

Aleksi Sipilä
Sami Lehtonen

Laturihack 2016

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

1.5.2016

Tekijä(t) Otsikko	Aleksi Sipilä ja Sami Lehtonen Laturihack 2016
Sivumäärä Aika	34 sivua + 2 liitettä 1.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Vesa Linja-aho
<p>Sähköisen autoilun suurimpiin toimijoihin Suomessa kuuluvat Liikennevirta Oy sekä Ensto Oy tilasivat kokonaisvaltaisen järjestelmätestauksen yritysten rakentamalle sähköautojen latausverkostolle. Latausverkosto koostuu suurimmaksi osaksi Ensto Oy:n valmistamista latausasemista. Latausasemien varaukset ja latauksen maksaminen käsitellään Liikennevirta Oy:n kehittämässä Virtapiste-palvelussa. Tilaajien tarkoitus oli järjestelmätestauksen avulla löytää latausverkostosta ja sen käytöstä virheet ja epäkohdat. Järjestelmätestaus tilattiin nyt, koska sähköautojen määrä on alkanut kasvamaan ja kasvaa tulevaisuudessa edelleen.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin suurimmaksi osaksi käytännön kokeilla. Latausasemia käytiin koekäyttämässä useammalla erilaisella ajoneuvolla. Virtapiste-järjestelmää käytettiin mahdollisimman monella käytettävissä olevalla tavalla. Lisäksi pyrittiin käyttämään järjestelmää usein eri tunnistus tavalla latausta aloittaessa kuin latausta lopettaessa. Järjestelmätestaukseen otettiin mukaan myös testausinsinöörien lähipiiristä kymmenen aikaisemmin sähköautoilulle tuntematonta testikäyttäjää.</p> <p>Järjestelmätestauksen käytännön kokeiden perusteella voidaan sanoa, että järjestelmä on sellaisenaan erittäin hyvä. Joitain kertoja saatiin latausasemat vikatilaan, mistä kuitenkin selvittiin yleensä latausprosessin uudelleen aloittamisella. Testikäyttäjien ansiosta saatiin kirjattua myös heidän havaitsemiaan pieniä vikoja ja virheitä.</p> <p>Latausverkoston odotetaan luonnollisesti kasvavan tulevaisuudessa sähköautokannan kasvaessa. Tämän järjestelmätestauksen ansiosta verkostosta voidaan tehdä vielä nykyistäkin parempi.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kattava kuva latausjärjestelmän nykyisestä tilasta ja sen ongelmista. Lisäksi työn tilaajien käyttöön myös tarkemmin eritellyt raportointidokumentit.</p>	
Avainsanat	Sähköauto ja lataaminen

Author(s) Title	Aleksi Sipilä and Sami Lehtonen Laturihack 2016
Number of Pages Date	34 pages + 2 appendices 1 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor(s)	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer
<p>Two of the largest operators in the electric car business in Finland are Liikennevirta Oy and Ensto Oy. These companies ordered a complete system testing for the electric car charging network that they had built. The charging network consists mainly of charging stations manufactured by Ensto Oy. Reserving and paying an electric car charging is managed by Virtapiste service designed by Liikennevirta Oy. The purpose of this system testing was to find errors and shortcomings in the charging network. The system testing was ordered now because electric car sales are rising at a steady rate and will rise even more in the future.</p> <p>This Bachelor's thesis was conducted mostly by practical testing. The charging stations were tested by several different vehicles. Virtapiste service was tested in as many ways as possible, because there are several ways to authenticate the user before and after charging. During the system testing period few of the writers' friends and family got an opportunity to test electric car charging for the first time. They were interviewed and their thoughts of the testing experiences were also reported to the customers.</p> <p>Based on the practical tests it seems that Ensto Oy and Liikennevirta Oy have made a very good electric car charging system. There were only some serious faults during our charging testing, and always the working solution was just to start the charging process again from the beginning. The test users also reported on some smaller defects.</p> <p>The charging network is expected to grow in the future to meet the growing need for electric car charging. With the help of this Bachelor's thesis it is possible to make it even better than it already is.</p> <p>As a result, this thesis provides a comprehensive picture of the current status of the charging network and its problems. In addition, it also gives more specified information on the charging process for the customers.</p>	
Keywords	Electric vehicle and charging

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköautoilu Suomessa	2
2.1	Sähköauto yleisesti	2
2.2	Sähköauton lataus	2
2.3	Suomen latauspisteet	3
3	Latauspisteet ja sovellukset	5
3.1	AC-latausasemat	5
3.1.1	Ensto Chago	6
3.1.2	Ensto Chago Pro	7
3.1.3	Muut Enston sähköauton lataustuotteet	8
3.2	DC-pikalatausasemat	9
3.2.1	Ensto Chago Power	10
3.3	Muiden valmistajien latausasemia	10
3.4	Virtapiste-sovellus	11
3.5	Muiden palveluntarjoajien sovellukset	12
4	Ajoneuvot	13
4.1	Volkswagen e-Golf	13
4.2	Nissan Leaf	14
4.3	Mitsubishi Outlander PHEV	15
4.4	Tesla Model S	15
5	Järjestelmätestaus	18
5.1	Järjestelmätestauksen idea	18
5.2	Järjestelmätestauksen tarkoitus	18
5.3	Järjestelmätestauksen toteutus	19
5.4	Järjestelmätestauksen tulokset	20
5.4.1	Ongelmaton lataaminen	21
5.4.2	Lataustapahtuma mahdollisella virhetilanteella	22
6	Yhteenveto	23
	Lähteet	24

Liitteet

Liite 1. Laturihack-järjestelmättestaus Loppuraportti (vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 2. Laturihack 2016 Testausmuistiinpanot (vain työn tilaajan käyttöön)

Lyhenteet

A	Ampeeri, virran mittayksikkö
AC	Vaihtovirta eli sähkövirta, jonka suunta muuttuu ajan funktiona
CCS	Pikalataus-pistoke, joka käyttää Type 2 –liitintä osanaan
CHAdeMO	Charge de move, usein muiden kuin eurooppalaisten sähköautovalmistajien valitsema pikalatauspistokestandardi
DC	Tasavirta eli sähkövirta, joka ei muuta suuntaansa ajan funktiona
EV	Electric Vehicle eli täyssähköauto
kW	Kilowatti, tehon mittayksikkö
kWh	Kilowattitunti, energian mittayksikkö
Li-Ion	Litium-ioni, yleisesti akustoissa käytetty kemiallinen rakenne.
Nm	Newtonmetri, SI-järjestelmän vääntömomentin mittayksikkö
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle, hybridiajoneuvo, jonka akut on mahdollista ladata ulkoisesti
RFID	Radiotaajuuksilla toimiva etätunnistus
SOC	State of Charge, ilmaisee ajoneuvon akkupaketin varaustilan prosentteina
Trafi	Suomen liikenneturvallisuusvirasto
V	Voltti, jännitteen mittayksikkö

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Ensto Oy:n ja Liikennevirta Oy:n kanssa. Opinnäytetyön tavoitteena oli mahdollisimman monella erilaisella tavalla kokeilla Enston valmistamia eri latauspisteitä, jotka on liitetty Liikennevirta Oy:n ylläpitämään Virtapiste-jakeluverkkoon.

