verkossa voi esiintyä myös epäharmonisia, joita eivät ole perustaajuuden kerrannaisia. Jännitteen tai virran yliaaltosisältöä voidaan arvioida kokonaissärökertoimella THD (Total Harmonic Distortion). Standardissa harmonisien yliaaltojännitteiden kymmenen minuutin keskimääräisille tehollisarvoille on asetettu rajat. Lisäksi THD arvon tulee olla kaikkien yliaaltojen osalta enintään 8 %. (Tupala, J-P 2010.)

Yksivaiheiset kuormat tuottavat eniten kolmatta yliaaltoa ja kolmivaiheiset kuormat muita yliaaltoja. Harmonisia yliaaltoja aiheuttavat muun muassa verkkoon kytketyt epälineaariset kuormat, joiden ottama virta ei ole sinimuotoista. Sähköauton latauksessa harmonisia yliaaltoja tuottavat lataamiseen käytetyt laturit. Yliaaltojännitteet aiheuttavat muun muassa verkkohäviöiden kasvua, muuntajien ja nollajohtimen ylikuormittumista. (Tupala, J-P 2010.)

Jännite-epäsymmetria tarkoittaa kolmivaihejärjestelmässä tilannetta, jossa vaihejännitteiden tehollisarvot tai niiden väliset kulmat eivät ole yhtä suuret. Epäsymmetrian mitta-

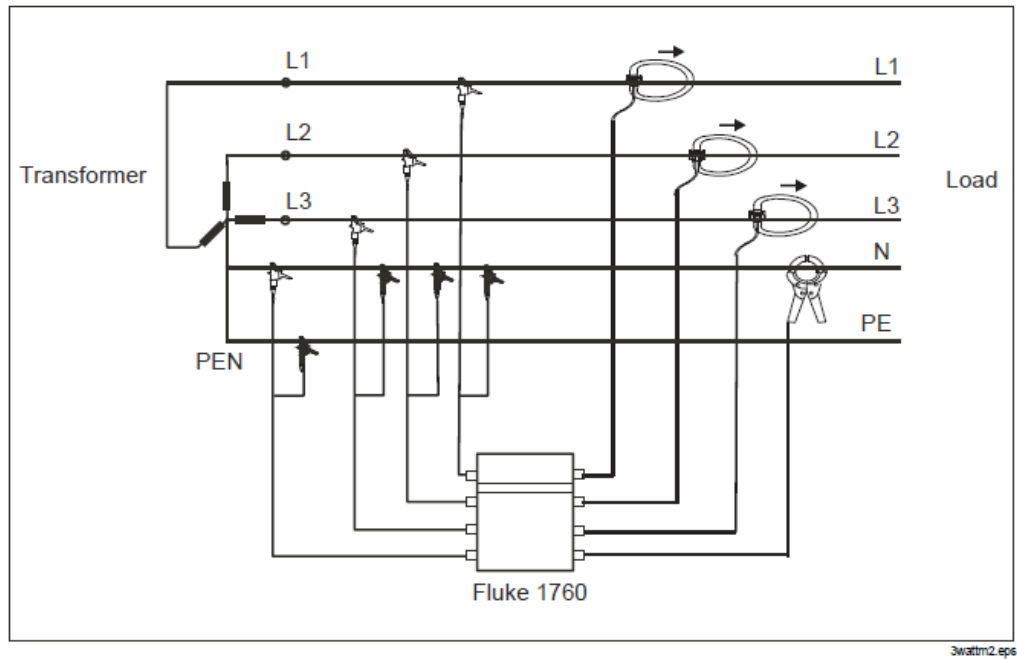
rina käytetään yleensä epäsymmetriakerrointa, joka on vastakomponentin tai nollakomponentin suhde myötäkomponenttiin. SFS-EN 50160 -standardin mukaan normaaleissa olosuhteissa viikon tarkastelujaksolla 95 % jakelujännitteen vastakomponentin tehollisarvon kymmenen minuutin keskiarvoista tulee olla välillä 0 - 2 % myötäkomponentista. Jännite-epäsymmetria aiheutuu kolmivaihejärjestelmässä muun muassa epätasaisesti vaiheiden välille jaetuista yksivaiheisista kuormista. (Alahäivälä 2012.)

Sähköauton hidas yksivaiheinen lataus tulee luultavasti olemaan yleisin lataustapa. Eri rakennuksissa lataamiseen käytetyt pistokkeet saattavat olla kytkettyjä samaan vaiheeseen, mikä aiheuttaa jokin vaiheen enemmän kuormittumista. Toisaalta satunnaisen kytkennän takia kuormituserot vaiheiden välillä saattavat pienentyä. Epäsymmetrisyys voi esimerkiksi aiheuttaa lisähäviöitä verkossa. (Alahäivälä 2012.)

6.4 Sähkönlaatu mittaukset

Osana tätä työtä tutkittiin, minkälaisia vaikutuksia Oulun Energian toimitalon kiinteistön sähköverkon sähkönlaatuun aiheutuu, kun kiinteistön pääkeskuksesta syötön saavasta pikalatausasemasta ladataan sähköautoa. Ennakkoarviona oli, että vaikutukset ovat hyvin vähäiset koska toimitaan niin vahvan verkon alueella ja ladataan vain yhtä autoa kerrallaan. Latausasemaa syötetään suoraan muuntamon pj-keskukselta eikä syöttökaapeli ei ole kovin pitkä.

Mittaukset aloitettiin kytkemällä sähkönlaatumittari tallennukselle kiinteistön pääkeskukseen. Mittauksessa haluttiin tallentaa virta- ja jännitetiedot kolmivaiheisesti, jolloin kytkentä tehtiin kuvion 3 mukaisesti.



Kuvio 3. Sähkön laatumittarin kytkentäkuva (Fluke 2006, 3-10).

