

SÄHKÖAUTOJEN LATAUSJÄRJESTELMIEN YLEISKATSAUS

Kimmo Ketola

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Sähköinen talotekniikka

KETOLA, KIMMO:
Sähköautojen latausjärjestelmien yleiskatsaus

Opinnäytetyö 67 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Huhtikuu 2019

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua sähköautojen latausjärjestelmiin sähkösuunnittelijan näkökulmasta, koska latausjärjestelmiä tulee sähkösuunniteluun kiihtyvällä tahdilla. Ilmastonmuutoksesta aiheutuneen huolen ja EU:n ilmastotavoitteiden johdosta, vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttö lisääntyy ja samalla pyritään vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Tällä hetkellä vaihtoehtoisista polttoaineista juuri sähkö on hyvin ajankohtainen, koska sähköautomarkkinat ovat kasvussa. Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Sähköinsinööri-toimisto Instaloo Oy:n kanssa.

Sähköautojen latausjärjestelmiin on saatavilla monia erilaisia ratkaisuja riippuen kohteesta aina omakotitaloista suuriin pysäköintialueisiin. Latauslaitteiden ominaisuudet vaihtelevat laitteen valmistajan ja hintakategorian mukaan. Kun latausjärjestelmää suunnitellaan, tulee kohteen nykyisten sähköasennusten tila selvittää tarkoin, koska nykyinen sähköjärjestelmä vaikuttaa latausjärjestelmään hyvin paljon.

Latauslaitteet uusiutuvat nopealla tahdilla ja standardeja päivitetään myös aktiivisesti. Tämän vuoksi tulee jatkuvasti seurata alan kehitystä. Koska sähköautojen latausjärjestelmät ovat vielä uusi asia sähköalalla, ei alan terminologia ole vielä aivan yksikäsitteinen. Latausjärjestelmiin liittyvissä julkaisuissa voi nähdä termien ristiinkäyttöä, mikä voi aiheuttaa väärinkäsityksiä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Building services engineering

KETOLA KIMMO:
Overview of Charging Systems for Electric Cars

Bachelor's thesis 67 pages, appendices 1 page
April 2019

The purpose of this thesis was to examine charging systems for electric cars from the point of view of an electric engineer. There is an increasing demand for designing charging systems for electric cars. The EU laws on climate change will enforce the use of alternative fuels. From these fuels, electricity generated by battery is the most current, because electric car market is growing. The thesis was made for Sähköinsinööritoimisto Instalo Oy.

There are many solutions for the electric car charging systems, ranging from single-family houses to large parking areas. The charging systems vary between manufacturers and in price category. The current electrical system has a huge impact on the choice of charging system, so it is important to examine the system early in the design process.

The charging devices and the standards are evolving rapidly, so it is important to follow the news in the electricity field. The charging systems for electric cars are quite new in the electricity field, so the terminology is still a little bit confusing, which can cause misunderstandings.

Key words: electric car, charging system, charging

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	SÄHKÖAUTOT	8
2.1	Täyssähköauto.....	8
2.2	Ladattavat hybridautot.....	8
2.3	Sähköautot Suomessa	9
2.4	Verotus.....	10
2.5	EU direktiivi 2014/94/EU eli jakeluinfradirektiivi	12
2.6	Sähköautoilun tuet	13
2.6.1	Sähköauton hankintatuki	13
2.6.2	Yritysten investointituki sähköautojen julkisille latauspisteille	13
2.6.3	Sähköautojen latausinfra-avustus.....	15
2.7	Päätöksenteko taloyhtiöissä.....	15
3	SÄHKÖAUTOJEN HISTORIA.....	17
3.1	1800-luku	17
3.2	1900-luku	19
3.3	2000-luku	22
3.4	Sähköautojen latauksen historia	22
4	LATAUSTAVAT JA PISTOKETYYPIT	24
4.1	Lataustavat	24
4.1.1	Lataustapa 1, Mode 1.....	24
4.1.2	Lataustapa 2, Mode 2.....	25
4.1.3	Lataustapa 3, Mode 3.....	26
4.1.4	Lataustapa 4, Mode 4.....	26
4.2	Latauspistokkeet.....	29
4.2.1	Pistoketyyppi 1, Yazaki, J1772_AC.....	29
4.2.2	Pistoketyyppi 2, Mennekes.....	30
4.2.3	Pistoketyyppi 3, Scame	32
4.2.4	CHAdeMO-pistoke.....	32
4.2.5	CCS Combo-pistoke.....	33
4.3	Langatonlataus.....	34
4.4	Akunvaihtoasemat.....	35
4.5	V2G- ja V2H-tekniikat.....	35
5	LAITEVALMISTAJAT	37
5.1	Ensto.....	37
5.2	ABB.....	39
5.3	Schneider Electric	41

6	LATAUSPALVELUIDEN TARJOAJAT	45
6.1	Liikennevirta Oy	45
6.2	Parkkisähkö Oy	47
7	LATAUSPISTEIDEN MITOITTAMISESTA.....	50
7.1	ST-kortti 51.90.....	50
7.2	Latausjärjestelmien rakenteita.....	57
7.3	OCPP-protokolla	58
7.4	Verkkovaikutukset.....	59
8	POHDINTA	60
	LÄHTEET	63
	LIITTEET	68
	Liite 1. Peruseriaatteet. Latausvastakkeen sijainti vaihtelee. (ABB seminaari 2018)	68

LYHENTEET JA TERMIT

AC	alternating current, vaihtovirta
CCS	combined charging system (combo), pikalatausstandardi
CHAdeMO	CHArge de Move, pikalatausstandardi
DC	direct current, tasavirta
MEB-alusta	sähköautokäyttöön suunniteltu auton runkorakenne
NFC	Near Field Communication, lähitunnistusteknologia
OCPP	Open Charge Point Protocol, latauslaitteen ja kolmannen osapuolen palveluntarjoajan välinen kommunikointiprotokolla
RFID	radio frequency identification, radiotaajuinen etätunnistus
V2G	vehicle to grid, autosta sähköverkkoon
V2H	vehicle to home, autosta kotiin

1 JOHDANTO

Autoalalla eletään murroskautta, kun huoli ilmastonmuutoksesta ajaa EU:n jäsenvaltioita pienentämään liikenteen päästöjä. Vähentämällä fossiilisten polttoaineiden käyttöä tarvitaan näille korvaavia vaihtoehtoisia polttoaineita. Vaihtoehtoisista polttoaineista ajankohtaisimpia ovat kaasu, sähkö, biopolttoaineet ja vety. Näistä eniten huomiota viime aikoina on saanut sähkö, täyssähköautojen ja ladattavien hybridautojen suosion lisääntymisen vuoksi.

Ladattavat sähkökäyttöiset autot vaativat sähköä toimiakseen ja tämän myötä tarvitaan laaja latausverkosto, jotta sähköautoilu olisi mahdollista ympäri maan. Sähköautoilun suosio näkyy lisääntyvinä yhteydenottoina sähkösuunnittelussa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua sähköautojen latausjärjestelmiin ja täten helpottaa ja nopeuttaa sähkösuunnittelua tulevissa latausjärjestelmien suunnitteluissa. Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Sähköinsinööritoimisto Instaloo Oy:n kanssa.

Opinnäytetyössä tutustuttiin sähköautoiluun yleisesti historian ja nykytilan kautta. Tämän jälkeen tutustuttiin erilaisiin lataustapoihin, latauslaitteisiin, latauspalveluiden tarjoajiin sekä latausjärjestelmän mitoittamiseen. Opinnäytetyössä keskityttiin AC- eli vaihtovirtalatauslaitteisiin, koska ne ovat talotekniikan suunnittelussa yleisempiä kuin DC- eli tasavirtalatauslaitteet.

2 SÄHKÖAUTOT

2.1 Täyssähköauto

Täyssähköauto on ajoneuvo, jonka moottorina toimii yksi tai useampi sähkömoottori. Sähkömoottori saa sähkönsä ajoneuvon akusta. Akku saa sähkönsä sähköverkosta joko ajoneuvon oman laturin kautta, jota syötetään vaihtosähköllä tai suoraan tasasähköllä, jolloin vaihtosähkö on muunnettu tasasähköksi auton ulkopuolisella latauslaitteella ja tällöin ajoneuvon oma laturi ohitetaan. Täyssähköautojen akkujen koot vaihtelevat pääsääntöisesti 40 kWh:sta 100 kWh:iin. Sähköautojen keskimääräinen kulutus on 15-22 kWh/100 km. Näillä arvoilla toimintasäteeksi muodostuu 180-450 km. Toimintasäteeseen vaikuttaa hyvin moni asia kuten esimerkiksi ympäristön lämpötila ja ajotyyl.

Täyssähköautojen plussina pidetään seuraavia asioita:

- Hiljainen erityisesti pienillä nopeuksilla, jolloin rengasäänet eivät vielä vaikuta ajomukavuuteen
- Jopa lähes päästötön ajossa, riippuen latausenergian tuotantomuodosta
- Helppokäyttöinen, moottorin osalta yksinkertainen ja halpa huoltaa
- Halpa käyttövoimavero, toistaiseksi

Miinuspuolelta löytyvät taas seuraavat asiat:

- Kallis hankkia, jälleenmyyntiarvo käytettynä
- Toimintamatkan riittämättömyys, automallista riippuen
- Latausverkoston laajuus riippuen asuinpaikasta

2.2 Ladattavat hybridautot

Ladattavan hybridauton moottorina toimii joko bensiini- tai dieselmoottori, sähkömoottori tai näiden yhdistelmä. Yleisesti sähkömoottori hoitaa liikkeelle lähdöt ja ajamisen pienillä nopeuksilla, kun taas polttomoottori toimii taas suuremmilla nopeuksilla. Ladattavien hybridautojen akkujen koot vaihtelevat muutamasta kilowattitunnista muutamiin kymmeneen kilowattitunteihin.

2.3 Sähköautot Suomessa

Vuoden 2018 lopussa Suomessa oli liikennekäytössä n. 2,7 miljoonaa henkilöautoa. Näistä täyssähköautoja oli 2404 ja ladattavia hybridautoja 13095. Erityisesti ladattavien hybridautojen lukumäärä on ollut tasaisessa kasvussa viimeiset 7 vuotta. Kun tarkastellaan taulukkoa 1, josta löytyy vuoden lopussa liikennekäytössä olleiden ladattavien hybridautojen ja täyssähköautojen määrät vuodesta 2012, nähdään että ladattavien hybridien määrä on keskimäärin kaksinkertaistunut joka vuosi. Täyssähköautojen määrän kehitys on ollut samalla aikajaksolla hieman maltillisempaa ja vaihtelevampaa.

TAULUKKO 1. Täyssähköautojen ja ladattavien hybridautojen kehitys vuosina 2012-2018 (Autoalan tiedotuskeskus 2019)

Vuosi	Täyssähköautot	Ladattavat hybridautot
2012	109	128
2013	169	296
2014	360	569
2015	614	973
2016	844	2441
2017	1449	5719
2018	2404	13095

Suurimpina syinä täyssähköautojen hitaaseen määrän kasvuun voidaan pitää täyssähköautojen korkeampia hankintakuluja, epävarmuutta sähköautoilun tulevaisuudesta, latausinfraan puutteellisuutta erityisesti Pohjois-Suomessa sekä vähäistä kilpailua automallien kesken. Kyseiset epävarmuustekijät ovat piinanneet sähköautoilua sen uudelleen tulemisesta 2010-luvulta lähtien, mutta tilanne on muuttunut vuosien varrella parempaan suuntaan.

Suurilta autonvalmistajilta alkaa tulemaan myyntiin vuosien 2019 ja 2020 aikana useita uusia automalleja kuten esimerkiksi Volkswagen I.D. tai Mercedes-Benz EQC. Autonvalmistajista esimerkiksi Volkswagen on suunnitellut tuleville sähköautoilleen ns. MEB-alustaa, jolloin sähköauto saadaan rakennettua järkevämmin ja taloudellisemmin kuin jos se rakennettaisiin polttomoottoriauton runkolle. Tarkoituksena olisi, että kyseinen runko toimisi vuoteen 2025 mennessä

vähintään 15 Volkswagen konsernin sähköautossa alustana. (MacKenzie 2018.)

Julkinen latausverkosto on laajentunut kovaa vauhtia ja suuret toimijat kuten Kesko ja S-ryhmä ovat vahvasti mukana suunnittelemassa toimitiloihinsa laajaa latausverkostoa. Pääteiden varsilta julkisia latauspisteitä löytyy jo kattavasti halki Suomen, mutta haja-asutusalueilla pisteet ovat edelleenkin harvinaisia. Suurissa kaupungeissa latauspisteitä rakentavat lisäksi paikalliset energiayhtiöt kuten Turku Energia ja Helen.

2.4 Verotus

Autovero maksetaan, kun ajoneuvo merkitään ensimmäisen kerran Suomen ajoneuvoliikennerekisteriin. Autoveron määrä perustuu hiilidioksidipäästöjen määrään ja tällöin sähköautojen veron määrä on alin mahdollinen joka vuonna 2019 on 2,7 % autoverottomasta ohjehinnasta.

Vuotuinen ajoneuvovero koostuu perusverosta, joka määräytyy hiilidioksidipäästöjen perusteella sekä käyttövoimaverosta jos polttoaineena käytetään muuta kuin bensiiniä. Sähköautojen perusvero on pienin mahdollinen eli vuonna 2019 106,21 €/vuosi. Tämän lisäksi sähköautoilija joutuu maksamaan käyttövoimaveroa 1,5 senttiä päivältä alkavaa 100 painokiloa kohti. Alla olevasta taulukosta 2 löytyvät käyttövoimaverojen hinnat muille kuin bensiinikäyttöisille ajoneuvoille. (Vihreäkaista n.d.)

TAULUKKO 2. Käyttövoimaveron määrä polttoaineen mukaan (Vihreäkaista n.d.)

Käyttövoima	Senttiä/päivä/alkava 100 kg
Maa- ja biokaasu	3,1
Sähkö	1,5
Sähkö ja bensiini	0,5
Sähkö ja diesel	4,9
Diesel	5,5
Kaasukäyttöiset pakettiautot	0,9

Näiden lisäksi kaikki autoilijat maksavat vielä energiaveroa, jolla tarkoitetaan nestemäisten polttoaineiden, sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteveroja.

1.1.2019 tuli verotuksen piiriin myös työpaikalla tapahtuva lataaminen, jos työnantaja sellaista mahdollisuutta tarjoaa. Verotusarvoksi lataamiselle määrättiin 30 €/kk. Riippuen laskentatavasta, on verotusarvoa pidetty liian kovana erityisesti plug-in-hybrideille. Työpaikkalataukselle on monia vaihtoehtoisia ratkaisumalleja, jotka kannattaa käydä läpi, jos tilanne on työpaikalla ajankohtainen. Riippuen kohteesta yhtenä helppona vaihtoehtona on tilata kokonaisvaltainen palvelu esimerkiksi Parkkisähkö Oy:ltä. (Sähköautoileva motoristi 2018.)

Tulevaisuus näyttää mihin verotus muuttuu erityisesti, jos sähköautojen suosio lisääntyy vuosien saatossa. Tämänhetkisellä verotuksella valtiolle aiheutuisi suuret verotulotappiot ja se tuskin olisi pitkäaikainen tilanne, koska autoilijat ovat olleet aikojen saatossa valtiolle hyvä verotulojen lähde.

Norja on tunnettu sähköautomaana ja siellä sähköautoilua on tuettu monin keinoin kuten verohelpotuksilla, ilmaisilla parkkipaikoilla ja oikeudella käyttää linja-autokaistoja. Vuonna 2017 Norjassa ehdotettiin, että yli 2000 kg painaville sähköautoille luotaisiin verotus koska painavat sähköautot kuluttavat teitä enemmän kuin tavalliset hieman kevyemmät autot. Veroa alettiin kutsua Tesla-veroksi, koska se olisi vaikuttanut eniten juuri Teslan automallien hintaan. Kyseinen Tesla-vero jäi vain ehdotukseksi, eikä ole tullut voimaan tähän päivään mennessä. (Nelson 2017.)

2.5 EU direktiivi 2014/94/EU eli jakeluinfradirektiivi

2017 voimaan tulleessa kansallisessa ohjelmassa määritellään liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta. Kansallinen ohjelma liittyy EU:n direktiiviin 2014/94/EU, joka paremmin tunnetaan jakeluinfradirektiivinä. Suomen kansallisena tavoitteena on vuoteen 2030 mennessä puolittaa tuontiöljyn käyttö ja lisätä uusiutuvien polttoaineiden käyttöä 40 prosenttiin. Vuonna 2050 tavoitteena olisi, että tieliikenne olisi lähes nollapäästöistä. Myös uusien autojen pitäisi pystyä käyttämään jotakin vaihtoehtoista käyttövoimaa vuonna 2030. Vaihtoehtoisiin käyttövoimiin lasketaan mukaan sähkö, vety, maa-/biokaasu tai nestemäiset polttoaineet. Myös raskaankaluston tulee vähentää päästöjä, jotta tavoitteisiin päästäisiin. Raskaan-kaluston tavoite on, että vuonna 2025 uusista kuorma- ja linja-autoista 60% pystyisi hyödyntämään vaihtoehtoisia polttoaineita. Vuonna 2016 raskaskalusto oli huomattavasti edellä henkilö- ja pakettiautoja, kun verrataan sitä kuinka suuri osuus uusista ajoneuvoista, pystyi hyödyntämään vaihtoehtoisia käyttövoimia. Uusista henkilö- ja pakettiautoista vain 1 % pystyi hyödyntämään vaihtoehtoisia polttoaineita, kun taas lähes 30 % uusista kuorma- ja linja-autoista pystyi hyödyntämään uusiutuvaa dieseliä jopa 100-prosenttisina pitoisuuksina. (Valtioneuvosto 2017.)

