



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

Sähköautot tulevaisuuden sähkö- ja latausverkossa
Electric vehicles in futures electric and charging grid

Joonas Suikula

TIIVISTELMÄ

Lappeenranta University of Technology

LUT School of Energy Systems

Sähkötekniikka

Joonas Suikula

Sähköautojen lisääntymisen vaikutukset tulevaisuuden sähköverkkoihin

Kandidaatintyö

2017

30 sivua

Tarkastaja: Jarmo Partanen

Avainsanat: Lataus, liikenne, sähköautot, sähköverkot

Suomi muun Euroopan ohella on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä ilmastomuutoksen hidastamiseksi. Liikenne tuottaa merkittävän osan päästöjä ja sen tehokkuudessa on parantamisen varaa. Ratkaisu näihin ongelmiin löytyy liikenteen sähköistymisestä.

Tässä kandidaatintyössä perehdytään liikenteen sähköistymisen vaikutuksiin sähköverkkossa. Tarkastelu rajoittuu henkilöautoihin. Tärkein sähköverkkoihin vaikuttava tekijä on latausta tarvitsevien ajoneuvojen määrä. Työssä tarkastellaan sähköautojen lisääntymiseen vaikuttavia tekijöitä sekä teknologian näkökulmasta että ostajan perspektiivistä psykologisten ostopäätöstekijöiden pohjalta.

Valtion tahojen ylläpitämien tilastojen pohjalta tarkastellaan erinäisiä mahdollisia tilanteita ja tarkastellaan niiden toteutumistodennäköisyyksiä. Suurimmat sähköauton ostoon negatiivisesti vaikuttavat tekijät poistuvat suurimmilta osin seuraavan viiden vuoden aikana.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
Electrical Engineering

Joonas Suikula

Electric vehicles in futures electric and charging grid

2017

Bachelor's Thesis.

30 pages

Examiner: professor Jarmo Partanen.

Finland among other European countries has committed to reduce greenhouse gas emissions in order to combat climate change. Traffic produces a notable amount of these emissions and there is plenty of room to improve its efficiency. Solution to these problems lies in electric vehicles.

This Bachelor's thesis focusys mainly on how the electrification of trafic effects electric grid. The consideration is limited to passenger cars. Electric grid is mainly effected by the amount of the charged vehicles. This thesis reviews the matters that affect the amount of electric vehicles from the technological standpoint and from the buyers perspective via barriers regarding buying electric cars.

Governmental statistics are used to review a few possible situations and judging their probability. Most matters effecting electric car market negatively will be solved in the coming five years.

Sisällysluettelo

Johdanto.....	6
Sähköautot.....	7
Sähköauto, Electric vehicle EV.....	7
Hybridiauto, Hybrid Electric Vehicle, HEV.....	8
Pistokehybridi, Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV.....	9
Tulevaisuusskenaario.....	9
Lataustavat.....	9
Level 1, hidas lataus.....	10
Pikalataus.....	10
Level 2, keskinopea lataus.....	10
Level 3, pikalataus.....	11
Level 4, tasavirtalataus.....	11
Langaton lataus.....	11
Älykäs lataus.....	12
Vehicle to grid, V2G.....	14
Lataus.....	15
Piikkitasoitus.....	15
Säätövoima.....	16
Moottorien käynnistäminen.....	17
Haasteet ja ongelmat.....	17
Latauksen kesto.....	19
Ihmisen aiheuttavat ongelmat.....	19
Omistajasuhteet.....	19
Käyttövapaus.....	19
Latausinfra.....	20
Omakotitalot.....	20
Kerros- ja rivitalot.....	20
Julkisen liikenteen liittymäasemat.....	21
Julkiset rakennukset ja työpaikat.....	21
Tulevaisuus; Näkymät ja investoinnit.....	22
Sähköautojen määrä tulevaisuudessa.....	22
Verkko- ja latausjärjestelmäinvestoinnit.....	24
Yhteenveto.....	25
Lähteet.....	27

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

A	Ampeeri, virran I yksikkö
DC	Direct current, tasavirta
EV	Electric Vehicle. sähköautoa
HEV	Hybrid Electric Vehicle, hybridauto
Hz	Hertsi, taajuuden yksikkö
Kpl	Kappale
Lvm	Liikenne- ja viestintävirasto
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle, pistokehybridi
Tem	Työ- ja Elinkeinoministeriö
VA	Volttiampeeri
V2G	Vehicle-to-grid, auto-verkko-auto -tekniikka
W	Teho

JOHDANTO

Nykyisellään liikenne on riippuvainen fossiilisista polttoaineista, pääasiassa öljystä, joka on polttoaineiden pääraaka-aine. Maailman helposti saatavilla olevat öljyvarat vähenevät tulevien vuosikymmenten aikana ja joudutaan siirtymään esimerkiksi syvänmeren öljyvarojen, liuskeöljyn ja öljyhiekan hyödyntämiseen. Nämä tuotantotavat ovat huomattavasti perinteisiä vaikeampia ja täten kalliimpia. (Oil.fi, 2016)

Myöskin liikenteen päästöt ovat merkittävässä osassa vaikuttamassa liikenteen murrokseen. Tulevien vuosikymmenten aikana Euroopan Unioni on asettanut tavoitteekseen vähentää kasvihuonepäästöjä radikaalisti. Liikenteen saralla tämä johtaa hakemaan vaihtoehtoisia ratkaisuja. (Europa.eu, 2016a)

Edellä mainitut syyt johtavat perinteisen polttomoottorillisen liikenteen kallistumiseen ja osaltaan avaa tietä sähköautoille. Tekniikan kehittyessä ja markkinoiden laajentuessa sähköautojen hinnat tulevat tippumaan entisestään.

Sähköautot ovat riippuvaisia akkujensa varauksista ja tätäkautta latausverkostosta. Autojen lisääntyminen tuo sähköverkkojen suunnitteluun lisäkysymyksiä varsinkin lataustavan valinnan osalta. Erilaisilla lataustavoilla voidaan vaikuttaa verkkojen kuormitusten ajankohtiin ja täten maksimikuormitukseen.