Kokeiltavia latauspisteitä olivat mm. Ensto Chago, Ensto Chago Pro sekä Ensto Chago Station (AC-latauspisteet) ja Ensto Chago Power (DC-pikalatauspiste). Testausajoneuvot valittiin useammalta eri valmistajalta, jotta saatiin eri tavoilla toteutettuja latausjärjestelmiä mukaan testaukseen. Testauksessa käytettiin Volkswagen e-Golf, Mitsubishi Outlander PHEV, Nissan Leaf, Tesla Model S - ajoneuvoja. Testausinsinöörien lisäksi järjestelmätestaukseen otettiin mukaan myös kymmenen testihenkilöä, joilla ei ole aikaisempaa tai vain hyvin vähäistä sähköauton käyttökokemusta. Testihenkilöt valittiin eri ikäryhmistä ja mukaan otettiin niin miehiä kuin naisia.

Opinnäytetyön käytännönkokeiluvaiheessa kokeiltiin, toimivatko testatut latauspisteet testiautojen kanssa oikein. Lisäksi kokeiltiin Virtapiste sovelluksen ja laskutuksen toimivuutta eri tilanteissa ja paikoissa. Opinnäytetyön käytännönkokeiluvaiheessa huomioitavia seikkoja olivat testikäyttäjien suoriutuminen sähköauton latauksesta ja heidän kommenttinsa, lataustolpan varaaminen, varatun lataustolpan ”varastaminen”, latauksen aloittaminen, latauksen lopettaminen sekä erilaiset huomautukset ja tekstiviestit, joita eri tapauksista ilmenee. Järjestelmätestauksen aikana koekäytettiin pääasiassa vain Liikennevirta Oy:n kehittämää Virtapiste-palvelua sekä Ensto Oy:n valmistamia latureita. Satunnaisesti jouduttiin käyttämään myös muiden valmistajien tarjoamia latauspalveluita. Virtapiste-palvelua pyrittiin käyttämään mahdollisimman monella eri tavalla etsien järjestelmästä virheitä.

Latauspisteitä käytettiin ristiin eri tunnustautumistavoilla. Tunnustautuminen tapahtui selainpohjaisella app.virta.fi-sovelluksella sekä mobiilisovelluksella (Android ja iOS - pohjaisilla), SMS-viestillä, latauskortilla (RFID) sekä avaimenperällä (RFID).

Varsinaiset testausdokumentit (liitteet 1 ja 2) on luovutettu vain työn tilaajan käyttöön.

2 Sähköautoilu Suomessa

2.1 Sähköauto yleisesti

Sähköautojen suorituskyky ja toimintasäde ovat kasvaneet huomasti nykyisen akkuteknologian kehityksen myötä. Uusien sähköautojen akustoista on saatu entistä tehokkaampia painonsa ja hintaansa nähden, mikä mahdollistaa tehokkaampien sähkömoottorien käytön, pidemmän toimintasäteen sekä kilpailukykyisemmän hinnan. Tästä johtuen sähköautojen suosio on alkanut kasvamaan viime vuosina, kun fossiilisille polttoaineille pyritään löytämään ympäristöystävällisempiä ja vaihtoehtoisia ratkaisuja. Sähköauto on tähän ongelmaan varteenotettava vaihtoehto, koska sähköautoon ladataan vain sähköä ja sähkö voidaan tuottaa voimalaitoksessa mahdollisimman pienellä hiilijalanjäljellä. Sähkö voidaan tuottaa esim. ydinvoimalla tai kivihiilellä (fossiilinen polttoaine, mutta voimalaitos ylittää parempaan energiahyötysuhteeseen (parhaimmillaan n. 80 %) kuin polttoainekäyttöinen ajoneuvo (n. 35 - 50 %). Sähkön valmistuksessa voidaan käyttää myös uusiutuvia energianlähteitä kuten tuulivoimaa, vesivoimaa tai auringon energiaa, jolloin sähköauton käyttö olisi tulevaisuudessa mahdollisimman ekologista. Täyssähköautossa ei ole pakoputkea, joten se ei tuota käytettäessä myrkyllisiä pakokaasuja tai kasvihuonekaasuja.

Sähköauton ylläpitäminen on myös suhteellisen edullista polttoainekäyttöiseen ajoneuvoon nähden. Määräaikaishuoltokustannukset ovat pienet, sillä moottorissa ei ole kuluvia osia eikä siihen tarvitse vaihtaa öljyjä, suodattimia tai sytytystulppia. Sähköauton voi ladata esim. kotipihassa omasta pistorasiasta. Sähkön hinnan ollessa suhteellisen edullista (n.10 snt / kWh) tulee latauksen hinnaksi 2,42 € ja toimintasäde n.190 km (24,2 kWh:n akustolla). Sähköautojen verotusta on myös kevennetty huomattavasti. Suomen nykyinen ajoneuvoverotus on säädetty siten, että se suosii ajoneuvoja, joiden hiilidioksidipäästöt ovat pienet. Ajoneuvoverotus koostuu autoverosta, käyttövoimaverosta ja ajoneuvoveron perusverosta. Sähköautojen autovero on 5 %, joka on tällä hetkellä alin mahdollinen. Lisäksi käyttövoimavero sähköautoilla on 1,5 snt / pv / 100 kg ja perusvero on 43,07 € vuodessa. [1]

Sähköautossa polttomoottori on korvattu sähkömoottorilla. Hybridiautoista löytyy polttomoottori sekä sähkömoottori, ja ne on voitu sijoittaa joko sarjaan tai rinnan toisiinsa nähden. Sähkömoottori saa käyttövoimansa akustolta, jossa joudutaan käyttämään hyvin korkeaa jännitettä käytettävien virtojen minimoimiseksi. Esimerkiksi jos e-Golf-sähköautossa käytettäisiin normaalia 12 V:n sähköjärjestelmää sähkömoottorin käyttövoiman (85 kW) tuottamiseen, jouduttaisiin virran määrä kasvattamaan hengenvaarallisen korkeaksi (yli 7000 A). Tämä johtaisi siihen, että jouduttaisiin käyttämään paljon paksumpia johtimia, mikä nostaisi auton massaa, virrankulutusta sekä hintaa. Sähköauto saattaa muistuttaa ulkoisesti hyvin paljon polttoainekäyttöistä autoa, mutta teknisessä toteutuksessa on huomattavia eroja jo pelkästään sähköautojen kesken. Sähköautoissa voi olla useampi kuin yksi sähkömoottori, ja ne voidaan sijoittaa esimerkiksi etuakselille ja/tai taka-akselille tai ne voidaan kiinnittää suoraan jokaisen pyörän napaan.

Ladattavien sähköautojen suosio on ollut hitaassa, mutta tasaisessa kasvussa Suomessa viimeiset 4–5 vuotta. Näistä suurin osa on vielä hybridiajoneuvoja, mutta myös täyssähköautojen osuus on kasvanut. Tämä selviää Trafifin tekemästä tutkimuksesta (kuva 1).