Jakeluinfradirektiiviin pohjautuva kansallinen ohjelma suosittelee myös, että sähköautojen julkisia latauspisteitä tulisi olla 1 kappale kymmentä sähköautoa kohti. Latauspisteverkostoa mitoitettaessa oletetaan, että vuonna 2020 sähköautoja olisi 20 000 kpl ja vuonna 2030 vähintään 250 000 kpl. Mitoituksen mukaan julkisia latauspisteitä tulisi siis olla vuonna 2020 2000 kpl ja vuonna 2030 25 000 kpl. (Valtioneuvosto 2017.)

2.6 Sähköautoilun tuet

2.6.1 Sähköauton hankintatuki

Suomessa sähköauton hankintaa tuetaan valtion taholta 1.1.2018-30.11.2021 välisenä aikana. Hankintatuen suuruus on 2000€ ja tuen saannin edellytyksiä ovat:

- Hankittava auto on täyssähköinen henkilöauto
- Täyssähköauto joko ostetaan tai vuokrataan
- Vuokrattaessa vuokraaja sitoutuu vuokraamaan auton omaan käyttönsä vähintään 3 vuodeksi
- Ostajan tai vuokraajan tulee olla yksityishenkilö
- Auton kokonaishinta saa olla enintään 50000€ sisältäen ALV:n ja autoveron
- Auto ei ole ollut aikaisemmin rekisterissä
- Auto on ensirekisteröitävä 1.1.2018-30.11.2021
- Auton hankintaan ei ole käytetty ns. romutuspalkkiota
- Valtion talousarviossa avustuksen maksamiseen varattua määrärahaa tulee olla käytettävissä (Traficom, 2019).

2.6.2 Yritysten investointituki sähköautojen julkisille latauspisteille

Työ- ja elinkeinoministeriön päätöksellä 30.1.2017 päätettiin myöntää tukea sähköautojen julkisen latausinfrastruktuurin kehittämiseen. Vuosina 2017-2019 ministeriö tukee julkisten latauspisteiden investointeja yhteensä 4,8 miljoonalla eurolla. Projektin tavoitteena on herättää julkisten latauspisteiden investoinnit ja kolminkertaistaa julkinen latausverkko projektin aikana. Investointituki on suunnattu yrityksille, jotka rakentavat julkisia latauspisteitä kaikkien sähköautoilijoiden tasapuoliseen käyttöön osana julkista latausverkkoa. Tuesta puolet on ositettu pikalatauspisteille ja puolet normaaleille lataustavan 3 vähintään 11 kW tehoisille latauspisteille. (Lataustuki 2019.)

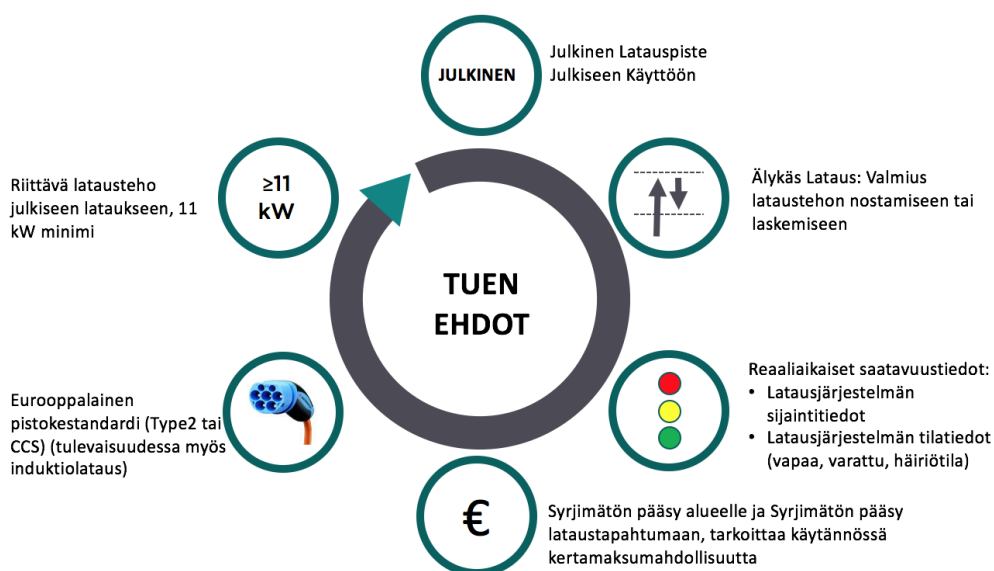
Jos yritykset investoivat pikalatauspisteisiin, voivat yritykset saada tukea 35 % kustannuksista. Pikalatauspisteen tuen ehtoina ovat:

- Pikalatauspiste tulee olla kytketty julkiseen latausverkkoon

- Pikalatauspisteen tulee olla tasavirtalatauspiste, jonka teho on yli 22 kW
- pikalatauspisteen tulee täyttää EU:n direktiivi 94/2014/EU
- Latausjärjestelmän tulee olla ns. älykäs, jolloin järjestelmä sisältää tietoliikenneyhteyden auton ja latauslaitteen välillä, tietoliikenneyhteyden latauslaitteen ja palveluntarjoajan välillä sekä lataustapahtuman reaaliaikaisen ohjauksen esimerkiksi lataustehon säädön joko ylös- tai alaspäin ilman latauksen keskeytymistä (Lataustuki, 2019).

Normaalin latauspisteen tuen ehdot ovat muuten samat, mutta latauspiste on tässä tapauksessa vaihtovirtalatauspiste, jonka teho on vähintään 11 kW.

Investointituki sisältää myös ns. pitoaikavelvoitteen, joka määrää tuen saajan operoimaan rakentamiaan pisteitä 5 vuoden ajan. Tänä aikana latauspisteiden käyttötarkoitusta ei saa muuttaa eikä pisteitä saa myydä. Tuki on tarkoitettu vain uusille latauslaitteille. Investointitukea ei myönnetä latauslaitteille, jotka asennetaan maatalouskiinteistöön, asuinrakennukseen, Ahvenanmaan alueelle eikä kotilatauspisteille tai käytetyille laitteille. Tukeen ei hyväksytä rakennusaikaisia korkoja tms. sekä muita liittymiskustannuksia kuin ehdoissa on mainittu. (Lataustuki 2019.)



KUVIO 1. Yritysten investointituen ehdot sähköautojen julkisille latauspisteille (Lataustuki 2019)

2.6.3 Sähköautojen latausinfra-avustus

Sähköautojen latausinfra-avustus on ARA:n eli asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen myöntämä avustus asuinrakennuksen omistaville yhteisöille. Tuki on tarkoitettu sähköautojen latauspisteiden rakentamista varten. Valtion budjetissa on varattuna 1,5 miljoonaa euroa määrärahaa, jotta kotilatausmahdollisuudet yleistyisivät ja tätä kautta saavutettaisiin ilmasto- ja energiastrategian tavoitteet. (ARA 2019.)

Avustus on tarkoitettu asuinrakennuksen omistaville tahoille eli taloyhtiöille, vuokrataloyhteisöille ja näiden omistamille pysäköintiyhtiöille. Avustuksen suuruus on 35 % loppukuluista mutta maksimiavustus on 90 000 euroa. Hyväksyttäviä kustannuksia ovat tarvekartoitus, hankesuunnittelu, sähkönjakelujärjestelmään vaadittavat muutostyöt putkituksineen ja kaapelointeineen sekä latausjärjestelmään liittyvät tavanomaiset maanrakennustyöt. Jotta avustuksen voi saada, täytyy latauspisteitä rakentaa vähintään 5 kappaletta. Avustuksen hakuaika on tällä hetkellä jatkuva. (ARA 2019.)

2.7 Päätöksenteko taloyhtiöissä

Kun taloyhtiöön halutaan sähköauton latauspisteitä, tulee ottaa monta asiaa huomioon. Esimerkiksi tarvitaan kiinteistön omistajalta lupa latauspisteiden rakentamiseen, osakkaiden yhdenvertaisuus tulee ottaa huomioon sekä kustannusten jako tulee olla tasapuolista. Taloyhtiöiden päätöksenteko on oma prosessinsa, joten siksi siihen ei kovinkaan syvällisesti tutustuta tässä opinnäytetyössä.

Suomalainen valtionyhtiö Motiva Oy on päivittänyt marraskuussa 2018 opastaan ”Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon”, jossa kerrotaan mitä tulisi ottaa huomioon, kun ilmaantuu tarve latauspisteille. Oppaassa kerrotaan yleistietoa sähköautoilusta, päätöksenteosta taloyhtiöissä ja vastataan yleisiin kysymyksiin. Opas sisältää myös taulukon 3, josta selviää esimerkkejä kustannustenjaosta hankkeen tyypin mukaan.

TAULUKKO 3. Motivan taulukko päätöksenteosta ja kustannustenjaosta asunto-osakeyhtiöissä (Motiva 2018)

Hankkeen tyyppi	Päätöksenteko	Esimerkkejä latauspisteiden kustannusjakotavoista		
		RAKENTAMINEN	KORJAUS JA MUU YLLÄPITO	SÄHKÖ
Taloyhtiön hanke (autopaikat yhtiön hallinnassa) • kaikki autopaikat muutetaan latauspisteiksi.	Vaaditaan yksinkertainen enemmistö yhtiökokouksessa. Huom! Tämä kohta muutettu 5.11.2018.	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Taloyhtiön hanke (autopaikat yhtiön hallinnassa) • autopaikoista muutetaan latauspisteiksi enintään sähköjärjestelmän nykyisen kapasiteetin sallima määrä.	Vaaditaan yksinkertainen enemmistö yhtiökokouksessa.	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Osakasvähemmistön hanke (autopaikat yhtiön hallinnassa).	Vaaditaan vähintään 2/3 enemmistö yhtiökokouksessa edustetuista osakkeista ja annetuista äänistä.	Ne osakkaat, jotka haluavat latauspisteen.	Ne osakkaat, jotka haluavat latauspisteen.	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Osakkaan oma muutoshanke (autopaikat osakshallinnassa).	Vaaditaan taloyhtiön lupa.	Osakas.	Osakas.	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).

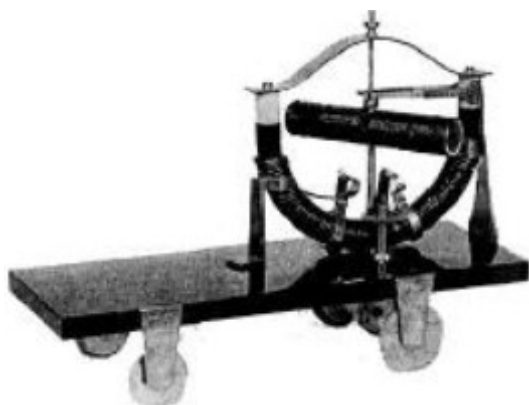
Taloyhtiön päätös voi vaikuttaa hyvinkin paljon alkuperäiseen suunnitelmaan latausjärjestelmän rakenteesta. Tämä on hyvä ottaa sähkösuunnittelussa huomioon ja varautua vaihtoehtoisilla suunnitelmissa jo siinä vaiheessa, kun asiaa ensikertaa esitellään taloyhtiön edustajille.

3 SÄHKÖAUTOJEN HISTORIA

3.1 1800-luku

1821 Michael Faraday teki kokeita perustuen Hans Christian Ørstedin ja André-Marie Ampéren aiempiin tutkimustuloksiin sähkömagnetismista. Näiden kokeiden tuloksena Faraday kehitti ensimmäisen alkeellisen homopolaarisen sähkömoottorin. (Lindell 2009, 164-167.)

1828 Ányos Jedlik kehitti ensimmäisen virallisen sähkömoottorin, jossa sähkömagneetteja oli sekä pyörivissä että paikallaan pysyvissä moottorin osissa. Samana vuonna Jedlik rakensi pienoisauton (kuva 1), joka liikkui Jedlikin rakentaman sähkömoottorin avulla. (ElectricVehiclesNews n.d.)



KUVA 1. Ányos Jedlikin pienoisauto (ElectricVehiclesNews n.d.)

Jedlikin jälkeen useat eri henkilöt suunnittelivat erilaisia kulkuneuvoja esimerkiksi kuljetusvaunuja ja vetureita, joissa sähkömoottoria voitiin hyödyntää. Sähköisten kulkuneuvojen kehitystä haittasi sen aikaisten ei ladattavien paristojen kalleus verrattuna höyrykäyttöisiin ratkaisuihin. Sinkkiparistojen käyttö oli tuolloin 40 kertaa kalliimpaa kuin hiilen polttaminen. (ElectricVehiclesNews n.d.)

Käytännöllisen sähköauton mahdollisti vuonna 1859 Gaston Plantén keksimä ladattava lyijyhappo- eli lyijyakku, jota Camille Alphonse Faure päivitti 1881. Tänä päivänä käytössä olevien lyijyakkujen teknologia perustuu hyvin pitkälle

Plantén ja Fauren akkuihin. Pääasiassa lyijyakkujen käyttöturvallisuus ja koot ovat kasvaneet vuosien saatossa. (ElectricVehiclesNews n.d.)

Thomas Parker perusti 1882 Paul Bedford Elwell:in kanssa Elwell-Parker yhtiön, joka keskittyi sähkökomponenttien valmistukseen kuten esimerkiksi akkuihin, dynamoihin, moottoreihin ja säätimiin. (ElectricVehiclesNews n.d.)

1884 Thomas Parker kehitti ensimmäisen tuotanto sähköajoneuvon, joissa hän käytti suunnittelemaansa korkeakapasiteettisia ladattavia akkuja. Tämän jälkeen Parker oli mukana suunnittelemassa mm. Lontoon metron sähköistystä ja 1890-luvulla. (ElectricVehiclesNews n.d.)



KUVA 2. Thomas Parkerin sähköauto vuonna 1895 (ElectricVehiclesNews n.d.)

1890-luvulla sähköautoilu kehittyi hurjaa vauhtia ja eri sähköautot tekivät tiiviiseen tahtiin mm. nopeusennätyksiä ja ensimmäisen kerran 100 kilometrin tuntinopeus rikottiin 1899 autolla La Jamais Contente. (ElectricVehiclesNews n.d.)



KUVA 3. La Jamais Contente, ensimmäinen 100km/h ylittänyt ajoneuvo (ElectricVehiclesNews n.d.)

3.2 1900-luku

Kun sähköajoneuvojen sarjatuotanto aloitettiin tuli sähköajoneuvoista hyvinkin suosittuja erityisesti kaupungeissa. Sähköajoneuvon hiljaisuus ja helppokäyttöisyys teki vaikutuksen ihmisiin, kun taas esimerkiksi polttomoottoriajoneuvojen suosiota heikensi mm. niiden hankala käynnistäminen ja meluisuus. Sähköajoneuvojen toimintamatkat vaihtelivat tuohon aikaan jonkin verran riippuen akkujen määrästä. Yleisimmät toimintamatkat olivat 50-80 km yhdellä latauksella. Yhdysvalloissa tuolloin vielä käytössä yhtä aikaa nykyisen vaihtosähköverkon kanssa ollut tasasähköverkko vaikutti myös sähköajoneuvojen suosioon, kun ne pystyttiin lataamaan suoraan verkosta ilman erillistä AC/DC-muuntajaa. Vuonna 1900 Yhdysvaltojen autokannasta 38% toimi sähköllä, 40% höyryllä ja 22% polttoaineella. (ElectricVehiclesNews n.d.)

Euroopassa sähköautoilu ei ollut yhtä suosittua kuin Yhdysvalloissa, johtuen suurimmilta osin siitä, että autoilla ajettiin Euroopassa pidempiä matkoja erityisesti kaupunkien ulkopuolella (Georgano 1991, 35-38).

Suomessa autot alkoivat yleistyä vasta 1920-luvulla, joten ensimmäisestä sähköautovillityksestä ei päästy Suomessa kunnolla nauttimaan. Kuitenkin esimerkiksi Helsingin poliisilaitoksella oli 1907 kaksi sähkökäyttöistä poliisiautoa ja Helsingin palolaitoksen ensimmäinen paloauto oli sähköinen vuonna 1909. (Jokinen 2016.)



KUVA 4. Suomen ensimmäinen paloauto 1909 oli sähkökäyttöinen (Jokinen 2016)

1908 Henry Fordin aloitettua T-Fordin valmistuksen ja muutaman vuoden kuluttua alkanut massatuotanto muokkasi ajoneuvojen hintoja niin, että polttomoottoriajoneuvojen hinnat laskivat rajusti jättäen sähköajoneuvot huomattavasti kalliimmiksi. Tästä alkoi sähköajoneuvojen alamäki, joka johti tulevien parin vuosikymmenen aikana siihen, että sähköajoneuvot katosivat markkinoilta kokonaan. (ElectricVehiclesNews n.d.)

1959-1961 valmistettiin Henney Kilowatt-sähköajoneuvoa, jonka huippunopeus oli 96 km/h ja yhdellä latauksella pystyi ajamaan lähes tunnin. Henney Kilowattia ei koskaan valmistettu suuria määriä mikä piti sen hinnan korkeana ja johti kyseisen ajoneuvon valmistuksen alasajoon. (ElectricVehiclesNews n.d.)



KUVA 5. Henney Kilowatt sähköajoneuvo (ElectricVehiclesNews n.d.)