Työssä tutustutaan sähköautoihin ja akkutekniikkaan pintapuolisesti, ja perehdytään älykkään ja perinteisen latauksen eroihin ja niiden aiheuttamiin eri verkkotasojen kuormitukseen olemassa olevien tutkimusten perusteella. Tarkastellaan vehicle to grid -vaihtoehtoa piikkien tasoittamisessa ja resurssina sähköverkon kannalta. Myös erilaisia tilanneskenaarioita ja niiden mahdollisia verkkovaikutuksia arvioidaan. Lisäksi perehdytään hieman latausinfraan, sen suunnittelun ja toteutuksen kannalta, ja pohditaan mitä asioita latauksen suunnittelussa tulisi huomioida muun muassa omakotitalojen ja julkisten rakennusten saralla.

1. SÄHKÖAUTOT

Sähköauton historia alkaa autohistorian alkuhämäristä, ensimmäiset sähköautot suunniteltiin noin 1800-luvun puolivälissä. Alkuperäisestä keksijästä ei ole täyttä varmuutta ja kunnia keksinnöstä jakautuu usealle eri ihmiselle lähteestä riippuen.

Ensimmäiset sähköautot olivat epäkäytännöllisiä ja ne toimivat kertakäyttöisillä sähkökennoilla, joiden kapasiteetti oli lähinnä olematon. Polttomoottorin kehittyessä ja ohittaessa tehokkuudessa, toimintavarmuudessa ja -matkassa ensimmäiset sähköautot, niiden suosio alkoi hiipua. Omalta osaltaan sähköautojen ensimmäisen aallon häviämiseen vaikutti myös esimerkiksi Yhdysvaltain siirtyminen tasavirtaverkoista vaihtovirtaan, mikä vaikeutti lataamista ajan tekniikan ollessa varsin kehittymätöntä. (Inventors.com, 2016)

2000-luvun ilmastollinen herääminen on käynnistänyt uuden kiinnostuksen sähköautoja kohtaan. Yhdysvalloissa lainsäädännölliset toimet avasivat markkinoita sähköautoille ja kolme suurinta yhdysvaltalaista autovalmistajaa, Ford, General Motors ja Chevrolet, kiinnostuivat sähköautojen kehittämisestä. Näiden ajoneuvojen toimintasäde oli kuitenkin vielä varsin pieni. (Inventors.com, 2016)

Suurin läpimurto oli kuitenkin Toyotan maailmanlaajuisille markkinoille 2000-luvulla tuoma hybridauto, jolla saavutettiin toivottua toimintasädettä ja ympäristöystävällisyyttä. (Toyota, 2016). Useat muutkin valmistajat ovat kehittäneet omia versioitaan sähkömoottorin, akut ja tavanomaisen polttomoottorin yhdistävästä hybridautosta. Pidempi toimintasäde ja riippumattomuus akkuvirrasta, ja myöskin tavanomaista polttomoottoria parempi hyötysuhde, lisäsi kiinnostusta ajoneuvoja kohtaan. Akkutekniikan kehittyessä myös puhtaiden sähköautojen toimintasäde on kasvanut ja ne alkavat hiljalleen olla käytännöllisiä arkipäivän käyttöajoneuvoja.

1.1 Sähköauto, Electric vehicle EV

Sähköauto eli electric vehicle, EV, on määritelmänsä mukaan pelkällä sähköllä toimiva ajoneuvo, joka kykenee kulkemaan akulla vähintään 42 km:n matkan New European Driving Cycle (NEDC) testin mukaisesti. Myöskin virtansa joko tien ylä- tai alapuolelta asennetuista johtimista ottavia ajoneuvoja voidaan pitää sähköautoina.

Pääasiassa sähköautoiksi mielletään akkuvoimalla toimivat ajoneuvot, joihin tässä kandidaatintyössä keskitytään. Muita vaihtoehtoja energiavarastoiksi ovat muun muassa polttokennot, erilaiset kondensaattorit ja mekaaniset energiavarastot, kuten vauhtipyörä. Energiavaraston valitaan käyttötarkoituksen perusteella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että varasto valitaan energiansäilytysaikansa perusteella. Esimerkiksi vauhtipyörä ei säilytä energiaa kovinkaan pitkään, kun taas akkuihin energia voidaan varastoida pitemmäksi aikaa.

Sähköautojen voimansiirto voidaan toteuttaa monella tavalla. Pienimmillään ero tavanomaiseen polttomoottorilliseen autoon on moottori ja vaadittava akusto. Tällaisessa sähköautossa säilytetään polttomoottorillisen auton mekaniikka, kuten kytkin ja vaihdelaatikko. Tyypillisesti tätä ratkaisua käytetään muuntosähköautoissa eli ajoneuvoissa, joissa polttomoottori on vaihdettu sähkömoottoriksi ja esimerkiksi akkupaketti on sijoitettu polttoainesäiliön paikalle. (Tikka, 2010)

Käytännössä "tavallisen" auton mekaniikka on sähköautossa turha ja lisää kulumien määrää. Tämä taas heikentää toimintavarmuutta, vaatii huoltoa ja lisää kustannuksia. Turhina osina voidaan pitää kytkintä ja vaihteistoa, joiden poiston jälkeen ajoneuvoon jää sopiva alennusvaihe ja tasauspyörästö. Alennusvaihe ja tasauspyörästö voidaan poistaa, jolloin päästään sähköauton yksinkertaisimpaan malliin. Käytännössä mekaaninen voimansiirto voidaan poistaa kokonaan, ja sijoittaa sähkömoottorit renkaiden sisälle.

1.2 Hybridiauto, Hybrid Electric Vehicle, HEV

Hybridiauto eli Hybrid Electric Vehicle, HEV, on kahdella erilaisella voimanlähteellä toimiva ajoneuvo. Voimanlähteinä voidaan käyttää esimerkiksi polttokennoja ja sähkö- tai polttomoottoria. Nykypäivän markkinoilla olevat hybridit käyttävät voimanlähteinään useinmiten sähkö- ja polttomoottoria.