Rekisterissä olevat ladattavat ajoneuvot Suomessa (Määrässä ei ole mukana harrasteautoja)



Lähde: Trafifin Eera



Kuva 1. Ladattavien ajoneuvojen määrä Suomessa [2]

2.2 Sähköauton lataus

Sähköautojen lataaminen voi vaikuttaa monimutkaiselta. Lataustolppia on erilaisia ja latausliittimiä on useita. Japanilaisissa autoissa käytetään CHAdeMO-tyyppistä, mutta pienempää liittintä kun taas eurooppalaisissa käytetään Type 2 -liittintä (kuva 2). Pikalataus liittimiä on kaksi CHAdeMO ja CCS(kuva 3). Saatavilla on myös adapttereita, joilla yhden standardin liittimiä pystytään käyttämään toisten kanssa ristiin. Sukoliitin on yleisliitin, jolla autoa voi ladata esim. kotipihassa. Sukokaapelissa on kiinni n. maitotölkkin kokoinen laatikko, joka hoitaa tarvittavan diagnostiikan ja viestinnän auton ja pistokkeen välillä latauksen aikana.



Kuva 2. AC-latausliittimet: Type 2 ja CHAdeMO SAE J1772 [3 ja 4]

Kun sähköautoa ladataan yleisillä latausasemilla, älypuhelin on siihen oiva työkalu. Puhelimeen pystyy lataamaan kaikki tarvittavat sovellukset latauksen hallinnointia varten. Sovelluksiin on pyritty tuomaan kaikki tarpeellinen informaatio, mitä sähköauton käyttäjä voisi tarvita, mm. latauksen tila, SOC:n, karttapalvelut, joihin kuuluu navigointi lähimmälle latausasemalle. Lisäksi sähköauton lataamisen laskutus voidaan hoitaa suoraan sovelluksen avulla. Sovelluksen käyttöönotto tapahtuu rekisteröitymällä palveluntarjoajan tietokantaan. Rekisteröityessä tarvitaan luottokortti. Rekisteröitynyt käyttäjä kykenee käyttämään vaihtoehtoisia latauksen maksumenetelmiä, kuten RFID:tä käyttäviä apuvälineitä, esimerkiksi avaimenperää tai palveluntarjoajan korttia. Sähköauton lataus onnistuu myös tekstiviestillä, jolloin sähköauton lataus maksetaan puhelinlaskun yhteydessä.

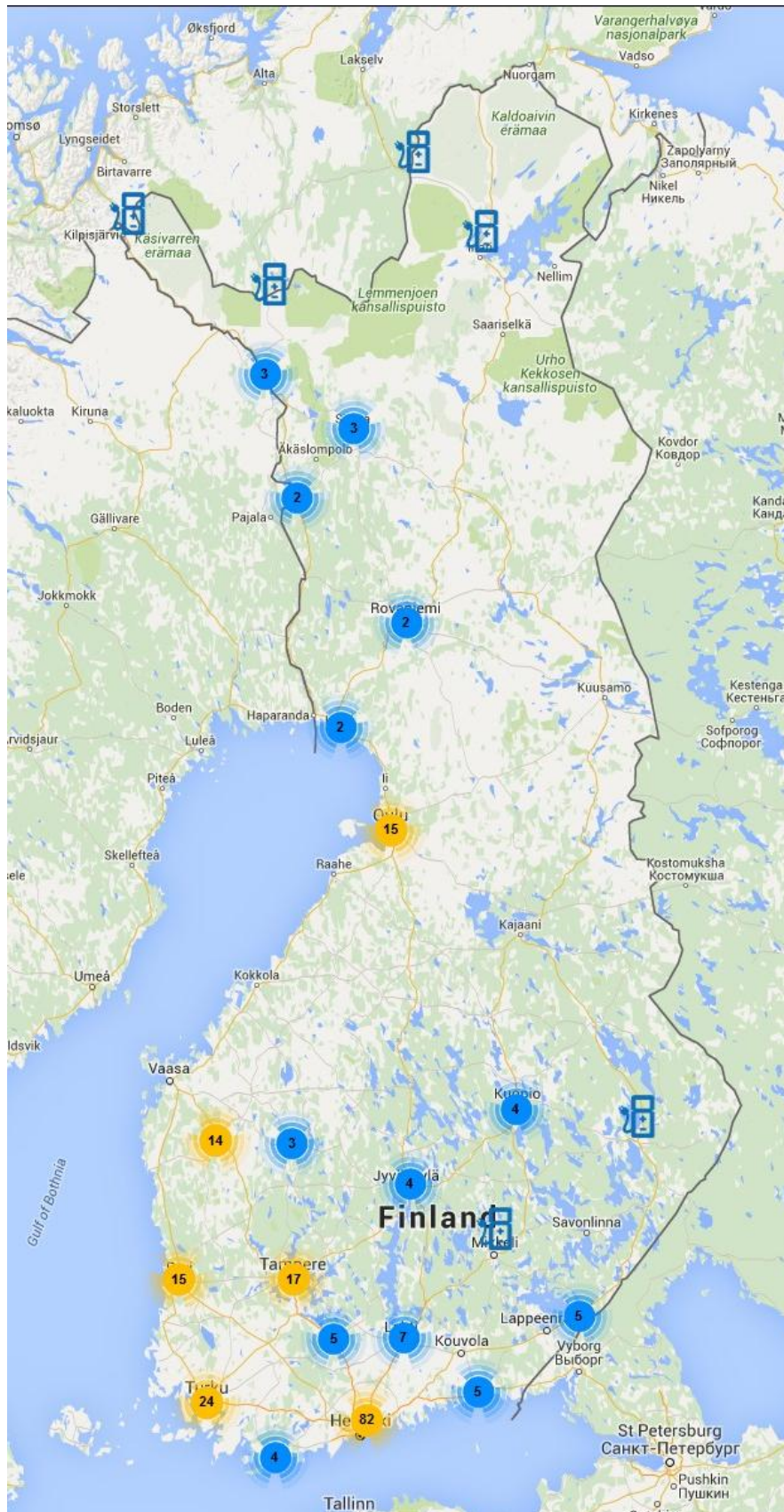
Sähköauton lataaminen kotipihassa vie aikaa, minkä vuoksi sähköauto kannattaa ladata yön aikana kun autoa ei käytetä ja yö sähkö on halvempaa. 1-vaiheisesta pistorasiasta (230 V, 16 A) autoa ladattaessa lataustehoksi muodostuu noin 3,6 kW, jolloin autoa joutuu lataamaan useita tunteja. Esim. e-Golf:n akkukapasiteetin täyteen lataamiseen kuluisi aikaa n. 6,7 tuntia. Mikäli käytettävissä on 3-vaiheinen pistorasia (400 V) putoaa latausaika n. 3,8 tuntiin. Pikalatausasemilla yleisin latausteho on 50 kW, jolloin auton saa ladattua n. 80 % toimintasäteeseen alle puolessa tunnissa. Monet pikalatausasemat ovat vielä ilmaisia, koska huoltoasemat pitävät sitä palveluna, joka houkuttelee asiakkaita syömään, kahville tai kauppaan latauksen ajaksi.



Kuva 3. CCS-pikalatausliitin [5]

2.3 Suomen latauspisteet

Muutama vuosi sitten sähköautojen latauspisteet alkoivat yleistyä nopeasti sähköautojen lisääntyneen myynnin ansiosta. Latauspisteiden verkko laajenee koko ajan. Tällä hetkellä latauspisteitä löytyy ympäri maata ja pääkaupunkiseudulta, rannikolla latauspisteitä on runsaasti (kuva 4). Latauspisteiden valmistajia Suomessa ovat mm. Ensto Oy, ABB Group ja Fortum Oyj. Sähköautojen julkiset latauspisteet ovat myös yleistymässä, ja ne ovat käyttäjälle ilmaisia. Yleisten latauspisteiden teho vaihtelee 10–50 kW:n välillä, mutta yleisin on selvästi 22 kW. Poikkeuksena ovat Teslan omat Supercharger-latauspisteet, joiden teho on tällä hetkellä parhaimmillaan 120 kW.