1960-luvulta alkaen ympäristötietoisuuden kasvaminen ja huoli uusiutumattomien luonnonvarojen riittävydestä johti siihen, että sähköajoneuvoja ilmestyi markkinoille tasaisin väliajoin mutta mikään niistä ei noussut suureen suosioon.

1990-luvulla Kaliforniassa päätettiin ryhtyä laskemaan päästöjä, joka johti siihen, että muutamat autonvalmistajat ryhtyivät rakentamaan Kalifornian markkinoille sähköajoneuvoja. Suurin valmistaja oli General Motors, joka valmisti 1996-1999 välisenä aikana 1117 kappaletta EV1-sähköajoneuvoa. Muun muassa öljyteollisuus ei taloudellisista syistä halunnut kilpailua markkinoille, joten se vastusti sähköajoneuvoja vahvasti. Autonvalmistajille määrättiin lakeja, joissa esimerkiksi sähköautoja oli tuotettava prosentuaalisesta tiety määrä kokonais-tuotannosta. Huonosti organisoituna tämä johti siihen, että autonvalmistajat eivät tieneet riittäkö halukkaita ostajia vaadituille tuotantomäärille ja pikkuhiljaa myös autonvalmistajat lopettivat sähköautojen tuotannon. Kokonaisuudessaan Kaliforniassa tapahtuneet asiat sähköautoilun ympärillä olivat hyvin sekavia ja syyllisiä sähköautojen väliaikaiseen häviämiseen oli useita. (Who Killed The Electric Car? Youtube 2019.)

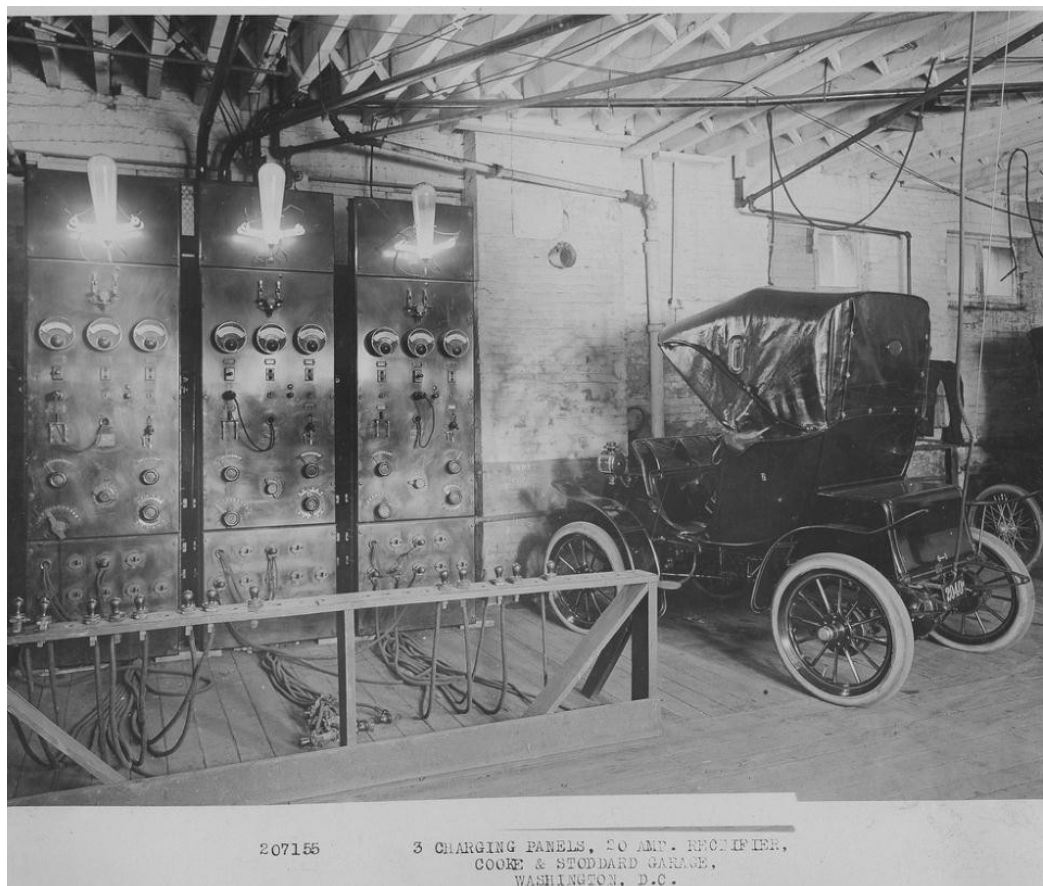
3.3 2000-luku

Vuonna 2003 perustettiin Tesla Motors eli nykyinen Tesla (Tesla 2019). Teslan perustamisesta voidaan sanoa lähteneen tämän hetkinen sähköajoneuvovillitys. Yrityksessä alusta lähtien mukana ollut Elon Musk on ollut erittäin vahvasti esillä julkisuudessa ja ilmaissut huolensa ilmastonmuutoksesta. Musk herättää ristiriitaisia tunteita, mutta ilman hänen näkyvää esillä oloansa, saattaisi sähköajoneuvojen tilanne olla hyvinkin erilainen tänä päivänä.

Huoli ilmastonmuutoksesta ja osittain Teslan menestys on johtanut siihen, että suurilta autonvalmistajilta alkaa tulla markkinoille myös täyssähköajoneuvoja jonkinlaiseen suosioon päässeiden hybridi-ajoneuvojen lisäksi.

3.4 Sähköautojen latauksen historia

Sähköautojen latauksessa ei ole reilun sadan vuoden aikana tapahtunut kovinkaan suuria muutoksia. Elektroniikkakomponenttien kehittymisen myötä on päästy eroon muun muassa vanhoista elohopeatoimisista tasasuuntaajista. Samalla myös latauslaitteiden fyysiset mitat ovat pienentyneet. Ensimmäisten sähköautojen akut olivat tuohon aikaan lyijyakkuja, joten lataus tapahtui teknisesti hyvin samalla tavalla kuin nykyauton 12 V akun lataus. Akut voitiin joko irrottaa ja ladata erityisissä ”akkuhuoneissa” tai sitten akut pysyivät ajoneuvoissaan ja niitä ladattiin sen aikaisilla latauslaitteilla. Yhdysvalloissa latauslaitteita oli kahdenlaisia, koska sähköä oli tarjolla tasa- tai vaihtosähköverkosta. (Wilson 2013.)



KUVA 6. Sähköauto latauksessa 1800-1900 luvun taitteessa (Wilson 2013)

4 LATAUSTAVAT JA PISTOKETYYPIT

4.1 Lataustavat

Standardi EN 61851-1 määrittelee sähköauton lataukseen käytettävät lataustavat. Lataustavat jaetaan jännitteen, virran ja lataustavan mukaan 4 eri lataustapaan, joista käytetään myös nimiä Mode 1-4. Näiden lisäksi lataustavoista käytetään myös kansankielisiä nimiä kuten esimerkiksi töpselilataus.

4.1.1 Lataustapa 1, Mode 1

Lataustavalla 1 sähköajoneuvo liitetään sähköverkkoon käyttäen korkeintaan 16 A ja 250 V yksivaiheista tai 480 V kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa sekä tehoa syöttäviä johtimia ja suojamaadoitusjohtimia. Yksivaiheisena pistorasiana käytetään Schuko-pistorasiaa ja kolmivaiheisena käytetään normaalia kolmivaihepistorasiaa. (ST-kortti 51.90 2018, 3.)

Lataustavan 1 syöttökaapelissa ei tarvitse olla erillisiä suojalaitteita, joten lataustapa soveltuu lähinnä pienien sähkökulkuneuvojen lataukseen, joihin kuuluvat esimerkiksi sähköpyörät, kevyet nelipyörät, skootterit ja sähkömoottoripyörät.



KUVA 7. Kevyen nelipyörän lataus lataustavalla 1 (Green eMotion n.d.)

4.1.2 Lataustapa 2, Mode 2

Lataustavalla 2 eli hitaalla latauksella tai tilapäisellä latauksella sähköajoneuvo liitetään sähköverkkoon käyttäen korkeintaan 32 A ja 250 V yksivaiheista tai 480 V kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa sekä tehoa syöttäviä johtimia ja suojamaadoitusjohtimia. Koska lataustapa 2 on tarkoitettu vain tilapäiseen latauskäyttöön, sitä tulisi käyttää vain, kun sähköajoneuvon varsinaista lataustapaa 3 ei ole käytettävissä. Tällöin pitkäaikainen latausvirta tulee olla rajoitettu 8 A, koska normaaleita kotitalouspistorasioita ei ole suunniteltu kestämään pitkää aikaa suurta latausvirtaa. Lataustavan 2 liitäntäjohdossa tulee olla tarvittavat suoja- ja ohjauslaitteet latausvirran säätämiseksi. Latausjohdon kytkennässä tulee ottaa huomioon suojalaiteyksikön aiheuttama vääntö- ja vetorasitus. Eri automerkkien latauskaapelit ovat rajoitettu 8-13 A riippuen automerkistä, johtuen normaaleiden pistorasioiden vähäisestä virrankestosta. Nykyään markkinoilla on myös standardin IEC 60884-1 ns. super-Schukoja, jotka kestävät jatkuvasti 16 A kuormituksen. (Arvinen 2016; ST-kortti 51.90 2018, 3.)

Tietyissä automalleissa on mahdollista hallita latausvirtaa myös ajoneuvon ajo-tietokoneen kautta ja markkinoilta löytyy myös lataustavan 2 liitäntäjohtoja, joissa voi itse valita virtarajan lataukselle. Näissä tapauksissa olisi hyvä varmistua käytettävän pistorasian kunnosta, jottei suositeltua suurempi latausvirta aiheuta ongelmia normaaleissa pistorasioissa.

Laadukkaimmissa itsesäädettävissä latausjohdoissa on lämpötila-anturi, joka tarkkailee pistorasian lämpötilaa ja lämpötilan kasvaessa pienentää latausvirtaa automaattisesti. Latauskaapeli osaa myös tarkkailla maadoituksen tilaa sekä mahdollisia eristysvirheitä latauksen aikana.



KUVA 8. Lataustavan 2 latauskaapeli, Schuko-mode 2 pistokkeilla (DEFA n.d.)

4.1.3 Lataustapa 3, Mode 3

Lataustavalla 3 eli peruslatauksella sähköajoneuvo liitetään kiinteään latauslaitteeseen. Latausvirta vaihtelee 6-63 A syöttökapasiteetin mukaan ja tällöin latausteho on siis 1,4-43 kW. Lataustapa 3 on suunniteltu erityisesti sähköajoneuvojen lataukseen ja tätä tulisi käyttää ensisijaisena lataustapana. Lataustapa 3 mahdollistaa tiedonsiirron ajoneuvon ja latauslaitteen välillä, jolla pystytään varmistamaan latauslaitteen ja ajoneuvon oikea kytkeytyminen lataustilanteessa sekä ohjaamaan latausta eri tavoin. Pistorasiana käytetään standardin EN 62196-2 mukaista pistorasiaa. (ST-kortti 51.90 2018, 3.)

Lataustavan 3 latauslaitteessa on joko tyypin 2 pistorasia tai kiinteä kaapeli. Pistorasialliseen malliin kytketään irrotettava latauskaapeli, jonka toisessa päässä on joko tyypin 1 tai tyypin 2 liitin automallista riippuen. Kiinteä kaapelisen mallin toisessa päässä on joko tyypin 1 tai tyypin 2 liitin automallista riippuen ja kaapelia ei saa irti latauslaitteesta.



KUVA 9. Lataustapa 3 (Sähköinfo 2015)

4.1.4 Lataustapa 4, Mode 4

Lataustavalla 4 eli tehollatauksella tai pikalatauksella sähköajoneuvo liitetään auton ulkopuoliseen latauslaitteeseen, jota syötetään vaihtosähköverkosta. Au-

ton ulkopuolinen laturi syöttää tasavirtaa suoraan ajoneuvon akustoon, jolloin auton sisäinen latauslaite ohitetaan. Pistokkeena käytetään standardin EN 62196-3 mukaista CHAdeMO tai CCS eli Combined Charging System-pikalatausstandardin mukaista pistoketyyppiä FF. Myös lataustavassa neljä hyödynnetään tiedonsiirtoa ajoneuvon ja latauslaitteen välillä. (ST-kortti 51.90 2018, 3.)

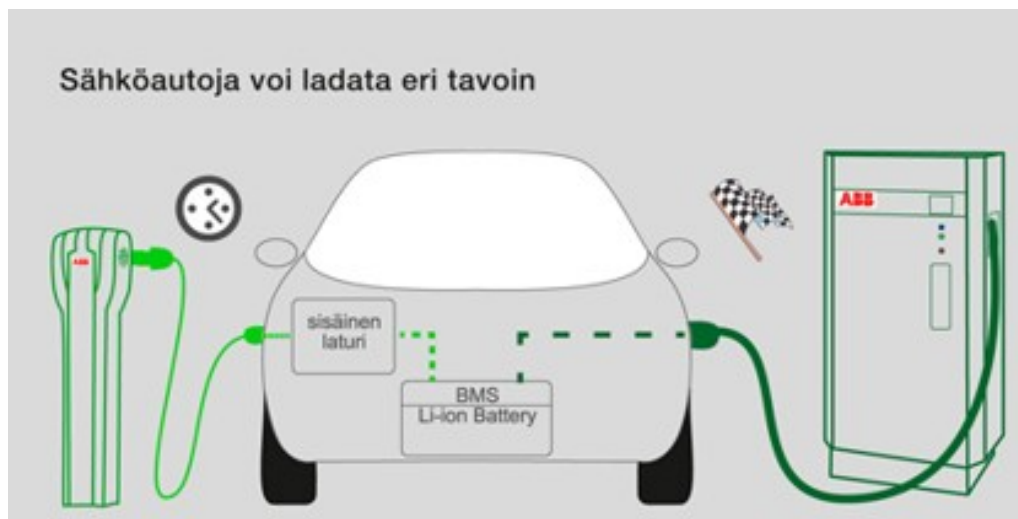
Suuritehoiset DC-lataus pisteet sijaitsevat pääosin julkisilla latausasemilla esimerkiksi huoltoasemien yhteydessä ympäri Suomea. Julkisten latausasemien latauspistokkeet vaihtelevat asemakohtaisesti riippuen palveluntarjoajasta. Esimerkiksi Fortum ylläpitää tällä hetkellä n. 400 Fortum Charge & Drive latauspistettä, joista 50 on pikalatauspisteitä. Koska latausmahdollisuudet vaihtelevat asemakohtaisesti, tulisi sähköautoilijan varmistaa ennen matkaa, löytyykö matkan varrelta oikeanlaista latausmahdollisuutta. Fortumin asemilta voi löytyä joko eritehoisia tyyppin 2 latauspistokkeita tai näiden lisäksi myös DC-pikalatauspistokkeita CCS ja CHAdeMO. (Fortum n.d.)



KUVA 10. Fortumin Charge & Drive latauspiste Raision ABC-huoltoasemalla (Ketola 2019)

1.11.2018 avattiin ensimmäinen uuden sukupolven DC-suurteholatausasema Lohjan ABC-huoltoasemalle. Alkuun asemalta voi ladata maksimissaan 150 kW teholla, mutta asema pystytään päivittämään myös 300 kW teholle. Tällä hetkellä vain muutamat autot kuten Hyundai Ioniq electric, Jaguar I-Pace ja Hyundai Kona electric pystyvät hyödyntämään 100-150 kW lataustehoa. Loppuvuonna 2019 mahdollisesti julkaistava Porsche Taycan pystyy hyödyntämään jopa 350 kW lataustehon. (Granström 2018.)

Lataustavoilla 2 ja 3 syötetään siis vaihtovirtaa auton sisäiselle laturille, joka muuntaa vaihtovirran akuille sopivaksi tasavirraksi. Auton sisäisen laturin mitoitukselta riippuu, kuinka nopeasti akut saadaan ladattua. Jos auton sisäisen laturi on teholtaan esimerkiksi 3,7 kW ei latauslaitteen syöttämästä suuremmasta tehosta ole hyötyä latauksen nopeuttamiseksi, koska sisäinen laturi kuristaa lataustehon 3,7 kW:iin. Kun autoa ladataan lataustavalla 4 eli tasavirralla, auton sisäinen laturi ohitetaan koska latauslaitteen syöttämä virta sopii ilman muuntamista akustolle. Alla oleva kuvio 2 selventää lataustavan 3 ja 4 eroa ja sitä miksi lataustapojen lataustehot eroavat toisistaan.



KUVIO 2. Auton vasemmalla puolella lataus lataustavalla 3 ja oikealla puolella lataustavalla 4 (ABB 2012)

Auton sisäisen laturin teho vaihtelee automerkeittäin pääsääntöisesti välillä 3,7-22 kW. Suurempi teho tarkoittaa nopeampaa latausta mutta samalla laturin suurempaa fyysistä kokoa ja massaa. Laturin fyysisen koon kasvun takia autojen

sisäisten laturien tehot tuskin kasvavat kovinkaan suuresti tulevaisuudessa, koska autoihin ei haluta ylimääräistä painoa.