Hybridit voidaan jakaa kategorioihin niiden toimintaperiaatteiden perusteella. Sarjahybridissä moottorit ovat nimensä mukaisesti sarjankytkennässä, jossa polttomoottori tuottaa sähköä ajoneuvon akustoon tai suoraan sähkömoottorille, joka pyörittää renkaita. Rinnakkaishybridissä taas molemmat moottorit ovat kytkettyinä voimansiirtoon. Lisäksi on olemassa näitä tyyppisiä yhdisteleviä hybridiautoja. Edellämainittujen tyyppien lisäksi hybridiajoneuvot voidaan jakaa

vielä täys- ja kevythybrideihin. Täyshybridissä autoa pyritään ajamaan sähköllä niin kauan, kun se on vain mahdollista, kun taas kevythybridissä polttomoottori on ajettaessa koko ajan päällä. (Ehsani et al. 2010)

1.3 Pistokehybridi, Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV

Pistokehybridi eli Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV, on käytännössä hybridiauto, joka voidaan kytkeä lataukseen. Yleensä pistokehybridit ovat täyshybrideitä, mikä tarkoittaa sitä, että niitä voidaan ajaa pelkällä akkuvirralla. Akkukapasiteetti on yleensä pieni, joten vain hyvin lyhyet matkat ilman polttomoottorin käyttöä ovat mahdollisia. Latausominaisuutensa ansiosta pistokehybridit ovat lähimpänä sähköautoja verrattuna muihin hybridiajoneuvoihin, mutta ajoneuvot eivät ole keskenään muuten vertailukelpoisia tekniikkansa tai ominaisuuksiensa perusteella. Useinmiten ladattavat pistokehybridit ovat kalliimpia kuin perinteiset sähköautot, monimutkaisuutensa ja houlutarpeensa takia. (Tikka, 2010).

1.4 Tulevaisuuskenaario

Sähkö- ja hybridiautojen määrä tulee mitä todennäköisimmin kasvamaan tulevaisuudessa. Euroopan Unionin ympäristötavoitteiden myötä asetettavat lait ja ohjaava verotus edistävät sähköautojen markkina-asemaa. Yleistymisen laajuutta ja nopeutta on kuitenkin miltei mahdotonta ennustaa taloudellisen tilanteen heitellessä ja trendien muuttuessa. Tulevaisuudessa on myös mielenkiintoista nähdä, että syrjäyttääkö puhdas sähköauto hybriditekniikan akkujen ja muun teknologian parantuessa, vai säilyttääkö hybridi asemansa polttokennojen ja biopolttoaineen avulla.

Työ ja elinkeinoministeriön arvion mukaan sähköautojen määrä tulee olemaan vuonna 2020 noin 170 000 ja vuonna 2030 noin 830 000. (TEM, 2011). Arvio on muuttunut vuosien saatossa varsin paljon, vuonna 2016 asetettu tavoite vuodelle 2030 oli enää 250 000 sähköautoa.

2. LATAUSTAVAT

Sähköautojen määrän lisääntyessä tulee tarkastella käytössä olevia lataustapoja ja valita niistä käyttöön parhaiten sopiva. Akkutekniikan kehittyessä käyttöön voidaan ottaa entistä tehokkaampia ja nopeampia lataustapoja. Saatavilla olevan sähkön ominaisuudet (230/400V, 50 Hz) sopivat lataustoimintaan varsin hyvin, mutta latausinfraassa on vielä runsaasti kehitettävää. Aiheesta lisää kohdassa 6.

Lataustavat voidaan jakaa standardeihin Euroopan sähköteknisen standardointikomitean (CENELEC) ja Suomen sähkö- ja elektroniikka-alan kansallisen standardoimisjärjestön (SESKO) ohjeistusten mukaisesti. (SESKO 2012).

2.1 Level 1, hidas lataus

Hitaasta latauksesta puhuttaessa käytetään termiä Level 1. Kategoriaan kuuluvat suojalaitteettomat hitaan latauksen laitteet, joiden maksimilatausvirta on 16 ampeeria tai pitkäaikaisesti alle 10 ampeeria.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lataustapa ei sovellu sähköautojen lataukseen. Sitä voidaan käyttää väliaikaisesti ja lähinnä tilanteessa, jossa muita lataustapoja ei ole käytettävissä. Saatava sähköteho on varsin matala ollessaan alle 3.7 kW, jolloin tunnin aikana saavutettava toimintasäde jää hyvin pieneksi, alle 20 kilometriin. Aikaa akun täyttymiseen kuluu aikaa useista tunneista jopa yli kymmeneen tuntiin. Kokonaisaika riippuu akun kapasiteetista. (Markkula 2013; Tikka 2010)

2.2 Pikalataus

2.2.1 Level 2, keskinopea lataus

Level 2 -lataustavalla tarkoitetaan käytännössä kotiloissa ilman erillistä latauslaitteistoa toteutettavaa keskinopeaa latausta. Lataukseen voidaan käyttää tavallista pistorasiaa tai voimavirtapistorasiaa. Tavallisen pistorasiaa käytettäessä latausvirta on maksimissaan 16 ampeeria ja voimavirtapistokkeen tapauksessa 32 ampeeria. Latauksessa tulee käyttää autonvalmistajan hyväksymää latausjohtoa. (Markkula, 2013).

Lataustapa ei vaadi erillisiä latausverkosto investointeja käyttäessä olemassa olevia perinteisiä pistorasioita tai voimavirtapistokkeita. Kun latausjärjestelmää ei ole

suunniteltu suuren akkumäärän nopeaan lataamiseen, eli toisinsanoen latausvirrat ja tehot jäävät vielä varsin vaatimattomiksi. Käytettävissä oleva latausvirta on 16 ampeerin ja 32 ampeerin välissä, jolloin latausvirta on noin 3.7-22 kW. Tällöin tunnin latausaikana saavutettu matka on 20-110 km. Lataustehon yläpäässä voidaan puhua jo pikalatauksesta. Latausaika on tyypillisesti muutamien tuntien luokkaa akun ominaisuuksista riippuen.