Kuva 4. Suomen latausasemat kartalla [6]

3 Latauspisteet ja sovellukset

3.1 AC-latausasemat

AC-lataus on ”peruslataus” sähköautolle, ja latausasemat ovat tarkoitettu rauhallisempaan ja pitkäaikaisempaan lataamiseen kuin DC-pikalatausasemat. AC-latausasemat ovat oivallisia valintoja esimerkiksi kauppakeskuksiin tai julkisen liikenteen liityntäpysäköintipaikoille. AC-latausasema valitaan silloin, kun lataamiseen pystytään käyttämään useampi tunti. Kotona tapahtuva AC-lataaminen suoraan auton lämmityspylvästä tai muusta sukopistorasiasta on käytännöllinen vain yön yli ladattaessa, kun aikaa on käytettävissä erittäin paljon (kuva 5).



Kuva 5. Nissan Leaf-testiauto sukolatauksessa [7]

3.1.1 Ensto Chago

Järjestelmätestauksen aikana eniten käytetty latausasema oli tyypiltään Ensto Chago. Ensto Chagosta (kuva 6.) on saatavilla niin yhden auton malleja kuin kaksipuoleisia versioita, joilla pystyy lataamaan kahta autoa samanaikaisesti. Testauksen aikana havaittiin, että useimmille sähköauton latauspisteille on valittu juuri kaksipuoleinen kaksoislatausasema. Ensto valmistaa kaksipuoleisestakin asemasta vielä viittä eri versiota asiakkaan tarpeiden mukaan. Versiot eroavat toisistaan vain ominaisuuksiltaan, ja ulkoisesti on vaikea erottaa, minkä version asiakas on valinnut.

Asemalla on mahdollista ladata kaikkia mahdollisia sähköautoja pistorasiavalintojen ansiosta. Ensto Chago on varustettu aina 1-vaiheisella sukopistorasialla sekä 3-vaiheisella lataustavan 3 Type 2 -mukaisella pistorasialla. Latausasemassa on luonnollisesti myös ylivirta- ja vikavirtasuojaus nykyisten vaatimusten mukaisesti.

Latausaseman viisi eri versiota eroavat toisiltaan lisävarusteillaan. EVC200-A-malli on niin sanottu perusmalli, jossa ei ole lisävarusteita. EVC200-E taas on malliston lippulaiva, ja siinä on perusvarusteiden lisäksi vikavirtasuojan automaattinen uudelleenviritys, MID-hyväksytty energiamittari, yksivärinäyttö ja antigraffitilakkaus. Latausaseman käyttöjännite on 230– 400 voltia ja virrankulutus 16 tai 32 A riippuen mallista. Latausasemat ovat luonnollisesti ulkokäyttöön soveltuvia, ja ne onkin koteloitu luokiteltu luokkaan IP 44. [8]



Kuva 6. Ensto Chago [8]

3.1.2 Ensto Chago Pro

Ensto Chago Pro (kuva 7) on myös monipuolinen ja tarpeiden mukaan varusteltava sähköauton latausasema. Pro-versiosta saa tavallisen version tapaan myös yhden tai kahden auton malleja. Järjestelmätestauksen aikana testiin osui vain muutamia Pro-malleja, joten käyttökokemukset jäivät vähäisiksi.

Merkittävin ero tavalliseen Chago-latausasemaan on se, että Pro-mallista ei löydy lainkaan sukopistorasiaa, joten sillä ei voi ladata kuin uudempia sähköautoja. Sukopistorasia on toki saatavilla, jos latausaseman tilaaja näin haluaa. Testauksessa olleessa mallissa ei ollut muita pistokkeita kuin 3-vaiheinen lataustavan 3 Type 2 -pistorasia.

Pro-mallista löytyy tavallisen mallin tavoin luonnollisesti vikavirta suojaus sillä erolla, että Pro-malli osaa automaattisesti vian poistuessa kuitata vikavirtasuojan. Pro-malli on myös tavalliseen versioon nähden paremmin varusteltu mahdollisten sähkökatkojen varalta. Pro-mallissa ei ole lukkiutuvaa sähköllä operoitavaa kantta, vaan latauskaapeli lukittuu aseman pistokkeeseen. Sähkökatkon sattuessa tämä lukitus avautuu ja kalliin latauskaapelin saa irti laturista.

Ensto Chago Prosta valmistetaan myös useampia versioita. Väri vaihtoehtoja on kaksi, mikä kaksinkertaistaa erilaiset mallit. Teknisesti erilaiset mallit eroavat energiankulutuksen mittausominaisuuksiltaan sekä turvallisuusvarusteiltaan. [9]



Kuva 7. Ensto Chago Pro. Kuvassa malli ilman sukopistorasioita. [9]

3.1.3 Muut Ensto sähköauton lataustuotteet

Ensto valmistaa myös lukuisia muita erilaisia sähköauton lataustuotteita ja -järjestelmiä. Enstolla on tarjota laitteet niin yrityksille, yhteisöille, kaupungeille kuin yksityisille kotona sähköautojaan lataaville asiakkaille. Kun asiakkaalla on hallittavana useampia latausasemia Enstolta löytyy luonnollisesti myös etähallinta- ja ohjausjärjestelmät.



Kuva 8. Ensto EVP070.01- AC-kotilatausasema [10]



Kuva 9. Selainpohjainen hallintaohjelma Chago Server sähköautojen latauspisteille [11]

3.2 DC-pikalatausasemat

DC-pikalataus asemia on pääasiassa kolmenlaisia. Latausaseman teho on usein 50 kW joka siis tarkoittaa, että useimmat tavalliset sähköautot latautuvat tyhjästä n. 80 % erittäin nopeasti noin puolessa tunnissa. Jäljellä jäävä 20 % vie aikaa myös pikalatausasemalla yleensä vähintään puoli tuntia ellei enemmänkin. Tämä johtuu sähköauton akkujen kennojännitteiden tasapainotuksesta. DC-pikalatausasemat osaavat tämän latauksen rajoituksen tehdä automaattisesti eikä käyttäjän tarvitse asiasta huolehtia. DC-pikalatausasemat on tarkoitettu nopeutensa puolesta rakennettaviksi lähinnä suurten pääväylien varsille useimmiten isojen liikenneasemien yhteyteen. DC-pikalatausverkoston kasvaessa sähköautolla pitkän matkan tekeminen on aina vain helpompaa. Sähköautoilleissa pitkää matkaa on varauduttava pitämään pidempiä taukoja useammin kuin polttomoottorilla varustetulla autolla. Järjestelmätestauksen aikana päästiin kokeilemaan niin Ensto Oy:n ja ABB:n pikalatausasemia. Kokeilimme myös Teslan omaa Supercharger -latausasemaa (kuva 10), joka tehoiltaan voittaa kaikki muut markkinoilla olevat latausasemat. Tesla Supercharger (kuva 6.) pystyy lataamaan peräti 120 kW:n teholla.[12]



Kuva 10. Tesla Supercharger lataamassa Tesla Model S -ajoneuvoa.[13]