DC-latauksen nopeutta rajoittavat mm. seuraavat seikat:

- Akusto lämpiää latauksen aikana mm. sisäisen resistanssin takia
- Kaapelien ja sähkökomponenttien virrankestoisuudet
- Latausaseman fyysinen koko kasvaa tehon kasvaessa

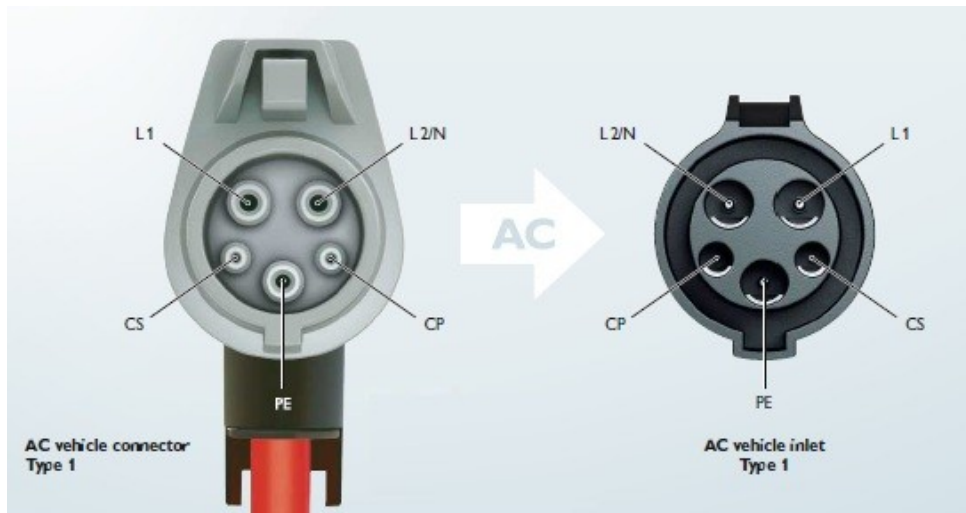
4.2 Latauspistokkeet

Lataustapoja 2 ja 3 varten pistoketyyppejä löytyy Suomesta pääasiassa kahta eri tyyppiä, tyyppiä 1 ja tyyppiä 2. On olemassa myös tyyppin 3 pistoke mutta se on käytössä pääosin Ranskassa paikallisista lakisyistä johtuen (Evchargeking n.d.).

Lataustapaa 4 eli tasavirtalatausta varten käytössä on kahta erilaista pikalatauspistoketta. CHAdeMO pikalatauspistoketta käyttävät lähinnä japanilaiset autonvalmistajat ja CCS Combo pikalatauspistoketta käyttävät taas pääsääntöisesti eurooppalaiset autonvalmistajat.

4.2.1 Pistoketyyppi 1, Yazaki, J1772_AC

Tyyppin 1 pistoke löytyy vanhemmista japanilaisista ja yhdysvaltalaisista autoista. Lataus toimii 1-vaiheisena ja sen maksimivirta on 80 A. 230 V jännitteellä ja 10-80 A sulakkeilla saadaan siis lataustehoa 2,3-18,4 kW. (Plugit n.d.)



Kuva 11. Lataustavan 3 pistoketyyppi 1. Vasemmalla latauskaapelin pistoke ja oikealla auton vastakappale (EVSE n.d.)

Pistokkeessa on 5 kosketintappia, joista 3 on varattu sähkönsyötölle ja 2 ohjauksille:

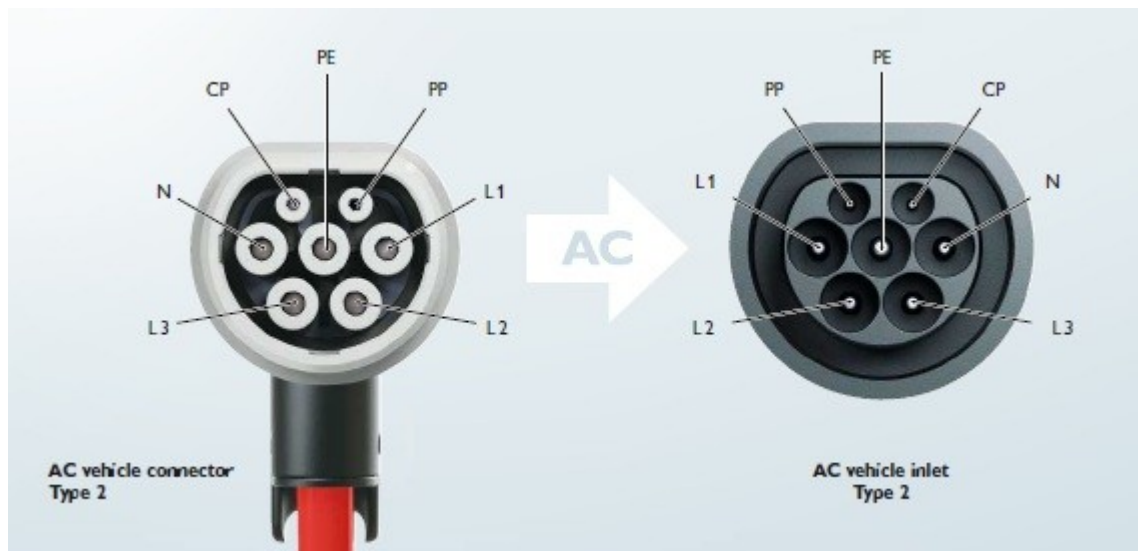
- L1 = vaihejohdin
- L2/N = nollajohdin
- PE = suojamaajohdin
- CP = auton ja latauslaitteen välinen virran ohjaus
- CS = latausyhteyden valvonta (EVSE, n.d.).

4.2.2 Pistoketyyppi 2, Mennekes

Tyyppin 2 pistoketta käytetään eurooppalaisissa autoissa. Lataus toimii joko yksi tai kolmivaiheisena maksimivirran ollessa 63 A. 230 V jännitteellä ja 10-63 A sulakkeilla latausteho on 2,3-43,6 kW. (Plugit n.d.)

Euroopan alueella on yhteinen pistokestandardi julkisten latausasemien pistokkeista ja myös Suomen lainsäädäntö määrittelee, että julkisilla latausasemilla tulee olla tyyppin 2 mukainen pistorasia tai latauskaapeli. (Finlex 2018.)

Tämä ajaa autonvalmistajia tuomaan Eurooppaan tyyppin 2 pistokkeellisia ajoneuvoja, kuten esimerkiksi uusi Nissan Leaf jonka aiempi malli käytti vielä tyyppin 1 pistoketta.



KUVA 12. Lataustavan 3 pistoketyyppi 2. Vasemmalla latauskaapelin pistoke ja oikealla auton vastakappale (EVSE n.d.)

Pistokkeessa on 7 kosketintappia, joista 5 on varattu sähkönsyötölle ja 2 ohjauksille:

- L1, L2 ja L3 = vaihejohtimet
- N = nollajohdin
- PE = suojamaajohdin
- CP = auton ja latauslaitteen välinen virran ohjaus
- PP = latausyhteyden valvonta (EVSE, n.d.).

CP-signaalin tehtävänä on siis ohjata latauksen aloitus, lopetus ja latausvirran suuruus latauksen aikana. PP-signaalilla ohjeistetaan latausvirran arvoa, mittaamalla PP-johtimen ja PE-johtimen välistä resistanssia. PP-signaalilla voidaan aktivoida myös ajonesto ja varmistaa latauspistokkeen kunnollinen kiinnittyminen (Falkman 2018, 48.)

Automallista riippuen pistoketyypin 2 vastakappale autossa voi olla myös tyyppiä CCS Combo, jollainen löytyy esimerkiksi uudesta Audi E-tronista. Tällöin tyyppin 2 pistoke asetetaan vastakappaleen yläosaan, kun taas DC-pikalatauksessa koko vastakappale tulee käyttöön.



KUVA 13. CCS Combo vastakappale Audi e-tronissa (Zap-Map 2019)

4.2.3 Pistoketyyppi 3, Scame

Tyyppin 3 pistokkeita käytetään yleisesti Ranskassa, koska paikallinen laki vaatii pistokkeisiin suojaläpät. Pistokkeita on erilaisia riippuen vaiheiden ja latausvirran määrästä.



KUVA 14. Ranskassa käytössä olevia latauspistokkeita ja vastakappaleita (SCAME n.d)

4.2.4 CHAdeMO-pistoke

CHAdeMO pikalatauspistokkeessa on 7 pienempää kosketintappia, joilla valvotaan ja ohjataan lataustapahtumaa. Kahdella suuremmalla kosketintapilla tapahtuu sähkönsiirto.



KUVA 15. CHAdeMO pikalatauspistoke (Ketola 2019)



KUVA 16. Uudemman korimallin Nissan Leafin vastakappaleet CHAdeMO pikalataukselle sekä tyypin 2 AC-lataukselle (Moottori 2018)

4.2.5 CCS Combo-pistoke

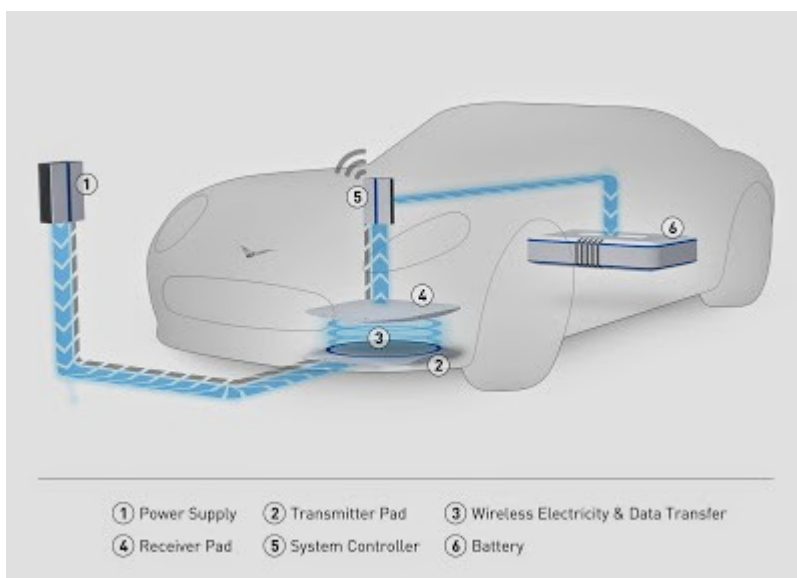
CCS Combo pikalatauspistokkeessa on 5 kosketintappia. Kolmen ylimmän kosketintapin toiminnot ovat samoja kuin pistoketyypissä 2 eli kahdella ylimmällä kosketintapilla ohjataan ja valvotaan lataustapahtumaa, keskellä oleva kosketintappi toimii suojajana ja alimmat kosketintapit huolehtivat sähkönsiirrosta.



KUVA 17. CCS Combo latauspistoke (Ketola 2019)

4.3 Langatonlataus

Langaton lataus perustuu induktioilmiöön, jossa latausalustan ensiökäämiin syötetään vaihtovirtaa, joka aiheuttaa muuttavan magneettikentän. Kun ajoneuvossa oleva vastaanotto- eli toisiokäämi tuodaan latauskäämin magneettikenttään, indusoituu sähkö toisiokäämiin, jolloin lataus alkaa. Langatonta latausta käytetään esimerkiksi sähköhammasharjojen ja matkapuhelimien lataukseen.



KUVA 18. Periaatekuva langattoman latauksen toiminnasta (Electric Vehicle News 2014)

Langatonta latausta on kokeiltu jo muutamilla lyhyillä tieosuuksilla esimerkiksi Ranskassa. Teknologian yleistyminen saattaa vielä ottaa hieman aikaa, sillä tekniikka on vielä kallista, jotta pystyttäisiin rakentamaan pitkiä matkoja lataavaa tietä. (Tekniikan maailma 2017.)

Ruotsissa Arlandan lentokentällä on 2 kilometriä pitkä tie, johon on upotettu virtakisko, josta ajoneuvot saavat sähköä. Tie kulkee Arlandan lentokentältä läheiselle logiikkakeskukselle. Kyseessä ei ole langaton teknologia vaan autossa tarvitsee olla erillinen ”varsi”, jota pitkin sähkö kulkee virtakiskosta ajoneuvoon. ”Varsi” on joustava ja nousee automaattisesti ylös esimerkiksi ohitustilanteissa. Virtakisko on jaettu 50 metrin osiin ja yhdessä virtakiskon osassa on sähkö vain, kun ajoneuvo on tällaisen 50 metrin osan kohdalla. Virtakisko on upotettu 5-6 cm syvyyteen, joten se on turvallinen myös jalankulkijoille. Vaikka tie kasteltaisiin suolavedellä, muodostuu tien pinnalle vain 1 V suuruinen jännite. Yksi logiikkakeskuksen vanhoista dieselpakettiautoista on muutettu sähköiseksi testikäyttöön tietä varten. Kokeilun onnistuttua Ruotsissa ollaan valmiita laajentamaan lataava tieverkkoa koko maan kattavaksi. (Kokkonen 2018.)

4.4 Akunvaihtoasemat

Viimeisen 10 vuoden aikana muutamat yritykset ovat perustaneet akunvaihtoasemia, joiden menestys on ollut heikkoa. Esimerkiksi Teslalla oli muutamia akunvaihtoasemia Yhdysvalloissa 4-5 vuotta sitten, mutta sittemmin ne ovat sulkeutuneet. Uusin yrittäjä alalla on kiinalainen NIO Power, joka avasi ensimmäisen oman akunvaihtoaseman Kiinaan vuonna 2018. Asemalla voi vaihtaa Kiinalaisen ES8 sähköauton akkuja jopa kolmessa minuutissa. Yhtiöllä on tavoitteena perustaa yli 1000 asemaa vuoteen 2020 mennessä Kiinaan. (Kane 2018.)

4.5 V2G- ja V2H-tekniikat

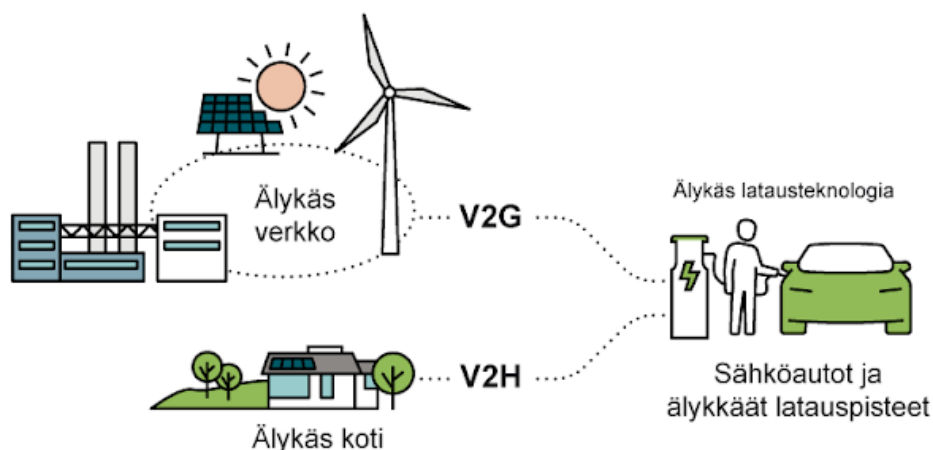
V2G eli vehicle to grid -teknologia tarjoaa mahdollisuuden hyödyntää sähköauton akkuja varavoimanlähteenä. Ideana on siis, että auton akuista voidaan syöt-

tää sähköä takaisin sähköverkkoon tarpeen tullen. Laajassa mittakaavassa suu- resta määrästä autoja olisi siis mahdollista saada myös paljon varavoimaa. Au- tojen varavoimalla voitaisiin tasoittaa sähkönkulutuksen huippuja. (Virta V2G 2018)

V2G teknologia on yhä testikäytössä ja kaksisuuntaiseen lataukseen kykeneviä latauslaitteita on markkinoilla vielä vähän, kuten myös teknologiaa tukevia auto- ja. 2017 avattiin Helsingin Suvilahden Suomen ensimmäinen kaksisuuntainen latauspiste, joka toimii yhtenäisessä energiajärjestelmässä sähköyhtiö Helenin aurinkovoimalan ja sähkövaraston kanssa. Suvilahden energiajärjestelmällä pyritään tasapainottamaan energiantuotannon ja -kulutuksen vaihteluita. (Helen 2019.)

Tulevaisuus näyttää millaiseksi latauksen hinnoittelu muodostuu erityisesti, kun sähköä siirretään takaisin sähköverkkoon. Verkon älykkyyden ansiosta auto voidaan ladata silloin kun sähkön hinta on halvimmillaan, mutta riittääkö tämä autoilijalle? Vaihtoehtona on luoda hinnoittelu sähkönsiirrolle sähköverkkoon tai mahdollisesti jopa sisällyttää kaksisuuntainen lataus standardeihin sähköverkon ylläpitämisen kustannuksella.

V2H eli vehicle to home on käytännössä sama teknologia kuin V2G, mutta täs- sä auton akkuja käytetään varavoimanlähteenä kotitalouksissa. Esimerkiksi sähkökatkon aikana saataisiin auton akusta sähköä talon tärkeimmille sähkölait- teille. Varavoiman riittoisuuteen vaikuttaa hyvin paljon auton akun kapasiteetti, akun varaustaso ja kiinteistön kuorman määrä.



KUVIO 3. V2G- ja V2H-tekniikoiden periaatekuvio (Electromobility 2016)

5 LAITEVALMISTAJAT

5.1 Ensto

Ensto on suomalainen perheyrittäjä, jonka liiketoiminta on jaettu 3 liiketoimintaluokkaan. Ensto Smart Buildings keskittyy älykkäisiin talotekniikan ratkaisuihin, Ensto Utility Networks keskittyy varmistamaan sähköverkojen kapasiteetin ja sähkön laadun sähköyhtiön sähköverkoissa ja Ensto Digital Solutions keskittyy tiedonsiirtoverkkoihin. Ensto työllistää 1600 ihmistä Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Aasiassa. (Ensto n.d.)