2.2.2 Level 3, pikalataus

Level 3 -lataustavassa käytetään latausasemaa, joka on erikseen suunniteltu sähköautoille. Lataus tapahtuu 400 voltin jännitteellä ja maksimissaan 64 ampeerin kolmivaihesähköllä. Tällöin latauksen maksimiteho on 43 kW, uudemmilla tekniikoilla parhaimmillaan voidaan saavuttaa jopa yli 50 kW teho. (Markkula, 2013; Tikka, 2010). Lataustavassa otetaan myös muita latausmenetelmiä paremmin huomioon turvallisuuseikat, kommunikaatioväylillä voidaan esimerkiksi tunnistaa ajoneuvo ja säätää lataustehoa. Menetelmän etuna on muun muassa sen yksinkertaisuus ja turvallisuus. Latausaika on parhaimmillaan alle 30 minuuttia, mutta sitä ei yleensä saavuteta. Nykyinen akkutekniikka vaatii latauksen hidastamisen sen loppupuolella.

2.2.3 Level 4, tasavirtalataus

Level 4 -lataustapa on ainoa lataustapa, jossa laturia ei ole sijoitettu itse ajoneuvoon. Lisäksi se on ainoa lataustapa, joka tapahtuu DC- eli tasavirralla. Sähkö tasasuunnataan myös itse laturin sisältävässä latausasemassa. Tietoliikennetekniikan käyttö on pakollista, sillä ilman sitä laturi ei osaa säätää latausvirtaa akustolle sopivalla tavalla. Lisäksi latausliittimessä on useat tarkistujärjestelmät piirin kunnolle ja oikeellisuudelle.

Tasavirtalataus on vielä lähtökuopissaan, jos sitä verrataan jo kehitysasteella oleviin muihin lataustapoihin, mutta teoriassa sillä voidaan saavuttaa korkeampia tehoja kuin level 3 -latauksen kanssa.

Lataustavan etuina voidaan pitää turvallisuutta ja tehokkuutta. Lisäksi se mahdollistaa sähköautojen keventämistämisen ja halpenemisen, kun laturi sijoitetaan auton sijaan latausasemaan. Tällöin muun muassa jäähdytys voidaan järjestää tehokkaammin. DC-latauksessa käytetään asemaan kiinteästi kytkettyä kaapelia, jolloin lataustapa on myös kuljettajalle helpompi.

2.3 Langaton lataus

Langaton lataus perustuu joko induktioon tai sähkömagneettisiin resonanssiipiireihin. Langattoman latauksen etuna voidaan pitää sen helppoutta, kun mitään johtoja ei tarvita. Lisäksi voidaan välttyä maisemallisilta haitoilta ja muunmuassa johtojen ja liittimien kulumiselta. Huonoina puolina voidaan pitää vaadittavia suojauksia esimerkiksi verkkohäiriöiden ja ihmisen osalta. Lisäksi resonanssilatauksessa magneettikenttä heikkenee nopeasti etäisyyden kasvaessa, tuoden lisähaasteita. Muita haasteita ovat latauslaitteen hyötysuhde ja rakenteen monimutkaisuus.

(Hori et. Al, 2010; Lotjonen, 2015)

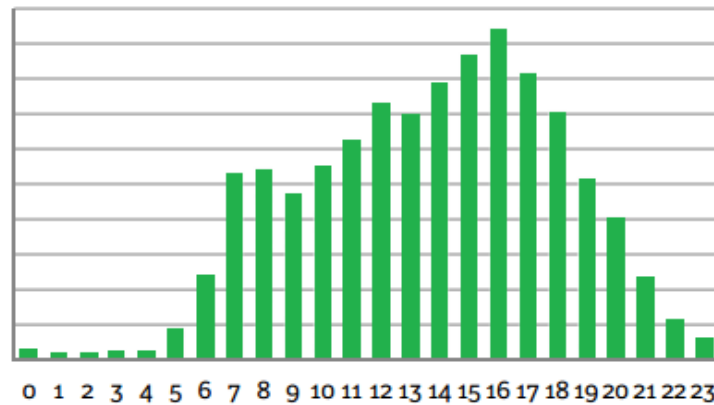
Molemmat edellämainitut lataustavat ovat vasta varhaisessa kehitysvaiheessa ja tällä hetkellä on olemassa muutamia pilottiprojekteja. Kokonaisuudessaan vaikuttaisi kuitenkin siltä, että autovalmistajat ovat kiinnostuneempia johdon välityksellä toteutettavista lataustavoista. Mahdollisuutena olisi toki käyttää autoissa useita eri latausmenetelmiä, mutta sitä voidaan pitää epätodennäköisenä vaihtoehtona hinnan noustessa runsaasti erilaisten latauspiirien ja tarvittavan elektroniikan myötä.

2.4 Älykäs lataus

Älykäs lataus tarkoittaa käytännössä edellämainituin tekniikoin toteutettua latausta, joka suoritetaan verkon kannalta optimaalisina ajankohtina. Sähköverkkoihin kohdistuu suuri lisäkuormitus, jos sähköautojen lataus toteutetaan perinteisin menetelmin. Älykkäällä latauksella kuormitusta voidaan jakaa ajankohtiin, jolloin sähköverkon muu kuorma on matalampi.

Yhdysvaltalaisen tutkimuksen perusteella sähköauton tavanomainen käyttäjä kytkee mitä todennäköisimmin ajoneuvonsa lataukseen heti kotiin päästyään. (Scientific American 2012). Useimmissa tapauksissa normaalin työpäivän alkamiset ja päättymiset asettuvat lähelle toisiaan. Kuvasta 3.1 havaitaan ihmisten tavanomaisen liikkumisen keskittyvän päiväsaikaan kello 7-20. Keskimääräinen matkasuorite kestää noin 23 minuuttia. (Liikennevirasto, 2012). Vuoden 2017 loppupuolella valmistuu ajankohtaisempi vuosille 2015-2016 sijoittuva

henkilöliikennetutkimus, jonka pohjalta voidaan tehdä tarkempia ennusteita tulevaisuuden sähköautojen käytön suhteen. (Liikennevirasto, 2014).