3.2.1 Ensto Chago Power

Ensto Chago Power (kuva 11) on Enston valmistama pikalatausasema sähköautojen erittäin nopeaan lataukseen. Latausasemasta valmistetaan kolmea eri versiota riippuen siitä, millaisia sähköautoja asemalla halutaan ladata. Mallistosta löytyy mallit CCS-pistokkeella, CHAdeMO-pistokkeella sekä myös malli jossa on molemmat. Testauskauden aikana emme löytäneet yhtään Enston pikalaturia, jossa olisi vain toinen vaihtoehto. Aseman ylläpitäjä oli aina valinnut mahdollisimman montaa autoilijaa palvelevan tuplamallin. Enston pikalaturi tarvitsee toimiakseen 400 voltin jännitesyötön ja kuluttaa energiaa parhaimmillaan omakotitalon verran toimiessaan suurimmalla mahdollisella teholla. Latausasema on luokiteltu ulkoasennusta varten koteloinniltaan luokkaan IP55, ja valmistajan ilmoittama käyttölämpötila-alue on napapiiriltä autiomaahan sopiva -30 °C...+50 °C.[14]



Kuva 11. DC-pikalataus asema Ensto Chago Power. Kuvassa malli molemmilla latauskaapeli tyypeillä CCS sekä CHAdeMO.[14]

3.3 Muiden valmistajien latausasemia

Sähköautojen latausasemia Suomeen valmistaa kaksi päätoimijaa, Ensto ja ABB. Kansainvälisesti tarkastellen kilpailu on kovaa, ja sähköautojen yleistyessä kilpailu tulee kiristymään entisestään. Kansainvälisistä latausasema valmistajista mainittakoon tunnetuimmat Bosch, Fuji Electric, Schneider Electric ja Delta Electronics sekä muita lukuisia pienempiä toimijoita. [15]

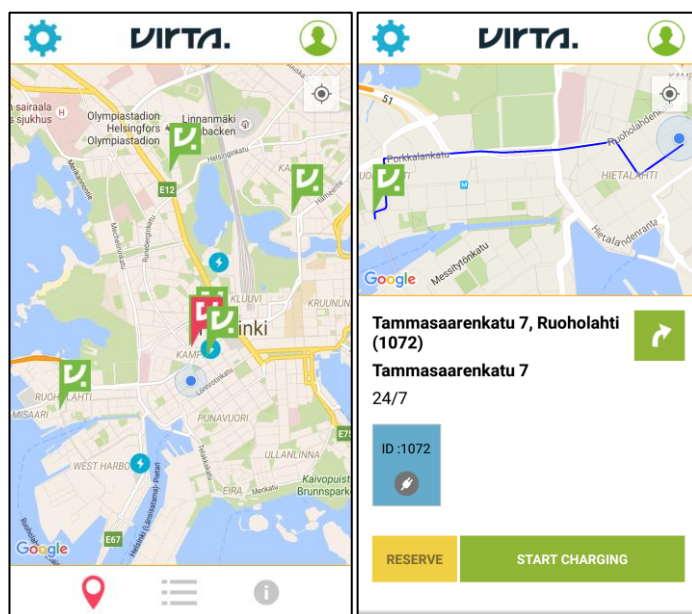
3.4 Virtapiste-sovellus

Virtapisteen avoimessa mallissa mikä tahansa taho voi toimia latauspisteen omistajana: energiayhtiö, kaupunki, pysäköintipalveluyritys, autoliike, hotelli, kauppaketju tai vaikkapa drive-in-pikaruokala. Verkostoon voi vaivattomasti liittää uuden tai jo olemassa olevan, EU-standardit täyttävän latauspisteen. [16]

Virtapisteen avoimen palvelumallin hyötyjä ovat

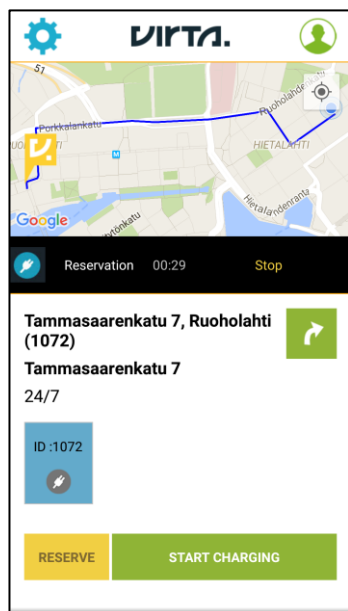
- latausverkoston helppokäyttöisyyden kehittäminen ja laajentuminen valtakunnallisesti
- säästöt latauspalvelun ylläpidon ja toteutuksen kustannuksissa
- julkisten latauspisteiden hyötykäytön kasvattaminen
- sähköautoilun helpottaminen
- latausverkoston investointiriskien pienentäminen.

Virtapiste-sovellus on tehty helpottamaan sähköautoilijan arkea. Virtapiste-sovellus on ilmainen ja kaikkien ladattavissa puhelimen sovelluskaupasta, jolloin sovelluksen kartta ja navigointipalvelut ovat kaikkien käytettävissä (kuva 12). Sovellus auttaa käyttäjää löytämään haluamansa latauspisteen. Sovelluksesta käyttäjä näkee Virtapisteen latausasemien lisäksi kaikki Suomen latausasemat.



Kuva 12. Virtapisteen sovellus käyttöesimerkki (karttakuva, latausaseman valinta, varaus)

Rekisteröityneenä käyttäjänä asiakas saa käyttöönsä loput sovelluksen ominaisuuksista, joita ovat mahdollisuus varata latausasemia (kuva 13), jotta välttyttäisiin turhilta matkoilta jo käytössä oleville latausasemille, sekä mahdollisuus aloittaa ja lopettaa lataus sovelluksen avulla. Asiakaspalvelu on käytettävissä 24/7.



Kuva 13. Latausasema varattuna Virtapiste-sovelluksessa.

Virtapiste-verkosto ulottuu jo 16 paikkakunnalle, joihin lukeutuvat Helsinki, Jyväskylä, Kotka, Laitila, Mäntsälä, Naantali, Oulu, Pori, Porvoo, Rauma, Tammisaari, Turku, Paimio, Akaa, Vaasa ja Vantaa. Näillä paikkakunnilla sijaitsee tällä hetkellä yhteensä yli 80 latausasemaa. [17]

3.5 Muiden palveluntarjoajien sovellukset

Virtapisteen kaltaisia kotimaisia palveluntarjoajia ei Suomessa vielä ole. Suomessa toimii kuitenkin Fortumin tarjoama Charge & Drive -palvelu joka ulottuu kaikkiin pohjoismaihin.