Mittaukset suoritettiin kolmivaiheisella sähkönlaatumittarilla Fluke 1760 (Kuva 11). Mittari on täysin IEC 61000-4-30 luokka A -yhteensopiva ja tarkoitettu vaativaan sähkönlaadun analysointiin ja yhdenmukaisuustestaukseen. Laite on suunniteltu teollisuuden sähkönjakelujärjestelmien pien- ja keskijänniteverkkojen analysointiin, ja sen raja-arvot, algoritmit ja mittaasetukset voidaan mukauttaa halutuiksi. (Fluke Corporation [www-sivut](http://www.fluke.com) 2014.)



Kuva 10. Sähkönlaatumittari Fluke 1760 (Fluke Corporation [www-sivut](http://www.fluke.com) 2014).

6.4.1 Mittaustulokset

Standardin EN50160 mukainen raportti mittaustuloksista on liitteessä 5. Seuraavassa käydään läpi keskeiset mittaustulokset.

Standardi määrittelee, että jännitteen taajuuden on oltava 49,5 Hz – 50,5 Hz 99,5 % ajasta vuodessa ja 47 Hz – 52 Hz 100 % ajasta vuodessa. Mittaus tuloksista näemme, että taajuus (frequency) on pysynyt mittausten ajan selkeästi sallituissa rajoissa eli 99,5 % toleranssin arvot ovat olleet välillä 49.873 - 50.124 Hz ja 100 % toleranssin arvot ovat olleet 49.776 - 50.221 Hz. Sähköauton latauksella ei ole ollut mainittavaa merkitystä kiinteistön sähköverkon taajuuteen.

Standardi antaa välkyntä häiritsevyysindeksille raja-arvon. Normaaleissa käyttöolosuhteissa, minkä tahansa viikon pituisen mittausjakson aikana jännitevaihtelun aiheuttaman välkyntä pitkäaikaisen häiritsevyysindeksin tulisi olla 95 % ajasta $Plt \leq 1$. Mittaustuloksista nähdään, että välkyntä (flicker) arvot ovat reilusti alle vaaditun eli maksimiarvo on ollut 0,31. Sähköauton lataus ei ole aiheuttanut merkittävästi välkyntää kiinteistön sähköverkossa.

Standardi määrittää, että hitaissa jännitteen vaihteluissa vähintään 95 % mitatuista arvoista viikon aikana mitattuna on oltava $U_n +10\% - (-15)\%$ (253 V – 195,5 V) vaihteluvälillä rajoissa ja 100 % mitatuista arvoista viikon aikana mitattuna on oltava vaihteluvälillä rajoissa $U_n \pm 10\%$ (253 V – 207 V). Mittaustuloksista nähdään, että jännitevaihtelut (Slow voltage variations) ovat pysyneet mittausten ajan selkeästi määriteltyjen rajojen sisäpuolella. Jännitteen maksimiarvo 95 % toleranssi alueella on ollut 234,96 V ja jännitteen maksimiarvo 100 % toleranssi alueella on ollut 235,78 V. Jännitteen minimiarvo 95 % toleranssi alueella on ollut: 228,35 V ja jännitteen minimiarvo 100 % toleranssi alueella on ollut 227,45 V. Sähköauton lataus ei ole aiheuttanut ainakaan merkittäviä jännitevaihteluita kiinteistön sähköverkossa.

Standardi on määritelty harmonisien yliaaltojännitteiden kymmenen minuutin keskimääräisille tehollisarvoille rajat. Lisäksi THD-arvon tulee olla kaikkien yliaaltojen osalta enintään 8 %. Mitatuista arvoista vähintään 95% viikon aikana mitattuna tulee olla toleranssin sisällä. Mittausraportista nähdään, että kaikki mitatut yliaalto arvot sekä THD-arvo ovat selvästi standardin määritelmän toleranssin sisällä. Maksimi THD-arvo

on mittausten aikana ollut 2,14 %, joten lataus ei ole aiheuttanut ainakaan merkittäviä yliaaltoja kiinteistön sähköverkkoon.

Standardin mukaan viikon tarkastelujaksolla 95 % jakelujännitteen vastakomponentin tehollisarvon kymmenen minuutin keskiarvoista tulee olla välillä 0 - 2 % myötäkomponentista. Mittaustuloksista nähdään, että epäsymmetrisyysarvot (unbalance) ovat selkeästi sallitun toleranssin sisällä. Maksimiero mittausten aikana on ollut 0,29 %, joten sähköautonlataus ei ole aiheuttanut ainakaan merkittävää epäsymmetrisyyttä kiinteistön sähköverkkoon.

7 POHDINTA

Sähköautojen latauspisteet oli mielenkiintoinen ja ajankohtainen aihe opinnäytetyölle. Näyttää, että sähköautot alkavat pikkuhiljaa yleistymään Suomenkin liikenteessä ja tarve julkiselle latauspisteverkostolle alkaa olla ajankohtainen. Sitä, kuinka nopeasti sähköautot lisääntyvät, on vaikea arvioida. Tällä hetkellä kasvu on vielä maltillista, mutta jos esimerkiksi verotusta muutetaan ja muita kannustimia lisätään siten, ettei sähköauton hankintahinta olisi enää merkittävästi kalliimpaa kuin vastaavan polttomoottoriauton, saattaa määrän kasvu olla todella nopeakin, kuten Norjan esimerkki osoittaa.

Yhtenä ongelmana latauspisteitä suunniteltaessa on eri autonvalmistajien käyttämät erilaiset latauspistokkeet. Latauspistokkeiden standardointi on pahasti myöhästynyt ja se on vasta nyt valmistumassa. Puuttuvien standardien myötä markkinoille on tullut useita erilaisia latauspistokkeita. EU on määritellyt omalla alueellaan oleville latauspisteille standardipistokkeet, mutta nähtäväksi jää, ottavatko esimerkiksi japanilaiset auton valmistajat nämä käyttöönsä niihin autoihin, jotka ne tulevat tuomaan EU:n markkinoille.