Ensto tarjoaa sähköauton lataukseen laitteita 1,4 kW AC-latauslaitteista aina 150 kW DC-pikalatauslaitteisiin. Enston latauslaitteet voidaan jakaa 3 luokkaan kotilatauslaitteisiin, julkisiin latauslaitteisiin ja pikalatauslaitteisiin.

Ensto Chago eFiller on saatavana 1- tai 3-vaiheisina versioina. Latausteho vaihtelee 1,4 kW:sta 11 kW:iin, riippuen latauslaitteen asetuksista. Laite on saatavilla vain kiinteällä kaapelilla, jossa on tyypin 2 pistoke. Laite ei sisällä kuormanhallinnan tai käyttäjätunnistuksen ominaisuuksia eikä sisäänrakennettua vikavirtasuojaa. Suunnittelu- ja asennusvaiheessa täytyy muistaa siis valita B-tyypin vikavirtasuojajärjestelmä kyseiselle laitteelle. (Ensto eFiller n.d.)



KUVA 19. Enston eFiller latauslaite (Ensto eFiller n.d.)

Ensto Chago Wallbox on saatavana 3-vaiheisena lataustehon vaihdellessa 4,1 kW:sta 22 kW:iin asetuksista riippuen. Laite on saatavana joko yhdellä tai kahdella tyypin 2 pistorasialla. Laite on mahdollista saada myös pilvipalvelulla, mobiilidatayhteydellä tai latauskaapelin irrotusmahdollisuudella sähkökatkon sattuessa. Käyttäjän tunnistus tapahtuu joko RFID-tägillä tai mobiilisovelluksella kolmannen osapuolen operaattorien kautta. Laite sisältää DC-vikavirrantunnistuksen, joten laite tarvitsee tämän lisäksi A-tyypin vikavirtasuojan. Laite kykenee myös dynaamiseen kuormanhallintaan. (Ensto Chago Wallbox n.d.)



KUVA 20. Enston Chago Wallbox latauslaite (Ensto Chago Wallbox n.d.)

Ensto Chago Pro on kolmivaiheinen 22 kW latauslaite julkisiin kohteisiin. Laitetta saa joko yhdellä tai kahdella tyypin 2 pistorasialla. Laitteessa on sisäänrakennettu johdonsuojakatkaisija sekä DC-vikavirrantunnistus. Käyttäjän tunnistus tapahtuu joko RFID/NFC -tägillä tai mobiilisovelluksella. (Ensto Chago Pro n.d.)

Ensto Chago Media on kehitteillä oleva 22 kW latauslaite ulkomainontaa varten, joka on varustettu 46” tai 55” näytöllä. Koska laite on vielä kehitysasteella, ovat sen tarkemmat tiedot vielä avoinna, mutta tämän hetkisten tietojen perusteella laite on hyvin laajasti varusteltu ja muunneltavissa. (Ensto Chago Media n.d.)



KUVA 21. Enston Chago Media latauslaite (Ensto Chago Media n.d.)

Ensto EV Manager on Enston käyttöliittymä latauslaitteiden hallintaan, operointiin ja käyttäjäkohtaiseen raportointiin. Ohjelma toimii siis Enston latauslaitteiden ja kolmannen osapuolen palveluntarjoajan yhdistäjänä. Ohjelmalla pystytään luomaan eri käyttäjäryhmiä ja täten hallitsemaan heidän latauksiaan. Ohjelma mahdollistaa myös käyttäjäkohtaiset raportit kulutustietoineen. Ohjelman avulla pystytään myös etäkäyttämään latauslaitetta, jolloin latauksen voi esimerkiksi aloittaa tai lopettaa mobiililaitteen avulla etänä. (Ensto EV Manager n.d)

5.2 ABB

ABB on automaatiotekniikkaan ja sähkövoimatekniikkaan perehtynyt yritys, joka toimii yli 100 maassa ja työllistää n. 147 000 henkilöä (ABB n.d.). ABB:ltä löytyy tuotteita sähköajoneuvojen lataukseen hyvin kattavasti aina pienistä henkilö- ja pakettiautoille tarkoitetuista 2,2 kW AC-latausrasioista, raskaankaluston 600 kW DC-pikalatauslaitteisiin.

ABB:n EVLunic Basic- ja EVLunic Basic+ sarjan AC-latausrasiat ovat tarkoitettu pienempiin latausjärjestelmiin, jolloin latausrasialta ei vielä vaadita kaikkia ominaisuuksia kuten esimerkiksi älykästä kuormanhallintaa. Kaikki ABB:n latausrasiat sisältävät sisäänrakennetun DC-vuotovirran mittauksen, joten tyyppin A vikavirtasuojaa riittää vikavirtasuojaukseen. Tästä huolimatta ABB suosittelee käyttämään B-tyypin vikavirtasuojaa. (ABB tuote-esite 2018, 2.)

EVLunic Basic latausrasia on yksivaiheinen ja sen latausvirta on säädettävissä DIP-kytkimillä 10 A, 13 A, 16 A tai 20 A riippuen latausrasiaa syöttävästä sula-

kekoosta. Latausteho vaihtelee siis 2,3 kW:sta 6,6 kW:iin. EVLunic Basic latausrasiaa saa joko tyypin 2 pistorasialla tai kiinteällä kaapelilla joko tyypin 1 tai tyypin 2 pistokkeella. (ABB tuote-esite 2018, 2.)

EVLunic Basic+ latausrasia on kolmivaiheinen ja sen latausvirta on säädettävissä DIP-kytkimillä 10 A, 13 A, 16 A, 20 A, 25 A tai 32 A. Latausrasian maksimilataustehoksi muodostuu 32 A asetuksella 22 kW. Latausrasia on mahdollista varustaa joko avaimella tai RFID-lukijalla käyttäjän tunnistusta varten. Latausrasiassa olevilla potentiaalivapailta kosketintiedoilla voidaan joko ohjata latausta vastaava kuorma pois päältä latauksen ajaksi tai käynnistää lataus kauko-ohjattuna esimerkiksi kytkimellä. Latausrasia on saatavana joko tyypin 2 pistorasialla tai kiinteällä kaapelilla pistoketyypillä 1 tai 2. (ABB tuote-esite 2018, 3.)

EVLunic Pro -sarja on tarkoitettu suuremmille latausjärjestelmille ja se sisältää jo älykästä kuormanhallintaa. Pro -sarjan ideana on, että yhdestä latauslaitteesta tehdään Master-latausasema, joka ohjaa 1-15 Slave-latausasemaa. Tällöin jokainen latausasema liitetään Ethernet-kytkimeen omalla CAT-6 kaapelilla, joilla järjestelmää ohjataan. Master-latausasemalle asetetaan käytettävä maksimilatausvirta, minkä perusteella Master-latausasema ohjaa itseään ja Slave-latausasemia. Järjestelmä voidaan liittää myös latausoperaattorin pilvipalveluun OCPP-tiedonsiirtoyhteydellä. Ideana on, että jokaista 16 pisteen latausjärjestelmää syötetään omalla alakeskuksellaan. Latausjärjestelmää on helppo rakentaa osissa ja kun saavutetaan 16 latauspisteen raja, voidaan järjestelmää laajentaa 16 latauspisteen monikertoina. (ABB tuote-esite 2018, 4.)

Pro -sarjan latausrasiat ovat 3 vaiheisia ja maksimilatausteho on 22kW. Latausrasiat sisältävät sisäänrakennetun energiamittarin. Pro sarjaa voidaan hallita myös esimerkiksi KNX-taloautomaation kautta, jos lataukselle halutaan asettaa esimerkiksi maksimi kesto vaikkapa kauppakeskuksissa. (ABB tuote-esite 2018, 4.)

ABB valmistaa myös latauskäyttöön suunniteltuja eVc- latauskeskuksia 15 latauslaitteelle, jotka voidaan räätälöidä latausjärjestelmän tarpeiden mukaan. Keskkukset on mahdollista varustaa EQmatic-raportointitoiminnolla, jolla pystytään lähettämään esimerkiksi henkilöstön lataukseen käyttämä energianmäärä

määriteltyyn sähköpostiosoitteeseen. Keskus voidaan varustaa myös KNX-laitteistolla, jos latausjärjestelmää halutaan hallita paikallisesti ilman ulkopuolista latausoperaattoria. Tällöin pystytään paikallisesti tunnistamaan käyttäjät, valvomaan kokonaiskuormaa, tallentamaan tapahtumaloki ja tuottamaan raportit automaattisesti esimerkiksi isännöitsijälle. (ABB tuote-esite 2018, 6.)

Vuoden 2019 aikana ABB:ltä pitäisi tulla markkinoille DC-latauslaite kotikäyttöön, jolla tämän hetken tietojen perusteella voitaisiin ladata n. 20-25 kW teholla. Opinnäytetyötä tehtäessä kyseinen latauslaite ei vielä ollut ilmaantunut markkinoille.

ABB on vahvasti esillä myös julkisilla latauspaikoilla, kun esimerkiksi ABC-huoltoasemilla käytössä olevat latauslaitteet ovat ABB:n valmistamia. Latauslaitteiden kokoonpano vaihtelee asemittain, mutta esimerkiksi Rasion ABC-huoltoasemalla sijaitsevalla Fortumin ylläpitämällä ABB:n latauslaitteella voi ladata 43 kW AC-latausta kiinteällä tyypin 2 pistokkeella, 50 kW DC-latausta CHAdeMO-pistokkeella ja 50 kW DC-latausta CCS-pistokkeella. Myös vuonna 2018 Lohjan ABC:lle valmistunut 150 kW suurteholatausasema on ABB:n valmistama (ABB 2019).

ABB on toiminut myös vuodesta 2018 lähtien Formula E -sarjan nimikkosponsorina ja on vahvasti esillä kilpailuissa. ABB:n sponsorointi Formula E -sarjassa on loogista, koska ABB on markkina- ja teknologiajohtaja sähköautojen pikalatauksessa. (ABB uutiset 2018.)

5.3 Schneider Electric

Schneider Electric on ranskalainen yhtiö, joka toimii hyvin laajasti sähköalalla toimittaen tuotteita mm. kiinteistöihin, kiinteistönhallintaan, sähkönjakeluun, keskijännitejakeluun, kriittisiin virranhallinta kohteisiin ja teollisuusautomaatioon. Yritys työllistää n. 145 000 työntekijää maailmanlaajuisesti. (Schneider Electric n.d.)

Schneider tarjoaa sähköauton lataukseen 3 eritasoista latausasemaa. EVlink Wallbox ja EVlink Smart Wallbox ovat ulkonäöltään samanlaisia latausasemia, mutta tekniset ominaisuudet vaihtelevat. EVlink Wallbox on tarkoitettu pääsääntöisesti koti- ja yksityiskäyttöön, kun taas EVlink Smart Wallbox on tarkoitettu suurempiin yhteiskäyttökohteisiin. EVlink Parking latausasema on tarkoitettu julkisiin kohteisiin.

EVlink Wallbox latausasema on saatavilla 1- tai 3-vaiheisena lataustehon ollessa 3,7-22,1 kW. Latausvirtaa ei ole mahdollista säätää DIP-kytkimillä, kuten monilla kilpailijoilla. Latausasemassa on potentiaalivapaa tuloliitin, jota voidaan käyttää kellon, kuormituskontaktorin tai katkaisijan kanssa. Kellolla lataus voidaan ajoittaa haluttuun ajankohtaan. Kuormituskontaktorin avulla varmistetaan, ettei esimerkiksi talon pääsulakkeet pala liiallisen kuorman takia. Katkaisijalla voidaan esimerkiksi pudottaa yksivaiheista latausvirtaa 16 A:sta 10 A:iin ja kolmivaiheista latausvirtaa 32 A:sta 16 A:iin. Latausasemaa saa joko tyyppin 2 pistorasialla tai kiinteällä kaapelilla tyyppin 1 tai 2 pistokkeella. Käyttäjän tunnistamiseksi on mahdollista saada avainlukitus. (Schneider Electric EVlink Wallbox n.d.)

EVlink Smart Wallbox latausasemaan on tavallisen EVlink Wallboxin varusteiden lisäksi saatavana tavallinen Schuko-pistorasia, RFID-tunnistus, WiFi-moduuli, GPRS-/3G-modeemi ja energianmittaustoiminto. Latausaseman latausteho on rajoitettavissa portaattomasti välillä 8-32 A. Latausasema voidaan liittää OCPP-standardilla 3 osapuolen palveluihin tai kiinteistön hallintajärjestelmään Modbusin välityksellä. (Schneider Electric EVlink Smart Wallbox n.d.)



KUVA 22. Schneider Electricin EVlink Wallbox -sarjan latauslaite (Schneider Electric EVlink Smart Wallbox n.d.)

EVlink Parking latausasemaa on saatavana 7,4 kW ja 22,1 kW versioina. Latausvirta on säädettävissä välillä 6 A – 32 A. Latausasemaa on saatavilla yhdellä tai kahdella tyyppin 2 pistorasialla sekä yhdellä Schuko-pistorasialla ja yhdellä tyyppin 2 pistorasialla. Asema voidaan ohjelmoida joko vapaaseen käyttöön tai käyttäjän tunnistus tapahtuu RFID-kortilla. Latausasema voidaan liittää taustajärjestelmään tarvittaessa. Latausasemat voivat toimia joko itsenäisesti tai keskitettynä latausjärjestelmänä. (Schneider Electric EVlink Parking n.d.)



KUVA 23. Schneider Electricin EVlink Parking latauslaite (Schneider Electric EVlink Parking n.d.)

EVlink selainpohjaisella energianhallinnalla voidaan latausasemien asetuksia muuttaa, jos halutaan esimerkiksi jakaa käyttäjät eri ryhmiin. Tällöin eri ryhmille voidaan määrittää latausoikeudet tai latausrajoitukset tarpeen mukaan. Myös lataustehoa voidaan säätää joko dynaamisesti tai kiinteän arvon perusteella. Suositeltavin tapa on yhdistää EVlink energianhallintajärjestelmä ja kiinteistön sähköhallintajärjestelmät keskenään. Tällöin varmistutaan siitä, että kiinteistön sähköjärjestelmät ovat etusijalla latausjärjestelmään nähden. (Schneider Electric 2018.)

6 LATAUSPALVELUIDEN TARJOAJAT

6.1 Liikennevirta Oy

Liikennevirta Oy, josta käytetään useasti pelkästään nimeä Virta, on 2013 usean Suomalaisen sähköyhtiön perustama yritys. Energiayhtiöiden tarkoituksena oli perustaa koko Suomen kattava sähköautojen latausverkosto. Tällä hetkellä Virta on markkinajohtaja suomessa ja tarjoaa laajimman julkisen latausverkon. Virta on laajentunut jo 11 maahan ja näissä maissa paikalliset verkkoyhtiöt ja latausverkko-operaattorit tarjoavat Virran palveluita omilla brändeillään. (Virta 2019.)

Virta tarjoaa siis Suomen laajimman julkisen latausverkon, joka sisälsi yli 500 latauspistettä lokakuussa 2018. Lataajan suositellaan rekisteröityvän Virran asiakkaaksi, jolloin lataaminen on helpompaa ja edullisempaa kuin rekisteröimättömällä asiakkaalla. Rekisteröitymisen yhteydessä Virran tilille siirretään 30 €, josta vähennetään latauksien kustannukset. Kun tilin arvo alittaa 10 € rajan, ladataan tilille automaattisesti 30 € lisää rahaa. Palvelu toimii siis osittain kuukausimaksuperiaatteella riippuen latauksien määrästä. Jos asiakas ei kuukauden aikana lataa autoaan kertaakaan, maksaa Virran palvelun käyttö 1 € kuukaudessa. Mutta jos kuukauden aikana on siis edes yksi lataustapahtuma, ei euron kuukausimaksua veloiteta. Asiakassivujen kautta voi myös itse lisätä rahaa Virran tilille näin halutessaan. (Antila 2018.)

Palvelun käyttäjä voi tunnistautua julkisella latauspisteellä joko RFID-tunnisteella tai mobiilisovelluksella. Tunnistautuminen onnistuu teoriassa myös uudella ISO15118 standardilla, jossa latauskaapeli toimii tiedonsiirtokaapelina. Ideana on siis, että latauslaite ja latauspalvelu tunnistavat ajoneuvon ja tätä kautta varmistaa asiakastilin tiedot ja sallii tai estää latauksen tietojen perusteella. Tällöin tunnistautumiseen ei tarvittaisi mobiilisovellusta tai RFID-tunnistetta. Lataaminen onnistuu myös ilman rekisteröitymistä, mutta tällöin latauksen loppuhintaan lisätään 30 % suuruinen siirtokustannus. Rekisteröityneet asiakkaat voivat hyödyntää Euroopassa yli 10 000 latauspistettä samalla mobiilisovelluksella ja RFID-tunnisteella kuin mitä he käyttävät Suomessa. (Antila 2018.)

Virran mobiilisovelluksen kautta pystyy etsimään latauspisteitä, tarkastamaan latauspistekohtaiset hinnat, varaamaan latauspisteen ennakoon sekä joko aloittamaan tai lopettamaan latauksen. (Antila 2018.)

Latauksen hinta vaihtelee latauspisteen omistajan hinnoittelun mukaisesti. Latauspistekohtaiset hintatiedot löytyvät Virran mobiilisovelluksen tai verkkosivuston karttapalvelun kautta. Pääsääntöisesti latauksen hinta koostuu ladatun sähkön kWh-hinnasta sekä lataukseen käytetystä ajasta. Mobiilisovelluksen ja verkkosivuston karttapalvelun kautta näkee myös latauspistekohtaiset pistoketyypit, jotka vaihtelevat pistekohtaisesti. (Antila 2018.)