4 Ajoneuvot

4.1 Volkswagen e-Golf

E-Golf julkaistiin Frankfurtin autonäyttelyssä 2013 ja sen valmistus aloitettiin maaliskuussa 2014. E-Golf-sähköauto on suunniteltu 7. sukupolven Volkswagen Golfin pohjalta, joten auton korja ei ole varsinaisesti suunniteltu sähköautossa käytettäväksi. e-Golf on viisipaikkainen, etuvetoinen auto, joka on varustettu sähkömoottorilla (115 hv / 270 Nm) sekä portaattomalla automaattivaihteistolla, jotka kiihdyttävät auton 0–100 km/h 10,4 sekunnissa. Akustona Volkswagen käyttää kapasiteetiltaan 24,2 kWh:n tehoista Li-Ion-akkupakettia. E-Golfin saavuttama huippunopeus on 140 km/h, ja maahantuojan ilmoittama keskkulutus on 12,7 kWh / 100 km. Painoa autolle on kertynyt 1585 kg. Volkswagen e-Golf on ladattavissa Type 2- ja CCS -standardia käyttävillä latausasemilla. [18]



Kuva 14. Volkswagen e-Up (kuvassa vasemmalla) ja e-Golf (kuvassa oikealla) [19]

4.2 Nissan Leaf

Nissan Leaf (kuva 15) perustuu Nissanin sähköauton prototyyppiin EV-11, joka julkaistiin kesäkuussa 2009. Nissan Leafin valmistus aloitettiin Japanissa 2010 vuoden lopussa. Leaf on suunniteltu sähköautoksi, eikä siitä löydy polttoainekäyttöistä mallia. Leaf on viisipaikkainen, etuvetoinen auto. Auton sähkömoottori tuottaa 109 hv / 254 Nm tehot, nämä tehot yhdistettynä portaattomaan automaattivaihteistoon kiihdyttävät Leaf:n 0-100 km/h 11,5 sekunnissa ja huippunopeus on 144 km/h. Maahantuoja ilmoittama sähkönkulutus on 15 kWh / 100 km. Leafin akusto on kapasiteetiltaan 24 kWh Li-Ion-akkupaketti ja toimintasäde 199 km. Uusimpiin malleihin on saatavilla isompi 30 kWh litium-ioni-akkupaketti, jolloin toimintasäde kasvaa 250 km:iin. Auton paino pienemmällä akkupaketilla 1547 kg ja isommalla akkupaketilla 1570 kg. Nissan Leaf on ladattavissa CHAdeMO- ja Type 2 -standardia käyttävillä latausasemilla. [20]



Kuva 15. Nissan Leaf 30 kWh [21]

4.3 Mitsubishi Outlander PHEV

Mitsubishin 3. sukupolven Outlander julkaistiin Geneven autonäyttelyssä 2012 ja se toi mukanaan PHEV-mallin (kuva 16), joka perustuu Mitsubishin i-Miev-sähköautoon. Auto on varustettu kahdella 60 kW sähkömoottorilla (etuakselin moottori 82 hv / 137 Nm ja taka-akselin moottori 82 hv / 195 Nm), joita tukee 2,0 litrainen bensiinimoottori (121 hv / 190 Nm) tarvittaessa. Akusto on kapasiteetiltaan 12 kWh Li-Ion-akkupaketti ja maahantuojan ilmoittama toimintasäde pelkällä sähköllä ajettaessa 52 km ja kesikilutus on 13,4 kWh / 100 km. Autolla on painoa 1810 kg. Mitsubishi Outlander on ladattavissa CHAdeMO- ja Type 2 -standardia käyttävillä latausasemilla. [22]



Kuva 16. Mitsubishi Outlander PHEV [23]

4.4 Tesla Model S

Tesla Model S (kuva 17) esiteltiin ensimmäisen kerran Frankfurtin autonäyttelyssä 2009. Kuitenkin auton valmistus aloitettiin Yhdysvalloissa vasta kesäkuussa 2012. Model S -mallista löytyy useita variaatioita, kuten takaveto tai neliveto sekä akuston koko 70 tai 90 kWh. Takavetoista mallia on saatavilla vain 70 kWh:n akustolla. P90D on tällä hetkellä tehokkain Teslan valmistama ajoneuvo. Auto on nelivetoinen, ja

vääntömomentti tuotetaan kahdella sähkömoottorilla, joilla 510 hv tuotetaan taka-akselille ja 262 hv etuakselille yhteistehon ollessa 772 hv / 967 Nm.

Tesla Model S on Nissan Leafin tavoin suunniteltu alusta alkaen täyssähköautoksi, eikä siitä ole polttomoottorilla varustettua mallia. Sähkömoottorien jälkeen on asennettu alennusvaihte, joilta vääntömomentti välitetään suoraan vetäville pyörille. Ajoneuvossa ei näin ollen ole vaihteistoa, vaikka useat auto esitteet kertovat autossa olevan niin sanottu yksinopeuksinen automaattivaihteisto.



Kuva 17. Tesla Model S [24]

Auton suorituskyky on aivan eri tasolla muihin sähköautoihin verrattuna ja Model S menestyy hyvin vertailuissa myös polttomoottorikäyttöisiä urheiluautoja vastaan. Model S:n nopein versio P90D saavuttaa paikaltaan lähdetessä nopeuden 100 km/h 3,3 sekunnissa (Lisävarusteena saatavalla Ludicrous-päivityksellä 3,0 sekuntia). Maahantuojan ilmoittama sähkönkulutus Model S:lle on 17 kWh / 100 km. Lukema kuitenkin vaihtelee riippuen ajoneuvon versiosta ja kuljettajan ajotavasta. Teoreettinen toiminta säde Model S:lle on 442–550km riippuen mallista. Todellisuudessa käyttäjäkokemusten perusteella voidaan sanoa toiminta säteeksi 300 – 350 km. Ajoneuvon massa on huomattavasti suurempi kuin muissa testiajoneuvoissa johtuen

juuri suuresta akkupaketista. Model S:n tyhjäpaino on 2100 kg. Tesla Model S on ladattavissa Type 2 -standardia käytävillä latausasemilla, sekä Teslan omilla Supercharger-aseilla. Model S:ään on mahdollista hankkia CHAdeMO-adaptteri, jolloin lataus onnistuu myös CHAdeMO standardin latausasemilla. [25]

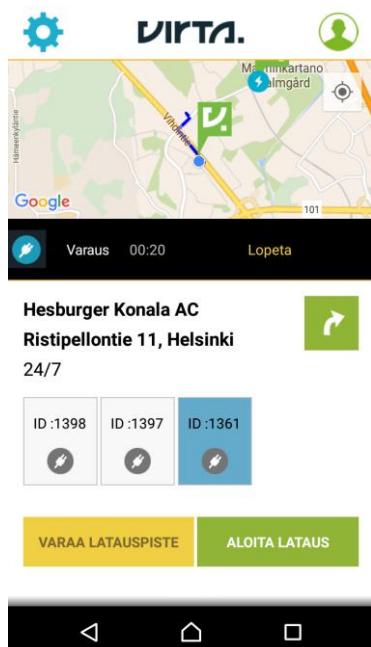
5 Järjestelmätestaus

5.1 Järjestelmätestauksen idea

Ensto Oy ja Liikennevirta Oy tilasivat yhteistyönä Metropolia Ammattikorkeakoululta opinnäytetyönä suoritettavan järjestelmätestauksen. Järjestelmätestaukselle annettiin nimi Laturihack 2016. Ajankohta järjestelmätestaukselle oli hyvinkin ajankohtainen, koska täysin sähkökäyttöisten ajoneuvojen myynti lisääntyy kokoajan ja latausasemaverkosto kasvaa jatkuvasti yrittäjien halutessa palvella asiakkaitaan mahdollisimman monipuolisesti. Järjestelmätestaus on hyvä suorittaa nyt, jotta järjestelmää voidaan parantaa tulevaisuudessa ja saada etumatkaa kilpailijoihin.