Osana tätä opinnäytetyötä perustettiin Oulun Energialle uusi sähköautojen pikalatauspiste. Latauspisteeseen tullut pikalatausasema tilattiin ranskalaiselta laitevalmistajalta ja laitteiston toimitus myöhästyi lähes puolivuotta. Sillä oli joitain vaikutuksia työn tekemiseen. Myös latausoperaattorin järjestelmien keskeneräisyydellä oli vaikutuksia, siihen mitä ominaisuuksia latauspisteestä voitiin ottaa käyttöön ja testata. Latauspiste saatiin toimintaan ja liitettyä latausoperaattorin järjestelmään sekä osittain testattuakin, mutta esimerkiksi latauksesta laskuttamista ei ehditty testata ollenkaan ja sen testaaminen ja käyttöönotto jäi tämän työn ulkopuolelle.

Julkisten latauspisteiden määrän osalta EU on asettanut todella kunnianhimoiset jäsenvaltiokohtaiset tavoitteet vuoden 2020 lopun tilanteelle. Jos tähän tavoitteeseen halutaan päästä, tarvitaan toimia kaikilta asiaan liittyviltä osapuolilta. Niin valtion, kuntien kuin yksityisen sektorinkin on lähdettävä omilla toimillaan edesauttamaan latauspisteverkoston kehittymistä. Kuntiin tarvitaan sähköisen liikenteen työryhmät edistämään asiaa.

Sähköauton latauksen verkkovaikutuksia on vaikea arvioida tässä vaiheessa, kun sähköautoja on vielä niin vähän. Tällä hetkellä lataukset ovat yksittäisiä ja niiden vaikutus jakeluverkon eri osa-alueisiin on vähäistä. Siinä vaiheessa, kun sähköautot todella yleis-

tyvät ja tulee pikalatauspisteitä, joissa on useita pikalatureita, niin verkkovaikutuksia on odotettavissa. Jo muutama samanaikainen 50 kW:n pikalataus aiheuttaa sellaisen hetkellisen tehotarpeen, että sillä voi olla merkitystä jakelumuuntajiin ja jakeluverkon kaapeleihin. Tämän tyyppisille pikalatauspisteille onkin syytä harkita omaa jakelumuuntajaa. Myös vaikutukset sähkönlaatuun varmasti moninkertaistuvat tilanteessa, jossa ladataan useita sähköautoja yhtä aikaa.

Tätä opinnäytetyötä tehdessä on käynyt selväksi, että sähköinen liikenne tulee suurella todennäköisyydellä olemaan merkittävässä roolissa, kun haetaan ratkaisuja liikenteen aiheuttamien päästöjen vähentämiseksi ja myös, kun etsitään vaihtoehtoja fossiilisia polttoaineita käyttäville ajoneuvoille. Jos tavoitteeksi asetetaan sähköisen liikenteen merkittävä lisääntyminen, on töitä vielä paljon edessä. Kehitystä täytyy tapahtua niin teknisellä puolella kuin politiikan sarallakin, jotta sähköautosta saadaan kilpailukykyinen vaihtoehto polttomoottoriautolle. Sähköauton hinta tulee olemaan ratkaiseva tekijä, sähköautojen yleistymisen kannalta.

LÄHTEET

- Alahäivälä, A. 2012. Sähköautojen lataaminen ja sen vaikutus kaupunkialueen jakelumuuntajiin. Aalto-yliopisto sähkötekniikan korkeakoulu, Espoo. Diplomityö.
- Alanen, R & Hätönen, H. 2006. Sähkön laadun ja jakelun luotettavuuden hallinta State of art -selvitys. VTT, Espoo.
- Autoliitto www-sivut. 2014. Käyttövoimalaskuri. Viitattu 28.4.2014.
<http://www.autoliitto.fi/tietopankki/autoilun-kustannukset/laskurit/kayttovoimalaskuri/>
- Automerkit.fi www-sivut. 2013. Viitattu 30.4.2014.
<http://www.automerkit.fi/uutiset/go-green/artikkelit/naein-toimii-tulevaisuuden-saehkoeauto-ja-tie.html>
- Autoverolaki L 1994/1482, § 6.
- Bosch, R. 2002. Auto-teknillinen taskukirja 6. painos. Robert Bosch GmbH
- CHAdEMO www-sivut. 2014. Viitattu 10.3.2014.
http://chademo.com/00_main.html
- D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2013. Sähkö- ja teleurakoitsija liitto STUL ry. Espoo.
- Elcat-sähköautot www-sivut. 2014. Viitattu 1.4.2014.
<http://www.elcat.fi/cityvan.php>
- Electropaedia www-sivut. 2014. Viitattu 12.4.2014.
<http://www.mpoweruk.com/infrastructure.htm>
- Emercedes www-sivut. 2014. Viitattu 12.2.2014.
<http://www.emercedesbenz.com/autos/mercedes-benz/concept-vehicles/global-automakers-agree-on-universal-charging-system/attachment/dc-fast-charging-ev-2/>
- European Commission COM(2013)18. 2013. Proposal for a directive of the European parliament and of the council on the deployment of alternative fuels infrastructure.
- European Commission IP/14/440. 2014. Viitattu 16.4.2013.
http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-440_en.htm
- Fluke Corporation www-sivut. 2014. Viitattu 20.5.2014.
<http://www.fluke.com/fluke/fifi/S%C3%A4hk%C3%B6nlaatu%C3%B6kalut/Kolmi vaiheinen/Fluke-1760.htm?PID=56031>
- Fluke. 2006. 1760 Power Quality Recorder Users Manual. Fluke Corporation U.S.A.
- Heikkilä, J. 2014. Rakennuslupa asiat sähköautonlatauspisteelle.
Email pasi.s.karppinen@oulunenergia.fi 14.5.2014.