Virta tarjoaa myös latauslaitteita, jotka sisältävät Virta-palvelun yleensä 36 kuukaudeksi. Latauslaitteet on jaettu kolmeen kategoriaan, jotka ovat Virta Koti, Virta Kiinteistö ja Virta Business. (Antila 2018.)

Virta Koti sisältää maksimilatausteholtaan 22 kW:n ICU EVe Mini latausaseman tyyppin 2 pistorasialla sekä Virta palvelun 36 kuukaudeksi. Paketti maksoi maaliskuussa 2019 1549 € kertamaksulla tai 49 € kuukaudessa 36 kuukauden sopimuksella. Hinta ei sisällä latausaseman asennusta. 36 kuukauden jälkeen sopimus jatkuu sen hetkisen hinnaston perusteella kuukauden irtisanomisajalla. (Virta Koti 2019.)

Virta palvelulla pystytään latausta ohjaamaan sähkön Nord Pool Spot-markkinahinnan perusteella. Palvelun avulla pystytään myös tekemään raportit työnantajalle, jos käytössä on vapaa autoetu. Palvelulla voi myös jakaa oman latausaseman muiden käyttöön joko rajattuna ryhmänä tai kaikille avoimena. Tällöin voidaan asettaa hinta latausaseman käytölle, jonka Virta tilittää tilillesi automaattisesti. (Antila 2018.)

Virta Kiinteistön voi valita kolmella eri latauslaitteella. ICU EVe Mini latauslaite yhdelle autolle, ICU EVe latauslaite kahdelle autolle tai Chago Pro latauslaite kahdelle autolle. Latauspisteille voidaan luoda halutut käyttäjäryhmät tarvittaessa. Kaikki paketit sisältävät Virta palvelun 36 kk ja pakettien hinnat maaliskuussa 2019 olivat 2093 €, 4202 € ja 5175 €. (Virta Kiinteistö 2019.)

Virta Business sisältää samat tuotteet kuin Virta Kiinteistö paketti ja sen lisäksi latauspisteet julkaistaan Virran ja yhteistyökumppaneiden kartoilla. Business paketin latauspisteiden käyttöä ei voi rajoittaa, joten latauspisteet ovat kaikkien sähköautoilijoiden käytettävissä. Business pakettien hinnat maaliskuussa 2019 olivat 2681 €, 5085 € ja 6059 €. (Virta Business 2019.)



KUVA 24. Virran Business-pakettiin kuuluva latauslaite kahdelle autolle (Virta Business 2019.)

6.2 Parkkisähkö Oy

Parkkisähkö Oy tarjoaa ratkaisuja nykyisten autonlämmitystolppien hyödyntämiseksi sähköautojen lataukseen niin sanottuna kokonaisvaltaisena pakettina. Parkkisähkö tarjoaa palveluaan avaimet käteen periaatteella aina yksittäisestä latauspisteestä monien satojen autojen parkkialueisiin. Periaatteena on, että nykyinen lämmitysrasia vaihdetaan Parkkisähkön älykkääseen rasiaan. Toisena vaihtoehtona on varustaa uudet parkkipaikat Parkkisähkön pikaliittimellä, johon voidaan asentaa tarpeen tullen joko latausrasia, lämmitysrasia tai näiden yhdistelmä.

Latausrasian äly on itse asiassa Parkkisähkön älymoduulissa, joka on ulkonäöltään hyvin lähellä normaalia mekaanista kellokytkintä. Tapauskohtaisesti saattaa olla mahdollista vaihtaa nykyisen lämmitysrasian pelkkä mekaaninen kellokytkin Parkkisähkön älymoduuliin. Älymoduuli mittaa kulutetun sähkön ja las-

kuttaa tämän perusteella lataajaa. Parkkisähkö tilittää tämän jälkeen käytetyn sähkön hinnan takaisin taloyhtiölle. Taloyhtiö määrittää lataussähkölle kWh-hinnan, minkä lisäksi Parkkisähkö perii 0,02 €/kWh sisältäen arvonlisäveron. (Parkkisähkö 2018, 6)

Parkkisähköltä löytyy myös julkisia latauspisteitä Helsingistä, Riihimäeltä ja Tampereelta. Toistaiseksi suurin osa latauspisteistä on Schuko-pistorasiallisia, mutta muutamassa Helsingin kohteessa on jo myös mahdollista ladata lataustavalla 3. Lataushinta vaihtelee palveluntarjoajan mukaan ja hinnat ovat nähtävillä latauspisteiden yhteydessä. Esimerkiksi Tampereella sijaitsevissa Schuko-latauspisteissä lataus maksaa 0,12 €/kWh. Jos käytetään lataustapaa 3, tulee päälle vielä aikaveloitus, joka on 0,02 €/min. Koska Parkkisähkön latauspisteet sijaitsevat hyvin usein parkkihalleissa, joutuu lataussähkön lisäksi maksamaan vielä pysäköinnistäkin. (Parkkisähkö 2018, 7-8)

Käyttäjän tunnistus tapahtuu latauskaapeliin kiinnitettävällä NFC-tunnisteella. Samaa tunnistetta voi käyttää omalla latauspaikalla kuin myös julkisilla latauspaikoilla. NFC-tunnisteen ei tarvitse olla latauskaapeliin liitettävää mallia, vaan tunnistautumiseen voi käyttää mitä tahansa NFC-tunnisteista korttia.

Parkkisähkön älymoduuli toimii langattomasti joko 3G/4G tai Wi-Fi yhteyksillä. Tällöin pystytään myös kuormanhallintaan, mikä takaa kiinteistön sähkönjakelun riittävyyden. Latausrasiasia voidaan ohjata myös mobiilisovelluksen kautta. (Parkkisähkö 2018, 10-12)



KUVA 25. Latausrasia, jossa vasemmalla tavallinen mekaaninen kellokytkin ja oikealla Parkkisähkön älymoduuli (Parkkisähkö n.d.)

7 LATAUSPISTEIDEN MITOITTAMISESTA

7.1 ST-kortti 51.90

Kun lähdetään mitoittamaan latauspisteitä, on suunnittelijalla apunaan ST-kortti 51.90. ST-kortissa kerrotaan yleisiä tietoja sähköautoista, lataustavoista, pistoketyypeistä, latauspisteiden toteutusperiaatteista, käyttöönotosta, teholaskelmista, taustajärjestelmistä ja kuormanhallinnasta. ST-kortista löytyy myös malliratkaisuja erilaisiin kohteisiin.

Lataukseen liittyvät standardit, määräykset ja ohjeet

Sähköautojen lataukseen liittyvät erityisesti seuraavat standardit, määräykset ja ohjeet:

- SFS 6000 -standardisarja, erityisesti osat:
 - SFS 6000-4-4. Suojaus sähköiskulta
 - SFS 6000-7-722. Erikoistilojen ja asennusten vaatimukset, sähköajoneuvojen syöttö
 - SFS 6000-8-813. Täydentävät vaatimukset. Pistokytkimien valinta ja asentaminen
- SFS-EN 61439 –standardisarja. Pienjännitekeskukset.
- SFS-EN 61851 –standardisarja. Electric vehicle conductive charging system.
- SFS-EN 62196 –standardisarja. Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets
- Open Charge Point Protocol. OCPP
- SESKO lataussuositus SK69 (ST-kortti 51.90 2018, 1).

Sähköautoiluun liittyvät standardit, määräykset ja ohjeistukset elävät hyvin paljon tällä hetkellä, koska sähköautoilu on vielä tuore asia alalla. Standardeja päivitetään ahkerasti ja uusille teknologioille luodaan omia standardeja.

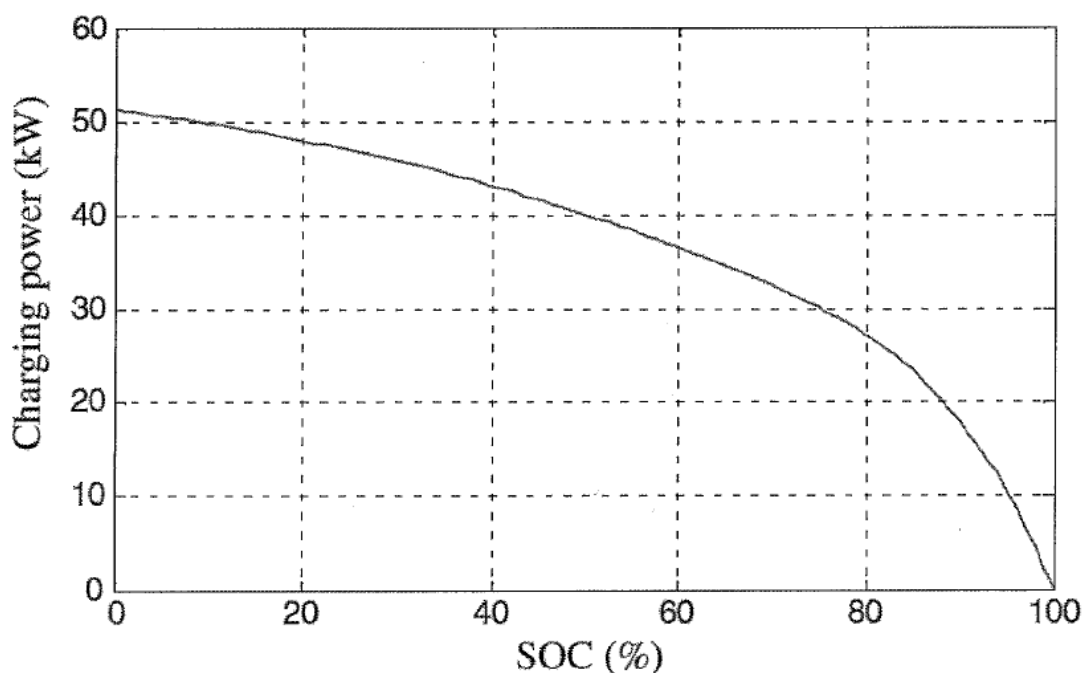
Sähköautojen lataus

ST-kortti suosittelee käytettäväksi latauspisteiden mitoituksessa sähköauton keskipulutusena 20 kWh/100 km. On myös huomioitava, että latausasemien standardeissa pienimmäksi AC-latausvirraksi esitetään 6 A mutta kaikkien sähköautojen lataus ei välttämättä käynnisty näin pienellä latausvirralla ollenkaan. Tämä tulee huomioida erityisesti, kun suunnitellaan dynaamista latausjärjestel-

mää, koska nämä järjestelmät voivat tilanteesta riippuen laskea latausvirran myös 6 A tasolle. Tulee myös huomioida sähkönjakeluverkon riittävyys suhteessa käyttäjän toivomuksille lataustehoon nähden. Kesämökille voi olla teknisesti mahdotonta asentaa suuritehoista latauslaitetta ilman kalliita investointeja sähköverkon päivittämiseksi halutulle tasolle. (ST-kortti 51.90 2018, 2.)

Sähköautojen sisäisten laturien koot vaihtelevat automallikohtaisesti. Plug-in hybridien sisäiset laturit ovat pääsääntöisesti 1-vaiheisia ja kykenet ottamaan vastaan 3,7 kW lataustehoa. Täyssähköautojen sisäiset laturit vaihtelet 3,7-22 kW latausteholtaan. Nämä lataustehot koskevat siis AC-latausta. DC-pikalatauksen lataustehot lähtevät 50 kW ylöspäin.

Kun sähköautoa ladataan, täytyy ottaa huomioon myös ympäristön olosuhteet ja akun oma varaustaso. Kylmällä kelillä akku ottaa huonommin virtaa vastaan ja osa syötetystä virrasta käytetään akkujen lämmittämiseen. Lämpimällä kelillä taas akkuja voidaan joutua jäädyttämään ja lataustehoa rajoittamaan. Kun akku saavuttaa n. 80 % varaustason sen kyky ottaa latausta vastaan hidastuu huomattavasti, tämä kannattaa huomioida erityisesti, kun käytetään julkisia maksullisia latauspisteitä.



KUVA 26. Tyypillinen sähköauton latauskäyrä, jossa lataustehoa Charging power verrataan varaustasoon SOC (Yijia 2012, 389)

Lataustavat ja pistokkeet

ST-kortti kertoo lyhyesti eri lataustavoista 1-4, käytössä olevista pistoketyypeistä sekä julkisten latauspisteiden minimi varustuksesta pistorasioiden ja pistokkeiden suhteen. Vakuutusyhtiöillä saattaa olla erityisehtoja, jos lataukseen käytetään tavallisia Schuko-pistorasioita, joten vakuutusehtoihin kannattaa tutustua tarkemmin tarvittaessa.

Latauspisteiden toteutusperiaatteet

Yksinkertaisin latauspiste on normaali vikavirtasuojalla toteutettu schuko-pistorasia, mutta se on tarkoitettu vain tilapäiseen käyttöön rajoitetulla teholla. Jos vanhoja autonlämmitysrasioita halutaan hyödyntää latauksessa, tulisi niiden kunto tarkistaa ja päivittää ne tarvittavilta osin uudempiin. Kun rakennetaan uutta kiinteistöä, suositellaan että autonlatauspisteet suunnitellaan autonlataukseen tarkoitetuilla latauslaitteilla. (ST-kortti 51.90 2018, 4.)

Jokainen latauspiste tulee suunnitella omaksi virtapiirikseen ja varustaa siis omalla sulakkeella ja vikavirtasuojalla. Samaan virtapiiriin saa asentaa myös ajoneuvon lämmityksen. Jokainen schuko-latauspiste tulee suojata A-tyyppin 30 mA vikavirtasuojalla. Kun käytetään virallisia standardin SFS 62196 määrittelemiä pistorasioita tai pistokkeita, suojataan latauspiste joko A- tai B-tyyppin vikavirtasuojalla. Jos latauslaitteessa on sisäinen 6 mA tasasähkövikavirrannus, A-tyyppin vikavirtasuojaa riittää mutta muussa tapauksessa tulee valita B-tyyppin vikavirtasuojaa. Latauslaitteiden kokoonpanot vaihtelevat valmistajista ja malleista riippuen. Tämä tulee ottaa huomioon latausjärjestelmää syöttävän keskuksen suunnittelussa ja varauksien huomioon ottamisessa vikavirtasuojille ja mittauslaitteille. (ST-kortti 51.90 2018, 4.)

Latauskäyttöön suunnitelluissa latauslaitteissa täytyy olla suojaus, jolla estetään vikatilanteessa virran kulku auton akusta jännitteettömään verkkoon. Tämän lisäksi lataustapojen 3 ja 4 pistokkeissa tai pistorasioissa tulee olla joko mekaaninen tai sähköinen lukitus, jolla estetään latauskaapelin kytkentä tai irtikytkentä jännitteellisenä. (ST-kortti 51.90 2018, 4.)

Jos rakennetaan suurempi latausjärjestelmä älykkäällä kuormanhallinnalla, kannattaa lataukselle suunnitella kokonaan oma keskuksensa. Tällöin järjestel-

mää on helpompi hallita ja suurin osa latausjärjestelmään kuuluvista komponenteista saadaan sijoitettua yhteen paikkaan.

Jos latauspiste tai pistorasia sijoitetaan ulos, on sen oltava kotelointiluokaltaan vähintään IP44. Latauspisteen sijoittelussa tulee ottaa huomioon missä autossa sijaitsee latauskaapelin vastake (ks. Liite 1). Yleisenä ohjeena latauspisteen sijoituspaikalle on pysäköintiruudun vasen kulma. Myös mahdolliset lumi- ja siivoustyöt tulee ottaa huomioon. Jos kaapeli joutuu kosketuksiin maan kanssa, tulee maan pinnan olla sellainen, ettei se vahingoita kaapelia. Jos asennuspylväänä käytetään vanhoja autonlämmitystolppia, tulee varmistua siitä, että tolpat ovat riittävän tukevia, ettei latauslaitteen- ja latauskaapelinpaino ala kallistamaan tolppia. Julkisilla paikoilla sijaitsevien latauslaitteiden tulee lisäksi olla suojattu ulkoiselta iskulta luokan IK10 mukaan. Pysäköintihallien ja yksityisten pysäköintialueiden latauslaitteiden tulee täyttää IK07 luokan vaatimukset mutta suosituksena on IK08 luokka. Alta olevasta taulukosta 4 löytyvät IK-luokat. (ST-kortti 51.90 2018, 4.)

TAULUKKO 4. IK-luokat (Mekaniikkasuunnittelu n.d.)

IK-luokka	Iskuenergia (joulea)	Vastaava isku
00	Suojaamaton	Ei testiä
01	0,15	200 g esine pudotetaan 7,5 cm korkeudelta
02	0,2	200 g esine pudotetaan 10 cm korkeudelta
03	0,35	200 g esine pudotetaan 17,5 cm korkeudelta
04	0,5	200 g esine pudotetaan 25 cm korkeudelta
05	0,7	200 g esine pudotetaan 35 cm korkeudelta
06	1	500 g esine pudotetaan 20 cm korkeudelta
07	2	500 g esine pudotetaan 40 cm korkeudelta
08	5	1,7 kg esine pudotetaan 29,5 cm korkeudelta
09	10	5 kg esine pudotetaan 20 cm korkeudelta
10	20	5 kg esine pudotetaan 40 cm korkeudelta

Latauspisteiden kaapeloinnin periaatteet

Jos latausjärjestelmässä ei tarvita ohjauksia eikä mittarointia, kaapeloinniksi riittää pelkkä syöttökaapelointi. Latauspistettä syöttävän kaapelin korjausker-

toimena käytetään 1. Jos latausjärjestelmä ei ole älykäs, myös latauspisteitä syöttävän keskuksen syöttökaapeli mitoitetaan kertoimella 1. Pääsääntöisesti latauspisteet kaapeloidaan säteittäisesti, mutta on olemassa myös muita ratkaisuja, joita voidaan käyttää. Yhtenä vaihtoehtona on virtakiskojärjestelmä, jossa päävirtakisko suunnitellaan kohteen koon mukaan riittävän suureksi, jotta siitä voidaan tarvittaessa ottaa virranottimilla haluttu määrä lähtöjä latauspisteille. Kun päivitetään autonlämmitystolppia lataustolpiksi, voidaan käyttää myös ketjutettua johdotusta sähköjärjestelmän kartoituksen jälkeen. (ST-kortti 51.90 2018, 4-5.)