5.2 Järjestelmätestauksen tarkoitus

Työn tarkoitus oli koekäyttää Ensto Oy:n valmistamia latausasemia ja Liikennevirta Oy:n kehittämää Virtapiste-varaus- ja -veloituspalvelua. Testauksen aikana etsittiin virheitä niin latausasemista kuin Virtapiste-palvelusta (kuva 18). Latausasemista etsittiin suurimmaksi osaksi vain mekaanisia virheitä ja yleiseen käytettävyyteen liittyviä ongelmia. Virtapiste palvelusta yritettiin löytää ohjelmointivirheitä ja epäselvyyksiä.



Kuva 18. Virtapiste-sovellus, latauspisteen varaus käynnissä

5.3 Järjestelmätestauksen toteutus

Järjestelmätestaus toteutettiin suurimmaksi osaksi käytännön kokeiluilla. Saimme käyttöömmä erilaisilla järjestelmillä varustettua sähköajoneuvoja. Testausajoneuvot pyrittiin valitsimeen siten, että kaikki olisivat mahdollisimman erilaisia tekniseltä toteutukseltaan. Latausasemia pyrittiin testaamaan kaikilla mahdollisilla tavoilla, koska käytössä oli useampia eri ajoneuvoja saimme kokeiltua kaikki mahdolliset liitännät eli tavalliset suko, Type 2, CHAdeMO ja CCS. Testauksen aikana yleisimmin käytetty latausliitäntä oli Type 2 sen yleisyyden takia. Kaikissa sähköautojen AC-latausasemissa on juurikin Type 2 -liitäntä. Toki useimmista asemista löytyy myös sukopistorasia, mutta sitä emme niinkään käyttäneet sen hitauden takia. Sukopistoketta tuli koe käytettyä testauspäivien välisinä öinä kotona ladatessa. DC-pikalatausasemilla käytimme eniten CHAdeMO-liitäntää, koska kolme neljästä testausajoneuvosta oli yhteensopiva CHAdeMO:n kanssa.

Virtapiste varaus- ja maksujärjestelmää koekäytettiin myös mahdollisimman monella eri tavalla. Käytimme palvelua niin PC -tietokoneilla, matkapuhelimilla ja paikallisilla RFID-tekniikoilla. Virtapistettä pystyy käyttämään matkapuhelimella usealla eri tavalla niin matkapuhelimen selainta käyttäen kuin erillisellä sovelluksella. Matkapuhelimella järjestelmää pystyy käyttämään myös tekstiviestillä ja soittamalla asiakaspalveluun. Matkapuhelinsovellukset löytyvät kaikille yleisimmille matkapuhelin käyttöjärjestelmille Android, Apple iOs ja Windowsphone. Koekäytimme pääasiassa Android-sovellusta, koska molemmilla testausinsinööreillä oli vain Android-puhelimet. Saimme käyttöömmä testausta varten myös iPad-laitteen, jotta saimme testattua myös iOs-sovelluksen toimintaa. Windowsphone jäi kokonaan testauksen ulkopuolelle, koska emme saaneet laitteistoa testiin. Matkapuhelimilla ja PC-tietokoneilla testasimme myös selainpohjaisen järjestelmän hallintaa osoitteessa app.virta.fi. Kokeilimme myös tekstiviesteillä latauspisteiden toiminnan ohjaamista. Puhelimitse olimme asiakaspalveluun yhteydessä vain ongelma tilanteissa, emmekä esimerkiksi aloittaneet latausta asiakaspalvelun kautta.

5.4 Järjestelmätestauksen tulokset

Latausasemista ja niiden lähiympäristöstä löydettiin pääasiassa vain aseman valmistajasta riippumattomia vikoja ja puutteita. Yksikään latausasema ei ollut viallinen ilman, että siitä olisi ollut selkeä merkintä Virtapiste-sovelluksessa. Latausasemat saatiin toimimaan normaalista poikkeavalla tavalla vain poikkeamalla käyttöohjeen ohjeistuksesta. Testikäyttäjämme ehdottivat latausasemiin lähinnä kosmeettisia parannuksia ja lisävarusteita.

Virtapiste-palvelusta löydettiin muutamia ohjelmointivirheitä ja epäselvyyksiä. Vakavia ongelmia sovellus ei aiheuttanut kertaakaan. Löydetyt virheet järjestelmästä olivat lähinnä kosmeettisia ja ovat helposti korjattavissa uudelleenohjelmoinnilla. Virtapiste-sovellus ei myöskään vie merkittävästi matkapuhelimen muistia, joten se ei ole kovin raskas hidastamaan puhelimen muuta toimintaa. Matkapuhelin on siis täysin käytettävissä vaikka Virtapiste-sovellus olisi taustalla käynnissä. Testauksen ulkopuolelle tosin jäi niin sanotusti halvemmat älypuhelimet, joiden laskentakyky ei yllä uusimpien mallien tasolle.

Järjestelmätestauksen aikana laadittiin testausmuistiinpanoja ja lopulta kirjoitimme myös virallisen testausraportin, nämä dokumentit eivät ole julkisia ja ovat nähtävissä vain työntilajille.

Järjestelmätestauksen esimerkkiraportti

Jokaisesta latausasemasta ja latauskerrasta täytettiin ennalta sovitun mallinen raporttipohja, josta käy ilmi koska tehtiin, mitä tehtiin, miten tehtiin ja mikäli latauksen yhteydessä ilmeni ongelmia, kuinka saatiin ongelma ratkaistua.

5.4.1 Ongelmaton lataaminen

Seuraavassa on esitetty esimerkki ongelmattomasta latausaseman käytöstä:

- Latausaseman numero #1234, aika 13.3.2016 klo 13:45
- Käyttäjä 1 varaa latausaseman sovelluksella klo 13:45, OK
- Käyttäjä 1 tunnistautuu latausasemalle RFID-kortilla, OK.
- Käyttäjä 1 kiinnittää kaapelit autoon ja latausasemaan, OK.
- Lataus käynnistyy ja tekstiviesti vahvistus saapuu, OK.
- Käyttäjä 2 yrittää lopettaa latauksen, ei onnistu, OK.
- Käyttäjä 1 lopettaa latauksen Android -sovelluksella, klo 15:30.
- Lataus päättyy, vahvistustekstiviesti saapuu, OK.
- Käyttäjä 1 irrottaa kaapelit autosta ja latausasemasta sekä sulkee aseman kannen, OK.
- Lataus onnistui, ladattu 7,9 kWh, hinta 1,43 €, OK.

5.4.2 Lataustapahtuma mahdollisella virhetilanteella

Seuraavassa on kuvattu esimerkki latausaseman käytöstä, kun ilmenee ongelma:

- Latausaseman numero #4321, aika 14.3.2016 klo 14:25
- Käyttäjä 2 tunnistautuu latausasemalle lähettämällä tekstiviestin, OK.
- Luukku aukeaa normaalisti, käyttäjä 2 kiinnittää kaapelit ajoneuvoon ja latausasemaan, OK.
- Luukun sulkeminen ei onnistu, lukko jumissa, EI OK.
- Käyttäjä 2 raportoi latausaseman vialliseksi, koska luukun lukitus ei toimi. OK.
- Lataus epäonnistui, ladattu 0,0 kWh, hinta 0,00 €, EI OK.