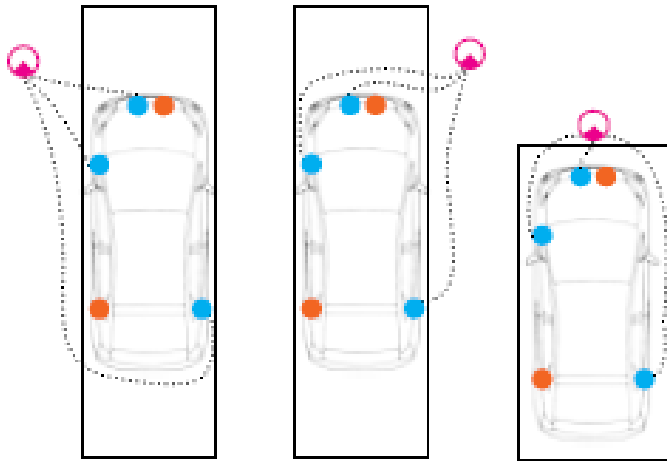
- Hietalahti, L. 2011. Sähkökäyttö ja hybriditekniikka. Tampere: Tammertekniikka.
- IEC 61851-1. 2010. Electric vehicle conductive charging system – Part 1: General requirements.
- IEC 62196-2 ed2. 2012. Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories
- IEC 62196-3. 2014. Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for d.c. and a.c./d.c. pin and contact-tube vehicle couplers
- Liikennevirasto. 2012. Henkilöliikennetutkimus.
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lr_2012_henkiloliikennetutkimus_web.pdf
- Liikennevirta Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 20.5.2014.
<http://www.virta.fi>
- Markkula, J. 2012. Sähköautojen latauspalvelut ja latausliiketoiminta. Tampereen teknillinen yliopisto. Tieto- ja sähkötekniikan tiedekunta. Diplomityö.
- Mitsubishi Motors Finland www-sivut. 2014. Viitattu 21.3.2014.
<http://www.mitsubishi.fi>
- Mukai, A. 2013. Sekisui Chemical Jumps to Record on Battery Report: Tokyo Mover. Viitattu 19.3.2014.
<http://www.bloomberg.com/news/2013-12-03/sekisui-chemical-jumps-to-record-on-battery-report-tokyo-mover.html>
- Mäntsälän sähkö Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 17.11.2014.
http://www.msoy.fi/yksityisasiakkaat/energiatehokkuus/sahkoautoilu/fi_FI/sahkoauton_suosio/
- New Energy Finance www-sivut. 2012. Viitattu 20.4.2014.
<http://www.newenergyfinance.com/PressReleases/view/210>
- Nissan Suomi www-sivut. 2014. Viitattu 21.3.2014.
<http://www.nissan.fi/>
- Pikkarainen, M. 2009. Muuttuneista kuormituksista aiheutuvat sähkön laadun ongelmat sekä niiden arviointi ja mittaaminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Tieto- ja sähkötekniikan tiedekunta. Diplomityö.
- Plug IT:n www-sivut. 2014. Viitattu 20.5.2014.
<http://kauppa.plugit.fi/>
- SFS 6000-5-52. 2012. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

- SFS 6000-8-813. 2013. Täydentävät vaatimukset. Pistokytkimien valinta ja asentaminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN 50160. 2010. Yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
- Sähköautot - Nyt! www-sivut. 2011. Sähköautojen historia. Viitattu 6.3.2014.
<http://www.sahkoautot.fi/wiki/historia>
- Sähköajoneuvot Suomessa – Selvitys. 2009. Biomeri Oy. Viitattu 17.3.2014.
http://www.tem.fi/files/24099/Sahkoajoneuvot_Suomessa-selvitys.pdf
- Sähköisen liikenteen www-sivut. 2014. Viitattu 1.4.2014.
<http://sahkoinenliikenne.fi/>
- Särelä, R. 2013. Edelläkävijäkaupunkien parhaita kokemuksia ja oppeja latausverkoston yleissuunnitelman tekemisestä.
- Tikkanen, S. & Örnberg, S. 2013. The development of Finnish electric mobility. Helsinki: Aalto yliopisto.
- Tilastokeskus 2014a, Väestöennuste. Viitattu 14.5.2014.
http://193.166.171.75/database/StatFin/vrm/vaenn/vaenn_fi.asp
- Tilastokeskus 2014b, Sähkön hankinta ja kokonaiskulutus. Viitattu 1.9.2014.
http://193.166.171.75/database/statfin/ene/ehk/ehk_fi.asp
- Trafi:n www-sivut. 2013. Viitattu 10.3.2014.
<http://www.trafi.fi>
- Tupala, J-P. 2010. Standardiin pohjautuva sähköverkon laadun mittaaminen. Turun Ammattikorkeakoulu, Turku. Opinnäytetyö.
- Who Killed the Electric Car. 2006. Dokumenttielokuva. Ohjaus: Chris Paine. Tuotanto: Jessie Deeter, Sony Pictures Classics.
- Yurdakul, Ü. 2013. Sähköautojen latausverkon yleissuunnittelu. Aalto Yliopisto. Sähkötekniikan korkeakoulu, Espoo. Diplomityö.

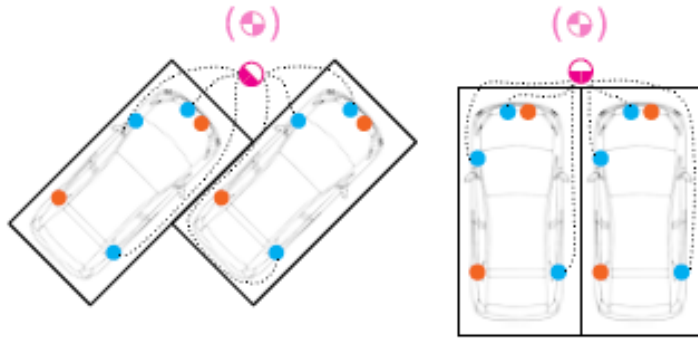
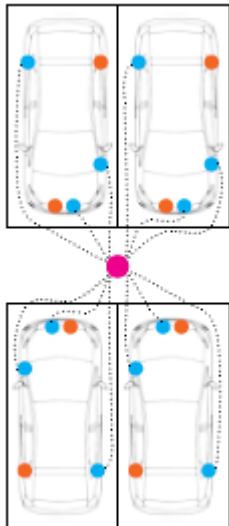
LIITTEET