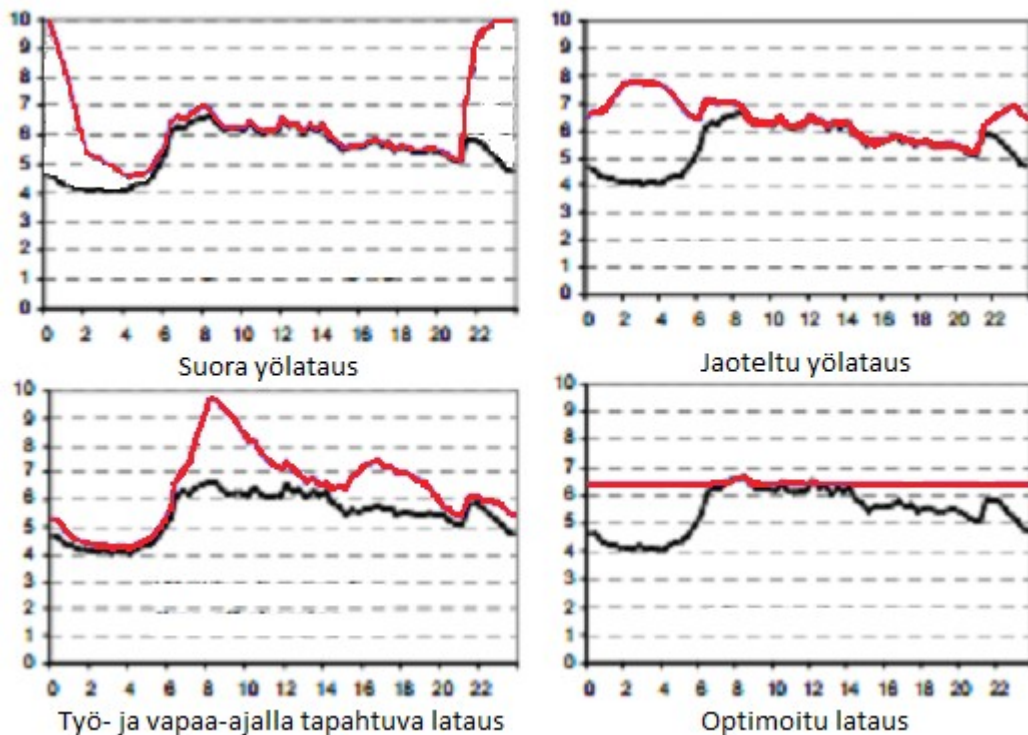


Kuva 3.1 Keskimääräiset liikkeellelähtötunnit vuonna 2010-2011 henkilöliikennetutkimuksen perusteella.

Voitane olettaa, että sähköauton käyttö keskittyy suurimmilta osin samoihin aikoihin kuin henkilöliikennetutkimuksessa tutkittu polttomoottorillisen auton käyttö, joskin sähköauto asettaa käyttäjälleen tiettyjä rajoitteita muunmuassa toimintamatkan suhteen. Tavanomaisessa päivittäiskäytössä tämä ei aiheuta ajoneuvon omistajalle toimenpiteitä, mutta pitempien matkojen suunnittelussa toimintasäde on huomioitava.

Ihmisten liikkeellelähtötuntien, työaikojen ja keskimääräisen matkan keston perusteella voidaan päätellä latausaikojen keskittymiä. Kun lataustapahtumien lukumäärä alkaa sähköautojen määrän lisääntyessä väistämättä kasvaa, myös sähköverkon kuormitus kasvaa. Tavanomaisella latauksen ja suuritehoisen pikalatauksen yhdistelmällä sähköverkko ylikuormittuu ilman kalliita verkon saneeraus- ja päivitystöitä.

Älykkäällä latauksella voidaan vastata ongelmaan poistamalla kuormituskäyrän huiput jaottelemalla kulutus verkon kannalta sopivampaan aikaan. Suurin ongelma Suomen ollessa kyseessä asettuu talvisaikaan, kun verkkoon kohdistuu suurehko kuorma sähkölämmityksestä. Varsinkin, jos sähköautojen määrä kasvaa ja pikalataus yleistyy, verkkoon kohdistuu suuri kuormitus.



Kuva 3.2 Erinäisiä mahdollisia lataustapoja (Lassila, 2010)

Kuvassa 3.2 esitetään eräitä latauksen jaottelun mahdollisuuksia. Ensimmäisenä esitetään niin sanottu perinteinen eli suora lataus, missä sähköautojen lataus tapahtuu pääasiassa silloin, kun ne ovat kotitalouksien tai muun yön-yli säilytyspaikkansa luona. Kuormituskäyrässä kello 2-4 välillä nähdään kuinka latauksissa tapahtuu noin 80% latausvaiheen kohdalla alkava hidastaminen. Ilman jaottelua tämä tapahtuu samanaikaisesti aiheuttaen suuria vaihteluita käyrälle. Jaotellussa yölatauksessa latausvaatimukset huomioidaan ja akuille saadaan eriaikaiset lataushidastukset ja pienennetään piikkejä.

Alarivissä esitetty työpaikkalatauksena toteutettava työaikalataus ja kodeissa toteutettava vapaa-aikalataus aiheuttavat piikkejä päiväsaikaan, mutta poistavat illan ja yön piikit. Optimoidun latauksen käyrässä ei esiinny piikkejä ollenkaan tai ne ovat hyvin pieniä, mikä on sähkön tuotannon, siirron ja jakelun kannalta ideaalinen vaihtoehto.

3. VEHICLE TO GRID, V2G

Keskiverto autonomistaja ajaa autollaan keskimäärin varsin lyhyen ajan, 23 minuuttia. Muun ajan käytetty auto seisoo erinäisillä parkkipaikoilla; muunmuassa työpaikan pihassa, julkisen liikenteen liittymäasemalla, kaupan parkkihallissa ja

kotipihassa. Näinä ajankohtina sähköautoihin varastoitua energiaa voidaan hyödyntää resurssina verkon näkökulmasta.

Vehicle to grid on ominaisuus, joka voidaan rakentaa sähköautoon. Siinä sähköauto toimii osana sähköverkkoa. V2G ominaisuuksista hyötymiseen tarvitaan älykäs sähköverkko, koska auton pitää kyetä kommunikoimaan verkon kanssa. Olemassaolevia teknologioita on pilottiasteella, mutta kaupallistamiseen kulunee vielä useita vuosia. (Hodas, 2016)

V2G:n varsinaisessa järjestämisessä on useita erilaisia mahdollisia ratkaisuja; muunmuassa autojen ja/tai akkujen vuokraaminen asiakkaalle, erinäiset leasing sopimukset ja tietenkin ajoneuvon omistajan omatoiminen sähkönmyynti verkkoon. Tulevaisuudessa näemme, mikä ratkaisu osoittautuu parhaaksi teknologian ja akustojen hyödyntämisen osalta.