6 Yhteenveto

Laturihack-järjestelmätestauksen aikana testattiin Liikennevirta Oy:n ja Ensto Oy:n rakentamaa sähköautojen latausasema verkostoa. Testaus koostui pääosin käytännön kokeista eli erilaisten sähköautojen lataamisesta. Järjestelmätestauksen aikana havaittiin, että latausasema verkosto ja latauksen hallinta järjestelmät ovat nyt jo hyvät. Testauksen aikana löydettiin muutamia pieniä virheitä ja pientä hienosäätöä tarvitsevia kohteita. Asiakas yrityksille toimitettiin tarkemmin eritellyt dokumentit testauksen eri vaiheista ja havaituista vioista, kun nuo havainnot saadaan korjattua voidaan latausasema verkostoa sanoa jo erinomaiseksi.

Lähteet

- 1 Täyssähköauto. 2016. Verkkodokumentti. Motiva. <http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/autotyyppi/tays_sahkoauto>. Päivitetty 8.3.2016. Luettu 14.4.2016.
- 2 Sähköautojen määrä Suomessa kasvaa vakaasti. 2014. Verkkodokumentti. Sähköinen Liikenne –hanke. <<http://www.sahkoinenliikenne.fi/uutiset/sahkoautojen-maara-suomessa-kasvaa-vakaasti>>. Päivitetty 14.8.2014. Luettu 17.3.2016
- 3 Europe Sets Common Standard for Electric Vehicle Charging. 2013. Verkkosivusto. Environment News Service. <<http://ens-newswire.com/2013/01/28/europe-sets-common-standard-for-electric-vehicle-charging/>> Päivitetty 28.1.2013. Luettu 27.4.2016.
- 4 CHAdeMO quick charger connector. 2016. Verkkosivusto. Ghasan. <<http://clothing.ghasan.info/product-tag/chademo.html#home>>. Päivitetty 2016. Luettu 27.4.2016.
- 5 CCS - Combined Charging System. 2015. Verkkosivusto. DIYElectricCar. <<http://www.diyelectriccar.com/forums/showthread.php/ccs-combined-charging-system-165129.html>>. Päivitetty 28.10.2015. Luettu 27.4.2016.
- 6 Julkiset latauspisteet Suomessa. 2015. Verkkosivusto. Sähköinenliikenne. <<http://www.sahkoinenliikenne.fi/suomen-julkiset-latauspisteet>> Päivitetty 30.12.2015. Luettu 27.4.2016.
- 7 Lehtonen, Sami. 2016. Valokuva. Kuvattu 23.3.2016.
- 8 Ensto Chago-asetat. 2014. Verkkosivusto. Ensto Oy. <http://products.ensto.com/catalog/18154/Ensto%20Chago-asetat_FIN1.html> Päivitetty 2014. Luettu 7.4.2016.
- 9 Ensto Chago Pro. 2014. Verkkosivusto. Ensto Oy. <http://products.ensto.com/catalog/26612/Ensto%20Chago%20Pro_FIN1.html> Päivitetty 2014. Luettu 7.4.2016.
- 10 Tuotekortti. 2014. Verkkosivusto. Ensto Oy. <http://products.ensto.com/catalog/19425/product/31978/EVP070.01_FIN1.html> Päivitetty 2014. Luettu 27.4.2016.
- 11 Ensto Chago Server. 2014. Verkkosivusto. Ensto Oy. <http://products.ensto.com/catalog/19427/Ensto%20Chago%20Server_FIN1.html>. Päivitetty 2014. Luettu 27.4.2016.

- 12 Supercharger. 2016. Verkkosivusto. Tesla Motors.
<https://www.teslamotors.com/fi_FI/supercharger?redirect=no> Päivitetty 2016.
Luettu 7.4.2016.
- 13 Tesla launches Supercharger valet service. 2016. Verkkosivusto. Autoblog.
<<http://www.autoblog.com/2016/03/31/tesla-launches-supercharger-valetservice/>> Päivitetty 31.3.2016. Luettu 27.4.2016.
- 14 Ensto Chago Power. 2014. Verkkosivusto. Ensto Oy.
<http://products.ensto.com/catalog/22866/Ensto%20Chago%20Power_FIN1.html> Päivitetty 2014. Luettu 7.4.2016.
- 15 Charging station manufacturers. 2009. Verkkosivusto. The Mayor of London for the London Assembly and the Greater London Authority. <<http://static.london.gov.uk/electricvehicles/charging/suppliers.jsp>> Päivitetty 24.11.2011. Luettu 7.4.2016.
- 16 Virtapiste. 2016. Verkkosivusto. Liikennevirta Oy. <<http://solutions.virta.fi/>> Päivitetty 2016. Luettu 15.4.2016.
- 17 Virtapiste. 2016. Verkkosivusto. Liikennevirta Oy. <<http://solutions.virta.fi/tietoa-yrityksesta/>> Päivitetty 2016. Luettu 15.4.2016
- 18 Volkswagen launches the battery-electric e-Golf in Germany “Das e-Auto”. 2016. Verkkodokumentti. Green Car Congress.
<<http://www.greencarcongress.com/2014/02/20140215-egolf.html>>. Päivitetty 15.2.2016. Luettu 27.4.2016
- 19 Volkswagen e-Up and e-Golf. 2013. Verkkosivusto. Automotive World.
<<http://www.automotiveworld.com/news-releases/2013-iaa-frankfurt-motor-show/attachment/vw-e-up-and-e-golf/>>. Päivitetty 9.9.2013. Luettu 27.4.2016.
- 20 Nissan Leaf. 2016. Verkkodokumentti.
Nissan. <http://www.nissan.fi/etc/medialib/nissaneu/_FI_fi/_Other_pdf/_pricelists.Par.2598.File.dat/LEAF_Asiakashinnasto__01-01-16_0628.pdf>. Päivitetty 1.1.2016. Luettu 17.3.2016
- 21 Nissan Leaf 30 Kwh: un avance en autonomía eléctrica. 2015. Verkkosivusto. El Mundo.
<<http://www.elmundo.es/motor/2015/10/22/5628c1cd46163f8b218b45f3.html>>. Päivitetty 10.11.2015. Luettu 27.4.2016.
- 22 Mitsubishi Outlander MY14 PHEV tekniikka. 2015. Verkkosivusto. Mitsubishi Motors. <http://www.mitsubishi.fi/outlander-phev/?gclid=CjwKEAjqw6m3BRCP7IfMq6Oo9gESJACRc0bNcdgd3NRszSkkgl2QDIJKGydCPQ7sFbsAce7qplckBRoCNvHw_wcB#!tekniikka> Päivitetty 2015. Luettu 17.3.2016.

- 23 Despite missteps, Mitsubishi Outlander PHEV a hit in UK. 2014. Verkkosivusto. Autoblog. <<http://www.autoblog.com/2014/06/20/despite-missteps-mitsubishi-outlander-phev-a-hit-in-uk/>>. Päivitetty 20.6.2014. Luettu 27.4.2016.
- 24 Tesla Model S fined for excessive emissions in Singapore. 2016. Verkkosivusto. Autoblog. <www.autoblog.com/2016/03/08/tesla-model-s-fined-for-excessive-emissions-in-singapore/>. Päivitetty 8.3.2016. Luettu 27.4.2016.
- 25 Tesla Model S. 2016. Verkkosivusto. Tesla Motors.<https://www.teslamotors.com/fi_FI/support/model-s-specifications-europe> Päivitetty 2016. Luettu 6.4.2016.