- Liite 1. Suositellut latausasemien sijainnit suhteessa parkkiruutuun
- Liite 2. Euroopan Unionin asettamat tavoitteet jäsenmailleen julkisten latauspisteiden määrästä vuonna 2020
- Liite 3. Oulun Energialle perustetun pikalatauspisteen perustamissuunnitelma
- Liite 4. Sähkönlaatumittausten mittausraportti

Liite 1 1(2)

Suosittelut latausasemien sijainnit suhteessa parkkiruutuun**Yhden auton lataus mahdollisuus****Kahden auton yhtäaikainen lataus, autot vastakkain**

LIITE 1 2(2)

Kahden auton yhtäaikainen lataus, autot rinnakkain**Neljän auton yhtäaikainen lataus**

LIITE 2

Euroopan Unionin asettamat tavoitteet jäsenmailleen julkisten latauspisteiden määrästä vuonna 2020

<u>Jäsenvaltio</u>	<u>Julkisten latauspisteiden lukumäärä (tuhatta)</u>
BE	12
BG	4
CZ	7
DK	3
DE	86
EE	1
IE	1
EL	7
ES	47
FR	55
IT	72
CY	1
LV	1
LT	2
LU	1
HU	4
MT	1
NL	18
AT	7
PL	26
PT	7
RO	6
SI	1
SK	2
FI	4
SE	8
UK	70
HR	2

LIITE 3 1(7)

Oulun Energialle perustetun pikalatauspisteen perustamissuunnitelma

Latauspisteen käyttö

Latauspiste tulee julkiseen käyttöön palvelemaan alueen sähköautoilijoita.

Lataustapa

Lataustavaksi valittiin pikalataus.

Latauksesta perittävät kustannukset

Latauspiste tulee osaksi valtakunnallista Virta-piste latausverkostoa. Latausasemasta lataus on pilotointivaiheessa ilmaista, jonka jälkeen lataus muuttuu maksulliseksi.

Latauspistoketyypin valinta

Latauspistokkeiksi valittiin direktiivin vaatimusten mukaisesti CCS2 ja sen rinnalle CHAdeMO, jotta voidaan palvella mahdollisimman kattavasti sähköautoilijoita.

Latausaseman valinta

Edellisten tietojen perusteella päätettiin valita julkiseen käyttöön soveltuva pikalatausasema, joka sisältää käyttäjän tunnistuksen ja sitä kautta laskutusmahdollisuuden. Latauspistokkeiksi valitaan CCS2 ja CHAdeMO, jotta latausasemalla voidaan ladata lähes kaikkia tällä hetkellä markkinoilla olevia pikalataus ominaisuuden sisältäviä sähköautoja. Latausasema hankitaan yhteistyössä muiden Liikennevirta Oy:n osakkaiden kanssa ja latausasemaksi on valittu ranskalaisen DBT-CEV:n valmistama Dual DC – asema. Latausasemassa GSM-tiedonsiirtoyksikkö, jonka kautta se on yhteydessä liikennevirran järjestelmiin. Käyttäjätunnistus tapahtuu RFID kortilla.

LIITE 3 2(7)

Latauspisteensijainti

Oulun Energian päärakennuksen edessä on sähköauton hitaanlatauksenpiste ja uusi pikalatausasema tullaan sijoittamaan sen yhteyteen. Hitaanlatauksen asema jää edelleen käyttöön (kuva 10).



Kuva 11. Pikalatausaseman sijoituspaikka.

Opasteet

Latauspiste on niin näkyvällä paikalla, ettei se tarvitse erikseen opasteita. Latauspisteen sijaintiedot tullaan ilmoittamaan sekä Liikennevirran että Sähköinen Liikenne hankkeen tietokantoihin, minkä jälkeen latauspiste löytyy niiden palveluista. Pikalatausaseman käyttöohje tullaan laittamaan Oulun Energian nettisivuille ja sen lisäksi pikalatausaseman kylkeen tulee käyttöohjetarra.

LIITE 3 3(7)

Sähkösuunnitelma

Latausaseman tiedot: Käyttöjännite on 400 V ja maksimi latausteho on 50kW.

Latausaseman sähköliittymän ja syöttökaapelin mitoitus:

Lasketaan latausaseman tarvitsema maksimi virta I:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{50\,000\text{ W}}{\sqrt{3} * 400\text{ V}} = 72\text{ A}$$

Valitaan suojaksi **100 A gG** sulakkeet.

Käsikirjan D1-2012 taulukosta 43.1 nähdään, että 100 A gG tyyppisen sulakkeen kanssa johdon sallittu kuormitus pitää olla vähintään 110A. Syöttökaapeli kulkee osittain maassa putken sisällä ja osittain rakennuksen sisällä kaapelihyllyllä, jolloin johdon kuormitus pitää korjata asennustapojen mukaisilla kuormituskertoimilla.

Kaapelihyllyllä kulkeva kaapeliosuus (asennustapa E):

Ympäriöivän ilmanlämpötila on 25 °C, k1=1 (taulukko 52.7)

Muiden kaapeleiden vaikutus: 2 muuta kaapelia k2=0,88 (taulukko 52.11)

Kaapelihyllyllä kaapelin sallittukuormitus asennustavalle E on oltava vähintään

110 A/0,88= 124 A. Taulukko 52.1 -> alumiinikaapelilla johdin koko oltava vähintään 50 mm².

Maan sisässä putkessa kulkeva kaapeliosuus (asennustapa D):

kk=0,8 (taulukko B.52.19, SFS 6000-5-52)

Maan sisällä putkessa kulkevan kaapelin sallittukuormitus asennustavalle D on oltava vähintään 110 A/0,8= 138 A. Taulukko 52.1 -> alumiinikaapelilla johdin koko oltava vähintään 50 mm².