3.1 Lataus

V2G laitteisto mahdollistaa koordinoitun latauksen älykkään latauksen tavoin, ja käytännössä älykästä latausta voidaan pitää vehicle to gridin esiasteena. Eroja ei latauksen osalta menetelmien välillä käytännössä ole. V2G mahdollistaa kuitenkin uusiutuvan energian, tuulen ja auringon, hyödyntämisen latauksessa aiempaa paremmin toimiessaan energiavarastona.

Tärkeimpänä osana voitane pitää kuormien hallintaa, joka mahdollistuu jatkuvan tiedonsiirron avulla. Tällöin sähköverkkoa saadaan käytettyä optimaalisesti kaikkien osapuolien kannalta. Yhdysvaltalaisen tutkimuksen tekemien havaintojen perusteella esimerkiksi muutajien eliniänodotetta voidaan parantaa ja verkkosaneerauksen painetta voidaan pienentää (Kuss M. Et al., 2012). Älykkäällä lataamisella voidaan saavuttaa noin 227€/vuosi/ajoneuvo etua verrattuna tavanomaiseen lataamiseen. (Ruska M. et. al., 2010)

Käytännössä loput v2g ominaisuuden hyödyntämisen sovellukset liittyvät ajoneuvon käyttöön energiavarastona.

3.2 Piikkitasoitus

Sähköverkossa kulutuspiikit aiheuttavat negatiivisia taloudellisia vaikutuksia. Sähkön kasvanut tarve siirtää kysynnän käyrää ja nostaa sähkön hintaa, lisäksi

tarvitaan reservejä täyttämään kasvanut energiantarve. Tämä nostaa esille mahdollisuuden käyttää paikallisia energiavarastoja, tässä tapauksessa v2g-kykyisiä sähköautoja. Suomessa piikit asettuvat talvelle pääasiassa myöhäisiltaan lämpötilojen laskiessa ja sähkölämmityksen kuorman kasvaessa.

Sähköverkoissa muodostuviin piikkeihin voidaan vastata käyttämällä autoa energiavarastona, josta syötetään sähköä. Erinäiset tutkimukset osoittavat, että piikkien hiomisella on rahallista arvoa. Yhdysvaltalainen tutkimus osoittaa, että v2g:llä voidaan saavuttaa noin 350-500€/vuosi/ajoneuvo rahallinen hyöty, kun akkujen kulumista ei huomioida. (Rahman S.; Teklu Y., 2000)

3.3 Säättövoima

Säättösähköä käytetään pitämään kulutus ja tuotanto tasapainossa eli toisinsanoen varmistamaan sähköverkon toiminta. Suurinta tarvetta säättösähkölle aiheuttavat uusiutuvien energianlähteiden aiheuttamat isohkot tuotantovaihtelut. Ympäristötavoitteiden takia tuuli- ja aurinkovoima tulevat kasvamaan, jolloin v2g:tä voidaan sähköautojen määrän kasvaessa hyödyntää säättövoimaksi. Tämä vaatii sähköauton yhdistämistä verkkoon korkeatehoisen invertterin kautta.

Pohjoismaisen sähköverkon taajuus pidetään normaalitilanteessa 49,9 ja 50,1 hertsin välillä. Suomessa tästä vastaa Fingrid Oyj. Vuonna 2016 säättövoiman hinnaksi muodostui keskimäärin 37€/MW. Sähköautoa käytettäessä akusto ja invertteri tulee suunnitella sopiviksi säättövoiman vaatimusten mukaan. Kun akusto on valittu sopivasti sen latausprosentti vaihtelee alkuperäisen varauslukeman ympärillä. Kun v2g-sopimus on vielä suhteutettu sopivasti, akuston kuluma jää vähäiseksi. Tällöin toiminnasta tulee taloudellisesti kannattavaa, kun akuston kuluman rahallinen arvo on huomattavasti vähemmän kuin säättövoimapalvelun arvo. (Ehsani M. Et al, 2012). Taulukossa 2 on esitetty vaadittuja ominaisuuksia energiavarastolle säättövoimakäyttöön. Sähköautot voisivat akuston kehittyessä tarjota hyvän alustan säättövoimalle, sillä latausjohdossa on jo valmiina tiedonsiirtokanava ja latauslaitteet sisältävät tarvittavaa tehoelektroniikkaa.

Taulukko 1. Energiavaraston vaatimukset Ehsani M. et. al. mukaan.

Ominaisuus	Säätövoima
Elinikä latauskertoina (20v)	500 000
Energiatehokkuus	Korkea
Vasteaika	Yli 1 minuutti
Tehonsyöttö	Jatkuva

Uusiutuvien energiantuotantomuotojen osalta v2g-kykyisiä sähköautoja voidaan hyödyntää energiavaraston ohella uusiutuvien muuttuvan sähköntuotannon paikkaamiseen. Varsinkin tuuli- ja aurinkovoima ovat riippuvaisia tuotantolosuhteista, joissa voi ilmetä suuriakin muutoksia. Varsinkin jos sähköntuotannossa siirrytään suurissa määrin näihin tuotantomuotoihin, voidaan päätyä tilanteeseen, jossa sähköntuotannossa tapahtuu nopeita hetkellisiä muutoksia. Näihin muutoksiin voitaisiin vastata v2g:llä.

3.4 Moottorien käynnistäminen

Sähköautojen v2g-ominaisuutta voidaan hyödyntää myös muinkin tavoin. Eräänä vaihtoehtona on esimerkiksi ehdotettu suurten sähkömoottorien tai usean keskikokoisen moottorin yhdistelmän käynnistämistä. Tyypillinen keskijännitemoottori kuluttaa 5-6 kVA moottorin hevosvoimaa kohden käynnistysjakson aikana. Paikallisesti v2g-kykyisiä sähköautoja voidaan hyödyntää sähkömoottorien käynnistämisen aiheuttamiin jännitteenaleniin. (Nevelsteen, 1989).