Laajemmissa järjestelmissä tulee huomioida myös vaihekierto, koska suurin osa tämän hetkistä sähköautoista käyttää lataukseen vain 1-vaihetta. Vaihekiertoa kytkettäessä tulee myös muista, että kolmivaiheisten latauslaitteiden vaihejärjestys tulee olla oikea, jotta latauslaitteet toimivat oikealla tavalla.

Jos latausjärjestelmä sisältää kuormanhallintaa, mittarointia tai muuta ohjausta tarvitsee myös näiden ohjauskaapelit ottaa huomioon suunnittelussa. Latauslaitteen kommunikointi voi tapahtua joko langallisesti tai langattomasti.

Latauspisteiden kaapeloinnit tulee suojata mekaanisilta vaurioilta. Kaapelit olisi hyvä saada asennettua joko seinälle tai kattoon. Kun kaapeleita tarvitsee viedä lattiassa, tulee huomioida suojaputkituksen kestävyys esimerkiksi pysäköintihalleissa.

Sähköautojen lataus aiheuttaa häiriöitä sähköverkkoon ja tämä tulisi ottaa huomioon erityisesti suuremmissa kohteissa. Tällöin voidaan tarvita mahdollisesti kompensointilaitteistoja tai suodatinlaitteistoja latausjärjestelmän aiheuttamien yliaaltojen suodattamiseksi.

Käyttöönotto

Jos latauspisteenä toimii Schuko-pistorasia, sille tehdään standardin vaatima käyttöönottotarkastus. Myös viralliselle latauslaitteelle tulee tehdä toimintatarkastus valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tämän lisäksi latausaseman syöttökaapelille tehdään käyttöönottotarkastus mittaukset.

Teholaskelma

Jo aiemmin mainittiin, että kun mitoitetaan järjestelmää, jossa ei ole älykästä kuormanohjausta niin käytetään korjauskerrointa 1. Kun järjestelmä tehdään älykkäällä kuormanhallinnalla, voidaan käyttää pienempää korjauskerrointa. Koska ala on vielä tuore ei SFS 6000 –standardisarja anna ohjeita korjauskerroimen laskentaan. Myöskään asennuspuolelta ei ole tullut vielä vakiintunutta käytäntöä korjauskertoimen laskentaan. Kun tehdään teholaskelmia ja mietitään korjauskerrointa, tulee tapauskohtaisesti ottaa seuraavat asiat huomioon:

- Latausasemien tyyppi
- Latausasemien määrä
- Käyttöpaikka ja käyttäjäprofiili
- Keskimääräinen latausaika
- Keskimääräinen latausenergia
- Muu kuorma
- Liittymän koko
- Pää- ja ryhmäkeskusten koko
- Minimilatausvirta latausasemille (ST-kortti 51.90 2018, 5).

Kun suunnitellaan älykästä latausjärjestelmää, tulisi jakelun mitoituksessa käyttää arvoa 2 kW/latauspiste. Ilman älykästä kuormanhallintaa tulisi käyttää arvoa 4 kW/latauspiste. Näillä arvoilla huomioidaan myös lataushäviöt. Jos halutaan esimerkiksi tarjota nopeampaa latausta, voivat mitoitusarvot nousta huomattavasti yllä ilmoitetuista arvoista. (ST-kortti 51.90 2018, 5.)

Se millaiseen käyttöön latausjärjestelmä suunnitellaan vaikuttaa paljon mitoitus-tulokseen. Taloyhtiön parkkipaikalla autot ehtivät lataantumaan yön yli, kun taas kauppakeskusten pysäköintipaikoilla vietetään yleensä vain maksimissaan pari tuntia kerrallaan. ST-kortti 13.31 rakennusten ja liittymän mitoituksesta sisältää kaavan, jolla voi arvioida latausjärjestelmän huipputehoa, jos se on toteutettu älykkäällä kuormanhallinnalla:

$$P_{\text{lataus}} = \frac{\text{haluttu toimintasäde (km)} \cdot 0,20 \text{ kWh/km} \cdot n_{\text{auto}}}{\text{latauskerran aika } h}, \quad (1)$$

jossa P_{lataus} on latausjärjestelmän teho, *haluttu toimintasäde* on tilaajan päättä-mä toimintasädemäärä mikä saadaan yhdellä latauskerralla, 0,20 kWh/km on

keskimääräinen sähköauton keskimääräinen kulutus, n_{auto} on ajoneuvojen lukumäärä järjestelmässä ja *latauskerran aika* on keskimääräinen aika minkä auto on latauksessa. (ST-kortti 13.31 2018, 4.)

Jos sama järjestelmä tehtäisiin ilman älykästä kuormanhallintaa, tulisi latausjärjestelmän yhteinen huipputeho huomioida ilman tasauskertoimia. Halutun toimintasäteen arviointiin voi hyödyntää Liikenneviraston henkilöliikennetutkimusta, jonka mukaan suomalaisten keskimääräinen ajokilometrimäärä päivässä on 41 km. Tässä kilometrimäärässä on hyvä ottaa huomioon maantieteellinen sijainti, mihin latausjärjestelmää ollaan suunnittelemassa.

Samasta ST-kortista 13.31 löytyy myös kaava, jolla lasketaan 2 tai useamman latauspisteen vähimmäisteho:

$$P_{\text{paikoitus}} = 10 \text{ kW} + 2 \text{ kW/autopaikka} \cdot n_{\text{auto}}, \quad (2)$$

jossa $P_{\text{paikoitus}}$ on paikoitusalueen vähimmäisteho ja n_{auto} on autojen lukumäärä.

Taustajärjestelmät, laskutus ja seuranta

OCPP –protokolla eli Open Charge Point Protocol mahdollistaa latausjärjestelmän liitännän kolmannen osapuolen järjestelmiin. OCPP:n kautta pystytään hallinnoimaan käyttäjiä, laskutusta, tapahtumahistoriaa, kuormanhallintaa sekä kommunikoidaan järjestelmien kanssa. OCPP mahdollistaa myös etähallinnan, joka on hyvä työkalu esimerkiksi julkisissa latauspisteissä. Jos julkiseen latausasemaan tulee vika, se voidaan käynnistää uudelleen etäkäytön avulla ja täten vähentää huoltokäyntejä itse kohteessa. (ST-kortti 51.90 2018, 6.)

Latauspisteiden laskutus voidaan hoitaa monella eri tavalla riippuen kohteesta. Taloyhtiössä voidaan sopia kiinteä kuukausihinta lataukselle ja tälle tasauslaskutus sovituin ajanvälein. Latauspisteiden kWh-mittarit voidaan liittää taloautomaatiojärjestelmään ja tätä kautta lähettää tiedot eteenpäin. Julkisilla latauspisteillä laskutus voidaan hoitaa joko kertamaksullisesti luottokortilla tai esimerkiksi palveluntarjoajan tunnistautumisen ja henkilökohtaisen asiointitilin kautta.

Julkisten latauspisteiden latausasemat tulee varustaa puhelinnumerolla, josta saa tarvittaessa apua vikatilanteissa. Laitteiden etäohjaus ei 100 % takaa laitteiden jatkuvaa toimintaa.

Kuormituksen valvonta ja ohjaus

Riippuen älykkään kuormanhallinnan laajuudesta pystytään keskuskohtaisesti latausta valvomaan ja ohjaamaan. Laajassa järjestelmässä voidaan mitata koko kiinteistön kulutusta ja sen perusteella ohjata latausjärjestelmälle jäljellä jäävä ylimääräinen kapasiteetti.

Kuormanhallinnan voi jakaa 3 tasoon:

- Perinteiset sähkökuormien vuorottelut
- Lataustehon puolitus, kun kuormitus kasvaa tiettyyn pisteeseen
- Lataustehon portaaton säätö muun kuormituksen mukaisesti (ST-kortti 51.90 2018, 5).

Kuormanhallinnan toteuttamiseen löytyy monia vaihtoehtoja kuten virtamittarit, ohjelmalliset palvelut, releohjaukset, dynaamiset ohjaukset sekä näiden yhdistelmät. Silti on hyvä muistaa, että latausjärjestelmä ei saa vaikuttaa turvajärjestelmien toimintaan vaan näiden toiminta on varmistettava tilanteessa kuin tilanteessa.

7.2 Latausjärjestelmien rakenteita

Paikallinen latausjärjestelmä

Kohteissa, joissa ei tarvita kolmannen osapuolen palveluita voidaan järjestelmä rakentaa ilman OCPP-tukea, jolla normaalista yhdistettäisiin latausjärjestelmä ja palveluntarjoaja. Paikallinen järjestelmä voidaan rakentaa ilman minkäänlaista ohjaustietoa kiinteistön muusta energiankulutuksesta. Jos järjestelmä rakennetaan tällaiseksi, tulee tämä huomioida mitoituksessa erityisesti harvinaisten huippukulutuspäivien takia, joista esimerkkinä voidaan pitää joulunaikaa.

Paikallinen järjestelmä voidaan rakentaa myös portaittain älykkääksi, riippuen kuinka kattava järjestelmä halutaan rakentaa. Kuormanhallinta pystytään toteut-

tamaan paikallisesti myös ilman OCPP-tukea. Tällöin laitteiden tulee kyetä tiedonsiirtoon, jotta kuormanhallinta saadaan toimimaan paikallisesti.

Yhtenä vaihtoehtona on liittää latausjärjestelmä olemassa olevaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Tämä vaatii latausasemilta mahdollisuutta Modbus-tiedonsiirtoon. Tällöin saadaan esimerkiksi virtamittareilta mittaustieto muusta kiinteistön kulutuksesta ja ylijäämä sähkö voidaan ohjata latausjärjestelmän käyttöön.

Taustajärjestelmään yhdistetty latausjärjestelmä

Kun latausjärjestelmä yhdistetään taustajärjestelmään, voidaan hyödyntää kolmannen osapuolen palveluita. Tällöin latausjärjestelmää voidaan valvoa ja ohjata etäyhteyden avulla. Samalla myös monipuoliset raporttien laadinnat tulevat laajemmin mahdolliseksi.

7.3 OCPP-protokolla

OCPP eli Open Charge Point Protocol on avoin kommunikointiyhteys latausjärjestelmien ja kolmannen osapuolen palveluiden välillä. OCPP:n sisältävät latausjärjestelmät pitäisivät olla yhteensopivia keskenään, mutta kun asiasta puhutaan alan asiantuntijoiden kanssa vastaukset vaihtelevat hyvin paljon. Koska ala on toistaiseksi vielä tuore, niin teknisiä kokemuksia on vielä vähän erityisesti laajoista latausjärjestelmistä, joissa olisi useiden eri valmistajien latauslaitteita. Tämän vuoksi OCPP:n toimivuutta ei tässä vaiheessa voida 100 % taata. Tulevat vuodet näyttävät kuinka hyvin järjestelmät todellisuudessa toimivat keskenään, jolloin voitaisiin varmistua, että eri valmistajien laitteet toimivat yhden taustajärjestelmän ohjaamana.

OCPP – protokollaa on kolmea eri versiota, OCPP 1.5, OCPP 1.6 ja OCPP 2.0. OCPP 1.5 sisältää 25 toimintoa, joista 10 liittyy latausasemaan ja loput 15 keskusjärjestelmään. Latausaseman toiminnot sisältävät mm. käyttäjän tunnistuksen, latausaseman uudelleen käynnistyksen, latausaseman tilatiedon, latauksen käynnistyksen ja lopetuksen, latausaseman ohjelmiston päivityksen sekä latauspistokkeen etävapautuksen. OCPP 1.6 sisältää OCPP 1.5 toimintojen

lisäksi mahdollisuuden älykkääseen lataukseen ja kuormanhallintaan. OCPP 2.0 sisältää OCPP 1.6 lisäksi mm. paranneltuja suojaustoimintoja, tuen syöttää virtaa autosta sähköverkkoon ja laitehallinnan päivityksiä. (Openchargealliance 2019.)

Tällä hetkellä käytössä ovat versiot 1.5 ja 1.6. OCPP 2.0 ei ole vielä virallisesti käytössä. Koska OCPP –protokolla kehittyy ja laajenee kasvavalla vauhdilla, täytyy laitevalmistajien ja taustajärjestelmien kehittäjien olla jatkuvassa yhteistyössä, jotta välttyttäisiin yhteensopivuusongelmilta.

7.4 Verkkovaikutukset

Sähkölaitteissa alati lisääntyvä elektroniikan määrä on kaksijakoinen asia. Elektroniikka mahdollistaa sähköalalla esimerkiksi taajuusmuuttajakäytöt, jolloin moottorien pyörimisnopeutta voidaan säätää portaattomasti. Samalla laitteista tulee herkimpiä ja täten vaativat mahdollisimman tasalaatuista sähköä verkosta. Toisaalta kapasitiiviset ja induktiiviset kuormat aiheuttavat sähköverkkoon häiriöitä, joita ovat esimerkiksi taajuuden vaihtelu, jännitteen- ja virran säröytyminen sekä harmoniset yliaallot.

AC-latauslaitteet eivät itsessään aiheuta suuria häiriöitä sähköverkolle, koska ne eivät sisällä tasasuuntauselektroniikkaa. Auton sisäinen laturi ja DC-latauslaitteet taas aiheuttavat häiriöitä sähköverkkoon, koska ne sisältävät tasasuuntauselektroniikkaa.

Viime syksyisessä ”Sähköauton latauslaitteen verkkovaikutukset” opinnäytetyössä tutkittiin minkälaisia häiriöitä sähköauton lataus aiheuttaa sähköverkolle. Lopputuloksena oli, että yhdenlatauspisteen verkkohäiriöt eivät vielä ole ongelma, vaikka nekin aiheuttavat häiriöitä erityisesti virran säröytymisessä. Tästä johtuen erityisesti laajemmissa kohteissa tulee suunnittelussa huomioida myös kompensoinnin ja jopa aktiivisuodattimien tarve. Näillä varmistettaisiin sähköverkon laatu ja välttyttäisiin mahdollisilta lisämaksuilta kuten loistehomaksulta.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua sähköajoneuvojen latausjärjestelmiin ja niiden suunnitteluun sähkösuunnittelijan näkökulmasta. Samalla tavoitteena oli nopeuttaa tulevien sähköautojen latausjärjestelmien sähkösuunnittelua. Kysyntä sähköautojen latausjärjestelmiä kohtaan on kasvanut viime aikoina huomattavasti, joten opinnäytetyön aihe oli hyvinkin ajankohtainen.

Kevään eduskuntavaalien johdosta sähköautoista puhutaan hyvinkin aktiivisesti eri puolueiden toimesta. Puolueiden vaalikampanjat sisältävät monenlaisia ehdotuksia liittyen autoiluun ja osa puolueista on kieltämässä polttomoottoriautot kokonaan jo lähitulevaisuudessa. Vaikka vaalipuheet jäisivätkin vain ajatuksen tasolle, tulee autoilu muuttumaan lähitulevaisuudessa, jotta uudet jatkuvasti kirstyivät päästörajat saavutettaisiin. Kun vielä autoteollisuuskin panostaa kasvavassa määrin hybridi- ja sähköautoihin, näyttää tällä hetkellä siltä, että latausjärjestelmien kysyntä tulee entuudestaan kasvamaan.

Sähköteknisesti latausjärjestelmän mitoittaminen on teoriassa helppoa mutta käytännössä vastaan tulee useita huomioon otettavia asioita. Käytännössä jokaisen vähänkin suuremman latausjärjestelmän suunnittelu täytyy aloittaa kohteen nykyisen sähköjärjestelmän kartoituksella, jos kyseessä on olemassa oleva kohde. Kartoituksella saadaan selville kohteen nykyisen sähköjärjestelmän tila ja sen soveltuvuus latausjärjestelmälle. Vanhemmissa kohteissa ongelmaksi tulee usein liian pieni sähköliittymän koko mikä johtaa siihen, että nykyisen sähköliittymän rajoissa pystytään asentamaan vain muutamia latauspisteitä kiinteistöön. Hieman uudemmissa kohteissa sähköliittymät ovat mitoitettu hieman löysemmin, joten niissä pystytään usein rakentamaan jonkinlainen latausjärjestelmä ilman liittymän suurentamista.

Laajoissa latausjärjestelmissä tulisi käyttää älykästä kuormanhallintaa. Älykällä kuormanhallinnalla pystytään vaikuttamaan sähköliittymän kokoon ja ohjaamaan latauksia optimaalisesti. Omakotikohteissa pärjätään useasti ilman kuormanhallintaa ja tarvittaessa voidaan käyttää kuormien vuorottelua.