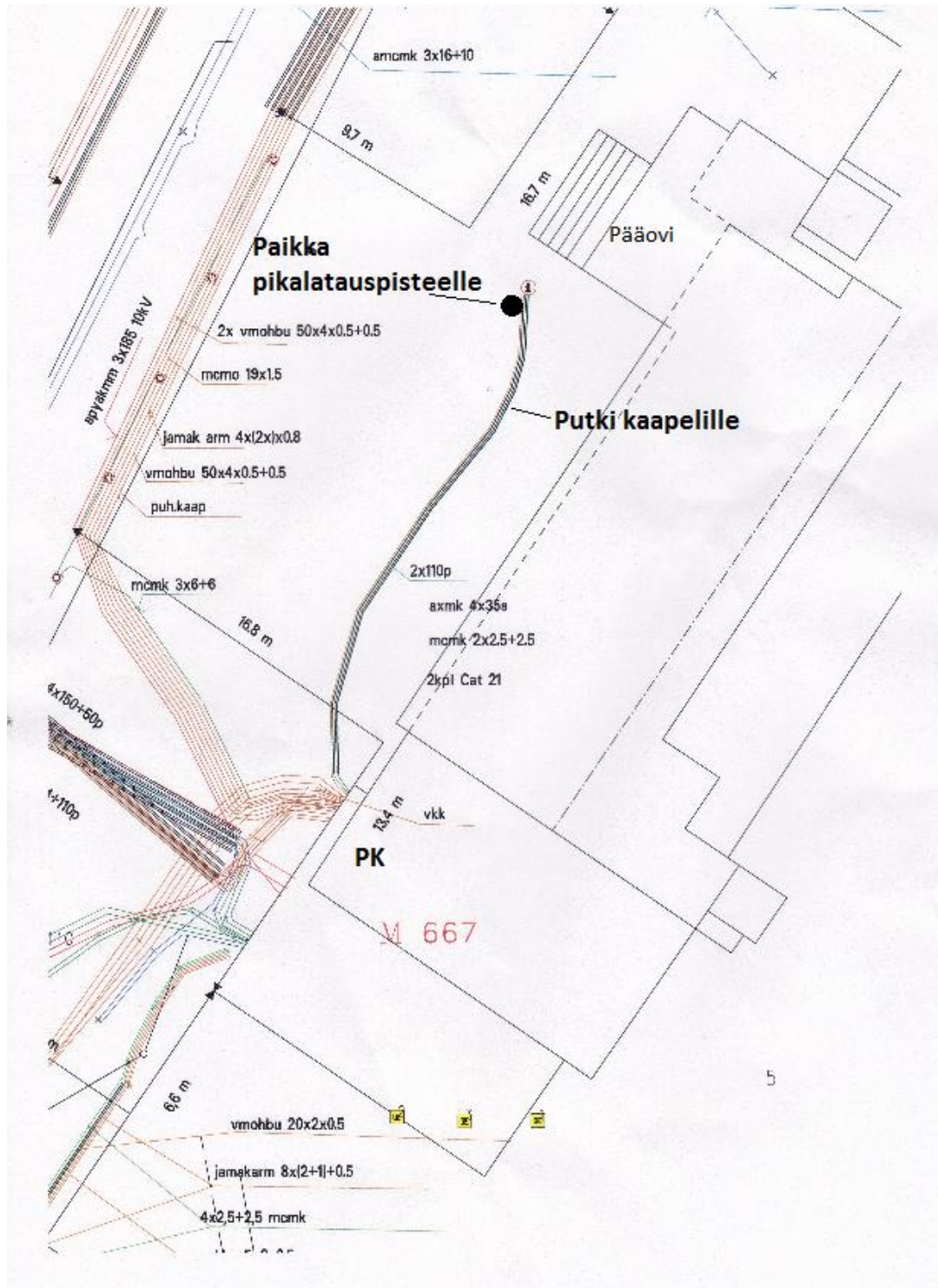
Tämän perusteella kaapeliksi valitaan **AMCMK 4x50+16**.

(D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2013)

LIITE 3 4(7)

Kaapelireitin suunnittelu

Suunniteltu kaapelireitti on esitetty seuraavassa kuvien muodossa. Kaapelireitin rakennuksen ulkopuolinen osa on esitetty kuvassa 12.



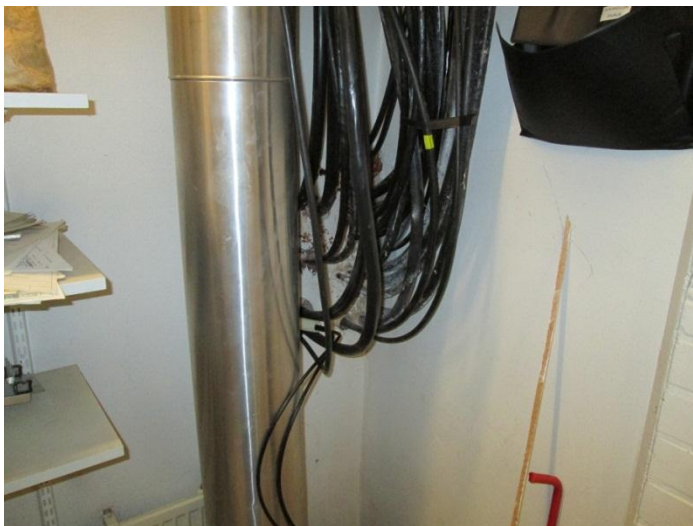
Kuva 12. Suunnitelmakuva kaapelireitistä rakennuksen ulkopuolella.

LIITE 3 5(7)



Kuva 13. Kaapelin rakennukseen sisäänmeno paikka.

Sisällä kaapeli nousee kaapelihyllylle ja menee hyllyä pitkin muuntamo ja PJ -keskus huoneeseen. Kaapelireitti sisätiloissa on esitetty kuvissa 14, 15, 16, 17, 18 ja 19.



Kuva 14. Kaapelin sisääntulopaikka.

LIITE 3 6(7)



Kuva 15. Kaapeli menee hyllyä pitkin seuraavaan huoneeseen.



Kuva 16. Kaapeli kääntyy oikealle lähtevälle hyllylle.