Tällaisissa tilanteissa esimerkiksi tehtaiden tai teollisuusalueen työntekijöiden sähköautoja voidaan käyttää. Työntekijöiden autojen voidaan olettaa olevan työpaikan parkkipaikalla moottorien käynnistämisen aikaan ja vuorotyöpaikoissa sähköautoja voitaisiin pitää useinmiten käytettävissä. Mahdollisesti työnantaja voisi kannustaa sähköauton hankintaan tai esimerkiksi tarjota sitä työsuhde-etuna.

3.5 Haasteet ja ongelmat

Sähköautot ja vehicle-to-grid tuovat monia hyviä käyttökohteita ja mahdollisuuksia, mutta mukana tulee moninkertaisesti haasteita ja ratkaistavia ongelmia. Näiden ongelmia aiheuttaa karkeasti kaksi tekijää; tekniset ongelmat ja ihmisen osallisuus. V2G-ominaisuuksien hyödyntäminen vaatii riittävän

autokannan, jonka kehittyminen on toistaiseksi hidasta. Lisäksi tarvitaan suuria investointeja muun muassa älykkääseen sähköverkkostoon, että saavutettavista eduista olisi hyötyä.

Sähköautojen akkukapasiteetit ovat nykyisellään varsin pieniä ja tästä syystä autojen toimintamatka on varsin pieni. Pieni kapasiteetti rajoittaa myös energiavarastona toimimista. Suomen talven olosuhteet luovat myös lisähaasteita akustoille.

Akkujen kapasiteetti heikkenee sekä ajan kuluessa että lataus- ja purkukertojen mukana. Jotta sähköautot kykenisivät kilpailemaan järkevästi vaihtoehtoisten voimanlähteiden, akustojen tulisi kestää 10-15 vuotta ja 250 000 km kokonaisajomatkaa. Jos oletetaan, että yksi lataussykli antaa noin 100-200 km ajosäteen, jolloin lataussyklejä tulisi noin 1250-2500. Jos taas käytetään keskimääräistä päivittäistä ajomatkaa, noin 42 km, ja oletetaan ajoneuvon omistajan kytkevän auton lataukseen aina kotiin päästyään, lataussyklien määrä kasvaa huomattavasti. Tällöin lataussyklejä olisi lähes 6000.

Tavanomaisen käyttäjän voidaan myös olettaa lataavan auton akun täyteen, jollei siihen ole asetettu erillistä automatiikkaa. Tästä aiheutuu turhia lataussyklejä, jos esimerkiksi akusta on kulunut vain muutama prosentti ja varsinaista oikeaa lataustarvetta ei ajoneuvon käytön puolesta ilmene.

Tulevaisuudessa voidaan odottaa akkujen energiatiheyden kasvua, ja näin ollen entistä kevyempiä autoja, ja toimintasäteen kasvua. Myöskin akkutekniikan voidaan olettaa kehittyvän turvallisempaan ja ympäristöystävälliseen suuntaan. Myöskin akkujen hinnat tulevat useiden ennusteiden mukaan laskemaan (cars21, 2011).

Sähköautojen tekniikka on vielä suhteellisen kehittymätöntä, mutta kuten aiemmin mainittu autovalmistajat ovat tehneet suurehkoja investointeja sähköautoihin. Tällä hetkellä tekniikka on vahvasti prototyyppiasteella. Tekniikan kehittymättömyydestä kertoo lähinnä standardoinnin puuttuminen. Markkinoille alkaa hiljalleen tulla kehittyneempiä sähköautoja.

Markkinoille on tulossa useita eri pikalatausratkaisuja ja liitinmalleja. Ideaalisena lähtökohdana voidaan pitää universaalia yhteensopivuutta, eli kaikki sähköautot olisivat yhteensopivia. Euroopan Unioni on valmistelemassa standardia

sähköautoihin liittyen, jossa myös latausliittimet standardoitaisiin. (Mennekes, 2017).

3.5.1 Latauksen kesto

Sähköautojen lataamiseen kuuluu nykyisellään hitaalla latauksella useita tunteja. Tämä on sähköauton omistajan kannalta epäkäytännöllinen ominaisuus, lyhyen käyttösaiteen ohella. Kaupunkiajoon sähköauto sopii varsin hyvin ja esimerkiksi työpäivän aikana tapahtuva lataus ei aiheuttane ongelmia.

Latausaikaa voidaan nykyisellään pitää suurimpana sähköauton mahdollisia ostajia karkottavana tekijänä, jos akuston saisi täyteen muutamassa minuutissa, kuten tavanomaisen bensiiniauton, käyttäjämäärä olisi potentiaalisesti suurempi.

Tulevaisuudessa tilanne parantunee pikalatausverkon laajentuessa nykyisestä lähes olemattomasta tilanteesta maanlaajuiseksi. Myöskin latausajat lyhenevät lataustekniikan kehittymisen myötä, kun akkuja voidaan ladata suuremmilla tehoilla. Vuoteen 2050 mennessä voidaan nähdä bensiiniauton tankkaamisen kuluva ajan kanssa kilpailevia pikalatausmenetelmiä.

3.5.2 Ihmisen aiheuttavat ongelmat

Ihmisen osallisuus tekniikan toimimiseen aiheuttaa useimmiten ongelmia. Suurin osa viosta on käyttäjässä laitteen sijaan. Sähköautojen tekniikka pitääkin saada niin yksinkertaiseksi, että käyttäjän tarvitsee vain liittää autonsa verkkoon, jos sitäkään.

3.5.3 Omistajasuhteet

Sähköautot ovat kalliita suhteessa tavanomaisiin henkilöautoihin. Tämä johtanee sähköautojen myynnissä erilaisiin leasing- ja vuokrasopimukseen, tavanomaisen omistusauton lisäksi.

3.5.4 Käyttövapaus

Sähköauton käyttöä rajoittaa rajoittavat useat tekijät. Suurimpana ongelmana voidaan pitää akkujen latausaikaa. Autolla ei voi lähteä liikenteeseen, jos akku on ajomatkaan nähden liian tyhjä. Laaja latausverkko vähentäisi tätä kynnystä sähköauton hankkimiseen, mutta pitempiin matkoihin kuluva aika kasvaa kohtuuttoman pitkiksi nykyisillä latausajoilla.