Latauslaitteiden ominaisuudet vaihtelevat hyvinkin paljon eri valmistajien välillä ja samalla latauslaitteet kehittyvät nopealla tahdilla. Tämän vuoksi tuoteuutisia täytyy seurata aktiivisesti, koska muutokset latauslaitteiden kokoonpanossa voivat vaikuttaa esimerkiksi jo suunniteltuihin sähkökeskuksiin.

Nykyisten autonlämmitystolppien muuttaminen lataustolpiksi on hyvä idea, jolla pystyttäisiin hyödyntämään olemassa olevaa tekniikkaa, mutta suuremmassa mittakaavassa se tuskin on paras ratkaisu. Sähköautojen akkukapasiteetit tulevat mitä todennäköisemmin kasvamaan tulevaisuudessa, mikä tarkoittaa samalla pidempää latausaikaa, jos lataustehoa ei nosteta samalla. Hyvin usealla suuremmalla parkkipaikalla on kielletty auton sisätilälämmittimen käyttö usein sillä perusteella, että sulakkeet ja kaapelit eivät kestä lämmittimien tuomaa lisäkuormaa. Tällaisissa kohteissa ollaan auttamattomasti siinä tilanteessa, että olemassa oleva tekniikka on mitoitettu liian pieneksi autonlatausta varten, koska sitä ei aikoinaan ole suunniteltu latauskäyttöön.

Jos sähköautoilun suosio jatkaa kasvuaan kiihtyvällä tahdilla, aiheuttaa se ongelmia myös sähköverkolle niin sähkönlaadun kuin siirtokapasiteetin osalta. Laajoja kohteita suunniteltaessa tulee siis muistaa myös huomioida mahdolliset kompensointi- ja suodatuslaitteet. Myös sähköntuotannon riittävydestä on useita mielipiteitä suuntaan ja toiseen. Tässä vaiheessa on hyvä muistaa, että suurta määrää sähköautoja ei ilmesty tyhjästä yhdessä yössä sähköverkkoa kuormittamaan eli tämäkin ongelma saadaan hyvin todennäköisesti ratkaistua sähköautojen hitaan yleistymisen myötä.

Taloyhtiöissä ongelmia aiheuttaa päätöksenteko erityisesti vielä, kun sähköautoilijoita ei yleensä löydy taloyhtiöstä yhtä tai kahta enempää. Jos taloyhtiö ei ole halukas kustantamaan latauspisteitä, voivat halukkaat itse luvan saatuaan omakustanteisesti asentaa latauspisteen. Tämä saattaa johtaa siihen, että hetken kuluttua parkkipaikalla on usean eri valmistajan latauslaitteita ja niiden yhteensopivuudesta taloyhtiön mahdollisesti tulevaisuudessa rakentamaan latausjärjestelmään ei ole 100% taetta.

Latausjärjestelmien älykkyys lisääntyy tulevina vuosina ja V2G-tekniikka tuo omat uudet mahdollisuutensa alalle. Talotekniikan puolella on jo jonkin aikaa

puhuttu sähköjärjestelmien ohjauksista koskien uusia kuormia kuten maalämpöpumput ja nyt myös sähköautojen latauslaitteet. Ohjauksilla vältetään tiettyyn pisteeseen asti sähköliittymän suurentamiselta. Erilaiset ohjaukset tulevat siis olemaan talotekniikan puolella mahdollisesti seuraava suuri muutos.

Alan uutuus aiheuttaa myös ongelmia, koska alan sanasto elää vielä vahvasti. Esimerkiksi latausasemalla voidaan tarkoittaa joko aluetta, jossa on useita latauslaitteita tai sitten yhtä yksittäistä latauslaitetta. Myös lataustapojen ja pistoketyyppien nimet menevät maallikolta hyvin helposti sekaisin. Myös alan julkaisuissa ja jopa laitevalmistajien tiedoissa saattavat nimitykset mennä ristiin. Tästä johtuen on erittäin tärkeää varmistua, että eri osapuolet ymmärtävät mitä toinen tarkoittaa ja ottaa esille epäselvät asiat.

Sähköautoilun latausjärjestelmiin tutustuessa joutui käytännössä väkisinkin perehtymään myös autotekniikan asioihin, koska sähköautojen sisäiset latauslaitteet vaikuttavat omalta osaltaan sähkösuunnitteluun. Tämä toi opinnäytetyön tekemiseen oman positiivisen lisänsä. Seuraavaa suunnittelukohdetta johon sisältyy latausjärjestelmä on nyt helpompi lähteä suunnittelemaan tämän opinnäytetyön tekemisen johdosta.

LÄHTEET

ABB. 2012. Sähköautoilun edelläkävijä löytyy etelästä. Julkaistu 2/2012. Luettu 3.2.2019.

<http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb250.nsf!OpenDatabase&db=/global/fiabb/fiabb254.nsf&v=80EA&e=fi&url=/global/seitp/seitp202.nsf/0/17A8AB0575985555C1257A0F004A063F!OpenDocument>

ABB. 2018. Tuote-esite, Sähköautot, Latausratkaisut kaikille sähköautoille. Julkaistu 7/2018.

ABB. 2019. Suurteholataus vauhdittaa sähköautojen matkaa Helsingistä Osloon. Julkaistu 14.1.2019. Luettu 2.2.2019.

<https://new.abb.com/news/fi/detail/14568/suurteholataus-vauhdittaa-sahkoautojen-matkaa-helsingista-osloon>

ABB. N.d. ABB-yhtymä. Luettu 2.2.2019. <https://new.abb.com/fi/yhtyma>

ABB seminaari. 2018. AC-latausjärjestelmät. Seminaari. SLO suunnittelijapäivät 9/2018. Turku.

ABB uutiset. 2018. ABB Formula E-sarjan viidennellä kaudella sähköisten kilpa-autojen teknologia saavuttaa uuden tason. Julkaistu 14.12.2018. Luettu 2.2.2019. <https://new.abb.com/news/fi/detail/12398/abb-formula-e-sarjan-viidennella-kaudella-sahkoisten-kilpa-autojen-teknologia-saavuttaa-uuden-tason>

Antila, S. 2018. Sähköautojen latausjärjestelmät. Seminaari. SLO suunnittelijapäivät 9/2018. Turku.

ARA. 2019. Sähköautojen latausinfra-avustus. Julkaistu 7.6.2018. Päivitetty 7.2.2019. Tulostettu 3.3.2019. [https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Sahkoautojen_latausinfraavustus](https://www.ara.fi/fi/FI/Lainat_ja_avustukset/Sahkoautojen_latausinfraavustus)

Arvinen M. 2016. STUL suosittelee latauspisteiden tarkastuttamista. Julkaistu 29.1.2016. Luettu 28.1.2019.

http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/sahkoautot/fi_FI/sahkoautojen_lataus/

Autoalan tiedotuskeskus. 2019. Tilastot. Luettu 19.2.2019.

http://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys

DEFA. N.d. Latauskaapeli Mode 2 Tyyppi-2. Luettu 13.3.2019.

<https://www.defa.com/fi/Tuote/latauskaapeli-mode-2-tyyppi-2/>

Electric Vehicle News. 2014. HELLA Developing Charging Systems For Electric Vehicles. Julkaistu 26.4.2014. Luettu 22.1.2019. <http://www.electric-vehiclenews.com/2014/04/hella-developing-wireless-charging>.

Electromobility. 2016. Sähköautoista tulee osa älykästä verkkoa. Julkaistu 30.11.2016. Luettu 27.2.2019.

<http://www.electromobility.fi/2016/11/sahkoautoista-tulee-osa-alykasta-verkkoa.html>

Ensto Chago Pro. N.d. Tuotteet, sähköauton lataus. Luettu 24.1.2019.
<https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkoauton-lataus/pro>

Ensto eFiller. N.d. Tuotteet, sähköauton lataus. Luettu 24.1.2019.
<https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkoauton-lataus/efiller>

Ensto Media. N.d. Tuotteet, sähköauton lataus. Luettu 24.1.2019.
<https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkoauton-lataus/media/>

Ensto Wallbox. N.d. Tuotteet, sähköauton lataus. Luettu 24.1.2019.
<https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkoauton-lataus/wallbox>

Ensto. N.d. Ensto lyhyesti. Luettu 4.3.2019.
<https://www.ensto.com/fi/yhtio/yritys/ensto-lyhyesti/>

Ensto EV Manager. N.d. Sähköauton latauspalvelut ja tuotteet. Luettu 24.1.2019. <https://www.ensto.com/fi/sahkoauton-lataus/sahkoauton-latauspalvelu--ev-manager>

evchargeking. N.d. T3 Charging cables for France. Luettu 13.1.2019.
<https://www.evchargeking.com/en/t3-charging-cables-for-france>

EVSE. N.d. EV Connectors & EV Charging Cables. Luettu 25.1.2019.
<https://www.evse.com.au/ev-charging-cables-leads/>

Falkman, A. 2018. Kuormanhallinnan toteutus sähköautojen älykkäissä latausjärjestelmissä. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Finlex. 2018. Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jake-
lusta annetun lain muuttamisesta. . Julkaistu 23.11.2018. Luettu 24.1.2019.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180985>

Fortum. N.d. Sähköautoilu – Fortum Charge Drive. Luettu 17.2.2019.
<https://www.fortum.fi/lataus>

Georgano, N. 1991. Auto 1880-1920 luvulla. 1.painos. Helsinki: Gummerrus.

Granström, T. 2018 Suomen ensimmäinen supernopea latauspiste Lohjalle –
nämä automallit hyötyvät ensimmäisinä. Julkaistu 27.8.2018. Luettu 27.2.019.
<https://www.iltalehti.fi/autouutiset/a/201808272201162617>

Green eMotion. N.d. Charging levels and modes. Luettu 16.1.2019.
<http://greenemotion-project.dk/in-the-workshop/charging-levels-and-modes.aspx>

Helen. 2019. Suvilahden energiajärjestelmä. Luettu 18.3.2019.
<https://www.helen.fi/yritys/energia/kehityshankkeet/tasapaino/>

Jokinen, J. 2016. Helsingin ensimmäinen paloauto oli sähkökäyttöinen – kuva yli 100 vuoden takaa. Julkaistu 19.2.2016. Luettu 15.3.2019.
<https://www.hs.fi/metro/art-2000004995540.html>

Kane, M. 2018. NIO Opens First Battery Swap Station in Shenzhen. Julkaistu 29.5.2018. Luettu 5.2.2019. <https://insideevs.com/nio-opened-first-battery-swap-station-in-shenzhen/>

Kokkonen, Y. 2018. Ruotsissa avattiin maantie, joka lataa sähköauton akkua ajon aikana. Julkaistu 12.4.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-10157546>
Lindell, S. 2009. Sähkön pitkä historia. 1. painos. Helsinki: Otatieto.

MacKenzie Angus, Motortrend. 2018. Volkswagen working on premium ev platform. Julkaistu 12.3.2018. Luettu 19.2.2019.
<https://www.motortrend.com/news/volkswagen-working-premium-ev-platform/>

Mekaniikkasuunnittelu. N.d. IP- ja IK- suojaus. Luettu 4.3.2019.
<https://mekaniikkasuunnittelu.com/ip-ja-ik-suojaus/>

Moottori.fi. 2018. Vuosi sähköllä: kWh, CHAdeMO, CCS... - mitä ihmettä sähköautoilun termit tarkoittavat? Julkaistu 29.3.2018. Luettu 24.2.2019.
<https://www.moottori.fi/ajoneuvot/jutut/vuosi-sahkolla-kwh-chademo-ccs-mita-ihmetta-sahkoautoilun-termit-tarkoittavat-2/>

Motiva. 2018. Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon. Julkaistu 4/2016. Päivitetty 11/2018. Luettu 8.3.2019.
https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/sahkoautojen_latauspisteet

Nelson Eshe. 2017. Norway is already abandoning its plan for a “Tesla tax” on electric cars. Julkaistu 24.11.2017. Luettu 2.3.2019.
<https://qz.com/1137704/norway-is-abandoning-its-plan-for-a-tesla-tax-on-electric-cars/>

Openchargealliance. 2019. Protocols. Luettu 25.2.2019.
<https://www.openchargealliance.org>

Parkkisähkö. 2018. Tuote-esite, Latauslaitteet. Julkaistu 6/2018.

Parkkisähkö. N.d. Galleria. Tulostettu 15.3.2019. <https://www.parkkisahko.fi/wp-content/gallery-bank/original-images/Uusi-pikaliitin-satmatic-boksilla-mekaanisella-kellolla-ja-%C3%A4lymoduulilla.png>

Plugit. N.d. Latauspistoketyypit sähköautoille. Luettu 8.1.2019. <https://plugit.fi/fi-fi/article/etusivu/latauspistoketyypit-sahkoautoille/135/#>

SCAME. N.d, Connectors. Luettu 4.2.2019.
<http://www.scame.com/br/infopoint/infopoint/2012L9BR.asp>

Schneider Electric EVlink Parking. N.d. EVlink latauslaitteet. Luettu 10.2.2019.
<https://www.se.com/fi/fi/product-range/60850-evlink-parking/?parent-category-id=1800&parent-subcategory-id=80408&filter=business-4-s%C3%A4hk%C3%B6jakelu>

Schneider Electric EVlink Smart Wallbox. N.d. EVlink latauslaitteet. Luettu 10.2.2019. <https://www.se.com/fi/fi/product-range/63506-evlink-smart-wallbox/?parent-category-id=1800&parent-subcategory-id=80408&filter=business-4-s%C3%A4hk%C3%B6jakelu>

Schneider Electric EVlink Wallbox. N.d. EVlink latauslaitteet. Luettu 10.2.2019. <https://www.se.com/fi/fi/product-range/62395-evlink-wallbox/?parent-category-id=1800&parent-subcategory-id=80408&filter=business-4-s%C3%A4hk%C3%B6jakelu>

Schneider Electric. 2018. Tuoteluettelo, Sähköautojen latausratkaisut. Julkaistu 8/2018

Schneider Electric. N.d. Yritys. Luettu 10.2.2019. <https://www.se.com/fi/fi/about-us/company-profile>

ST-kortti 13.31. 2018. Rakennusten sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. Espoo: Sähkötieto ry. Tulostettu 16.12.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/3937?search=13.31>

ST-kortti 51.90. 2018. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. Espoo: Sähkötieto ry. Tulostettu 16.12.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/3937?search=51.90>

Sähköautoileva motoristi. 2018. Sähköauton työpaikkalataamiselle on määritelty verotusarvo 30 euroa kuukaudessa 1.1.2019 alkaen. Julkaistu 27.11.2018. Luettu 26.2.2019. <http://blogi.autotie.fi/tien-sivusta/sahkoautoileva-motoristi/sahkoauton-tyopaikkalataamiselle-on-maaritelty-verotusarvo-30-euroa-kuukaudessa-1-1-2019-alkaen>

Sähköinfo. 2015. Sähköautojen lataustavat. Julkaistu 4.8.2015. Luettu 8.2.2019. http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/sahkoautot/fi_FI/sahkoautojen_lataustavat/

Tekniikan maailma. 2017. Rankassa otettiin koekäyttöön sähköautoja lataava tie. Julkaistu 22.5.2017. Luettu 14.3.2019. <https://tekniikanmaailma.fi/ranskassa-otettiin-koekayttoon-sahkoautoja-lataava-tie/>

Tesla. N.d. About Tesla. Luettu 2.3.2019. <https://www.tesla.com/about>
Traficom. 2019. Sähköauton hankintatuki. Luettu 7.3.2019. <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/sahkoauton-hankintatuki>

Valtioneuvosto. 2017. Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko, Suomen kansallinen ohjelma. Julkaistu 28.3.2017. Luettu 16.2.2019. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79530>

Vihreäkaista. N.d. Näin vähäpäästöistä autoilua tuetaan. Luettu 7.2.2019. <https://vihreäkaista.fi/fi-fi/article/kaasu/nain-vahapaastoista-autoilua-verotetaan/412/>

Virta Business. 2019. Virta Business. Luettu 4.1.2019.
<https://kauppa.virta.fi/collections/virta-business-latauspalvelu-1>

Virta Kiinteistö. 2019. Virta Kiinteistö. Luettu 4.1.2019.
<https://kauppa.virta.fi/collections/virta-kiinteisto-latauspalvelu>

Virta Koti. 2019. Virta Koti. Luettu 4.1.2019.
<https://kauppa.virta.fi/collections/virta-koti-latauspalvelu>

Virta V2G. 2018. Termit haltuun: Kaksisuuntainen lataus ja Vehicle-to-Grid. Julkaistu 13.6.2018. Luettu 14.3.2019. <https://www.virta.global/news-fi/kaksisuuntainen-lataus-ja-v2g>

Virta. 2019. Mikä virta? Luettu 24.2.2019. <https://www.virta.global/fi/mika-virta>

Who Killed The Electric Car?. Youtube 2019. Katsottu 24.2.2019.
<https://www.youtube.com/watch?v=LXx8khPVBbY>

Wilson, S. 2013. Early Electric Car Charging. Julkaistu 17.5.2013. Luettu 15.1.2019. <http://evadc.org/2013/05/17/early-electric-car-charging/>

Yijia, C., Shengwei, T., Canbig, L., Peng, Z., Yi, T., Zhikun, Z. & Junxiong, L. 2012. An optimized EV charging model considering TOU price and SOC Curve.

Zap-Map. 2019. Audi e-tron Charging Guide. Julkaistu 11.2.2019. Luettu 4.3.2019. <https://www.zap-map.com/charge-points/audi-e-troncharging-guide/>

LIITTEET

Liite 1. Peruseriaatteet. Latausvastakkeen sijainti vaihtelee. (ABB seminaari 2018)

Peruseriaatteet

Latausvastakkeen sijainti vaihtelee