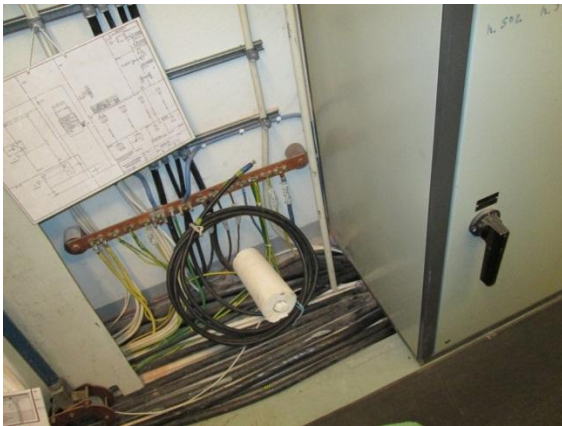


Kuva 17. Kaapeli laskeutuu hyllyltä ja menee muuntamotilaan.

LIITE 3 7(7)



Kuva 18. Kaapeli laskeutuu muuntamotilan lattialle huoneen nurkassa.



Kuva 19. Kaapeli menee lattiaa pitkin keskuksen alla olevaan kaapelikuiluun.

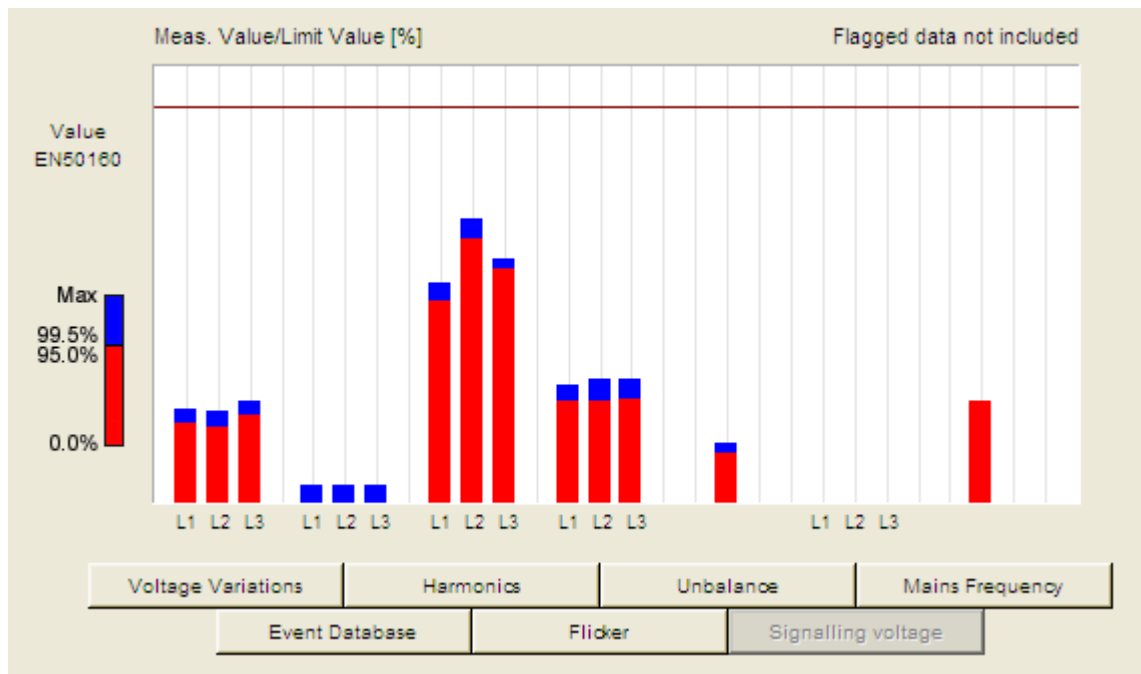


Kuva 9. Vapaana oleva liityntäpiste sijaitsee keskuksessa hitaanlatauksen aseman liitynnän vieressä.

LIITE 4 1(7)

Sähkönlaatumittausten mittauspöytäkirja**EN50160 REPORT**

PC software: Version 1.8.8 20100115
 Firmware: Version 1.8.8 20100115
 Copyright: Copyright (c) 2010 Fluke Corporation, www.fluke.com

Overview**General**

Company:	Latauspiste
Department:	
Contact:	
Cause of measurement	
Reference:	

LIITE 4 2(7)

Settings

Test equipment	
Firmware:	Version 1.8.8 20100115
PC-software:	Version 1.8.8 20100115
Measurement	
File location:	c:\Documents and Settings\eslaatu\Työpöytä\Latauspiste\
File name:	lataus 27.5.2014.def
Start time:	19.05.2014 14:10:00
End time:	27.05.2014 10:10:00
Difference:	1W 0d 20h 0m 0s
Flagging:	Flagged data not included
Nominal values	
Nominal voltage Un:	230.00V
Nominal voltage Un ph-ph:	---
Nominal frequency:	50.00Hz
Event Limits	
Dip threshold:	90.00%
Swell threshold:	110.00%
Interruption threshold:	1.00%
Hysteresis:	2.00%
S/L Interruption time threshold:	180.00s
EN50160 Statistics	
Voltage 95% pos. limit:	110.00%
Voltage 95% neg. limit:	90.00%
Voltage 100% pos. limit:	110.00%
Voltage 100% neg. limit:	85.00%
Frequency 95% pos. limit:	101.00%
Frequency 95% neg. limit:	99.00%
Frequency 100% pos. limit:	104.00%
Frequency 100% neg. limit:	94.00%
Long-term Flicker Plt:	1.00
Max. number of Events:	100
Unbalance:	2.00%
THD:	8.00%
Rapid Voltage Changes	
Minimum rate of change:	5.00%

LIITE 4 3(7)

Harmonics**Statistics**

Total harmonic distortion				
Designation	Tolerance range	L1	L2	L3
	[%]	[%]	[%]	[%]
THD	0.00 - 8.00	100.00	100.00	100.00
Harmonics				
Order	Tolerance range	L1	L2	L3
Nr.	[%]	[%]	[%]	[%]
2	0.00 - 2.00	100.00	100.00	100.00
3	0.00 - 5.00	100.00	100.00	100.00
4	0.00 - 1.00	100.00	100.00	100.00
5	0.00 - 6.00	100.00	100.00	100.00
6	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
7	0.00 - 5.00	100.00	100.00	100.00
8	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
9	0.00 - 1.50	100.00	100.00	100.00
10	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
11	0.00 - 3.50	100.00	100.00	100.00
12	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
13	0.00 - 3.00	100.00	100.00	100.00
14	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
15	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
16	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
17	0.00 - 2.00	100.00	100.00	100.00
18	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
19	0.00 - 1.50	100.00	100.00	100.00
20	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
21	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
22	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
23	0.00 - 1.50	100.00	100.00	100.00
24	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
25	0.00 - 1.50	100.00	100.00	100.00

The table shows the percentage of 10-minute-interval values which are within the tolerance range.

At least 95% of the values of one week have to be within the tolerance range.

LIITE 4 4(7)

Harmonics

Measurement values

Total harmonic distortion							
Designation	Tolerance range	95%-values			Maximum values		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
THD	0.00 - 8.00	1.83	1.96	1.95	1.98	2.14	2.08
Harmonics in % of Un							
Order	Tolerance range	95%-values			Maximum values		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3
Nr.	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
2	0.00 - 2.00	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06
3	0.00 - 5.00	0.36	0.38	0.65	0.52	0.46	0.73
4	0.00 - 1.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02
5	0.00 - 6.00	1.09	1.18	1.09	1.18	1.36	1.21
6	0.00 - 0.50	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
7	0.00 - 5.00	1.02	0.93	0.93	1.18	1.10	1.06
8	0.00 - 0.50	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03
9	0.00 - 1.50	0.76	0.99	0.88	0.83	1.07	0.92
10	0.00 - 0.50	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
11	0.00 - 3.50	0.62	0.65	0.66	0.69	0.73	0.76
12	0.00 - 0.50	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
13	0.00 - 3.00	0.64	0.57	0.65	0.70	0.64	0.72
14	0.00 - 0.50	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
15	0.00 - 0.50	0.11	0.11	0.13	0.13	0.14	0.15
16	0.00 - 0.50	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
17	0.00 - 2.00	0.22	0.22	0.23	0.25	0.24	0.27
18	0.00 - 0.50	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03
19	0.00 - 1.50	0.24	0.21	0.33	0.38	0.30	0.47
20	0.00 - 0.50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
21	0.00 - 0.50	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.17
22	0.00 - 0.50	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
23	0.00 - 1.50	0.16	0.11	0.21	0.26	0.15	0.26
24	0.00 - 0.50	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03
25	0.00 - 1.50	0.21	0.17	0.20	0.27	0.21	0.23

LIITE 4 5(7)

Flicker**Statistics**

Designation	Tolerance range	L1	L2	L3
Plt	0.00 - 1.00	100.00	100.00	100.00

At least 95% of the values of one week have to be within the tolerance range.

Measurement values

Designation	Tolerance range	95%-values			Maximum values		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3
Plt	0.00 - 1.00	0.25	0.25	0.26	0.29	0.31	0.31

Slow voltage variations**Statistics**

Designation	Tolerance range	L1	L2	L3
	[V]	[%]	[%]	[%]
Phase voltages 95%	207.00 - 253.00	100.00	100.00	100.00
Phase voltages 100%	195.50 - 253.00	100.00	100.00	100.00

At least 95% of the values of one week have to be within the 95% tolerance range.

100% of the values of one week have to be within the 100% tolerance range.

Measurement values

Designation	Tolerance range	L1	L2	L3
	[V]	[V]	[V]	[V]
Overvoltages 100%	253.00	235.40	235.21	235.78
Overvoltages 95%	253.00	234.59	234.30	234.96
Voltage dips 95%	207.00	228.60	228.35	229.05
Voltage dips 100%	195.50	227.75	227.45	228.12

LIITE 4 6(7)

Fast voltage variations

Statistics

Designation	Tolerance range	L1	L2	L3
	[%]	[%]	[%]	[%]
Phase voltages	11.50	100.00	100.00	100.00

Unbalance

Statistics

Designation	Tolerance range	Values in tolerance
	[%]	[%]
Neg. system / positive system	0.00 - 2.00	100.00

At least 95% of the values of one week have to be within the tolerance range.

Measurement values

Designation	Tolerance range	95%-Value	Max-Value
	[%]	[%]	[%]
Unbalance	0.00 - 2.00	0.24	0.29

Frequency

Statistics

Designation	Tolerance range	Values in tolerance
	[Hz]	[%]
Tolerance 95%	49.500 - 50.500	100.00
Tolerance 100%	47.000 - 52.000	100.00

At least 95% of the values of one week have to be within the 95% tolerance range.

100% of the values of one week have to be within the 100% tolerance range.

LIITE 4 7(7)

Measurement values

Designation	Tolerance range	Values
	[Hz]	[Hz]
Maximum 100%	52.000	50.221
Maximum 95%	50.500	50.124
Minimum 95%:	49.500	49.873
Minimum 100%	47.000	49.776

Events**Overvoltages**

Designation	L1	L2	L3	L123-N
Number	0	0	0	0
Maximum value [V]	0	0	0	0
Maximum duration	0.000us	0.000us	0.000us	0.000us

Voltage dips

Designation	L1	L2	L3	L123-N
Number	2	2	2	2
Minimum value [V]	0.27803	0.28071	0.25147	0.25147
Maximum duration	1m 15s	1m 15s	1m 15s	1m 15s

Short interruptions

Designation	L1	L2	L3	L123-N
Number	2	2	2	2
Maximum duration	1m 13s	1m 12s	1m 13s	1m 12s

Long interruptions

Designation	L1	L2	L3	L123-N
Number	0	0	0	0
Maximum duration	0.000us	0.000us	0.000us	0.000us