V2G-ominaisuus voi rajoittaa sähköautojen käyttöön, mutta tätä voitaneen pitää sopimuskohtaisena. Sähköyhtiöiden ja muiden sähköautojen energiaa ostavien yritysten pitää pystyä käyttämään energiavarastojaan luotettavasti. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että sähköauto olisi ennustettuun kulutushuippu-aikaan kiinni sähköverkossa.

Tietenkin asiakkaan toiveetkin tulisi huomioida ja autolle voi ilmaantua yllättäviä käyttötarpeita. Tämä aiheuttaa sähköyhtiöille ongelmia autojen akkujen optimaalisen käytön suunnittelulle ja hyödyntämiselle.

4. LATAUSINFRA

Sähköautojen saamiseksi laajaan käyttöön tulisi luoda laaja koko maan kattava pikalatausverkosto, pääasiassa suurien liikenneväylien varrelle. Sähköautojen määrä nousee sitä mukaa, mitä houkuttelevammaksi ja kilpailukykyisemmäksi se nousee tavanomaiseen bensiiniautoon verrattuna.

4.1 Omakotitalot

Omakotitalojen asukkaat ovat sähköauton potentiaalisina omistajina parhaimmassa asemassa. Hidas lataus on mahdollinen lähes jokaisessa nykyisten määräysten mukaan rakennetussa omakotitalossa. Sähköautoa voidaan periaatteessa ladata yksivaiheisestakin pistorasiasta, jolloin latausvirta rajoitetaan sulakkeen mukaan 10A suuruiseksi, suurempikin virta olisi mahdollinen, mutta sitä ei suositella. (Ostajan opas, 2013).

Useimmista omakotitaloista löytyy myös kolmivaiheinen pistorasia, joka on suojamaadoitettu ja vikavirtasuojattu. Sulakkeesta riippuen käytettävä virta on välillä 16-63A. Pistorasiaa voidaan käyttää akkulaturin rajoitettuun käyttöön, hyväksytyä type2 latausliitintä käyttäen. Laturi hyödyntää automatiikkaa latausvirran valitsemiseen. Pistorasialle suositeltu latausvirta on puolet mitoitusarvosta. (Ostajan opas, 2013).

4.2 Kerros- ja rivitalot

Osalla potentiaalisista sähköautojen ostajista voi olla virheellisiä luuloja kerros- ja rivitalojen parkkipaikkojen lämmitystolppien sopivuudesta latauskäyttöön. Normaalit parkkipaikkojen lämmitystolpat ovat päällä neljän sarjoissa, jokainen viisitoistaminuuttia vuorollaan. Tällöin kuormitus on kevyempää ja energiaa säästyy.

Lämmityksen tehokkuuteen tällä ei ole ratkaisevaa merkitystä, mutta sellaisenaan niitä ei voida soveltaa latauskäyttöön. Karkeasti siis nykyisellään lataustolpista jatkuvaan käyttöön sopii vain joka neljäs. (Lvm, 2011)

Vanhat lämmityspistorasiat vaativat tapauskohtaisia muutoksia, muunmuassa kaapeloinnin saamiseksi riittävälle tehonkestotasolle. Useimmissa tapauksissa vaadittava remontti voi osoittautua kalliiksi. Uusrakentamisessa päästään huomattavasti halvemmalla, tarvittavat muutokset maksavat noin 150€ autopaikkaa kohden. (Lvm, 2011; Chargepoint, 2017)

4.3 Julkisen liikenteen liittymäasemat

Julkisen liikenteen liittymäasemat ovat tulevaisuudessa tärkeä osa liikenneverkkoa. Liikenteen määrä lisääntyy väistämättä tulevaisuudessa väestön kasvaessa, vaikkakin Suomen mittakaavassa se on vähäistä, yhä enemmän väestöä kasaantuu suuriin keskuksiin ja niiden lähimaastoon.

On kaikkien etu vähentää ruuhkia ja infrastruktuurin kulumista järjestämällä tehokas ja toimiva julkinen liikenne näihin keskuksiin. Tämä voidaan saavuttaa luomalla suuria parkkialueita esimerkiksi metron liittymäasemille tai lentokentän yhteyteen. Jos liittymäasemien yhteyteen vielä rakennetaan v2g-kykyinen älykäs sähköverkosto, niistä saadaan irti huomattavaa hyötyä. Tällöin sähköautot voisivat toimia energiavarastoina myös kotiliityntäpisteensä ulkopuolella. Tämä mahdollistaa niiden hyödyntämisen työpäivienkin aikana.

4.4 Julkiset rakennukset ja työpaikat

Julkisten rakennusten ja työpaikkojen yhteyteen sijoitettuja v2g-kykyisiä latausasemia voidaan pitää toisena vaihtoehtona työpäivän aikana tapahtuvaan verkko-osallistumiseen. Julkisten rakennusten yhteyteen rakennettavat latausasemat tarjoavat uusia markkinarakoja erilaisia latauspalveluita tarjoaville yrityksille. (Salonen et. al., 2015; Parkkisähkö, 2016).

Työ- ja elinkeinoministeriö myönsi 4,8 miljoonaa euroa julkisiin sähköautojen latausinfrastruktuurihankkeisiin 30.1.2017. Tukien koordinoinnista vastaa Eera Oy. Tavoitteena on luoda laaja latausverkosto, johon tukia saisi vähintään 800 julkista latauspistettä. Tuettavista 800 latauspisteestä tulisi olla pikalatausmenetelmällisiä vähintään 200, että hankkeen tavoitteet täyttyvät. (TEM, 2017).

Tuet jakautuvat puoliksi pika- ja normaalin latauksen kesken, vaikka pikalatausasemia on tavoitteessa määrällisesti huomattavasti vähemmän. Tämä selittyy osaltaan kalliimmalla tekniikalla ja osaltaan haluna saada kuluttajille tehokkaampia latureita. Pikalataukselle myönnetään 35% investointitukea ja normaalille lataukselle 30%. Tukeen sisältyy viiden vuoden pitoaikavelvoite. (TEM, 2017).

5. TULEVAISUUS; NÄKYMÄT JA INVESTOINNIT

Sähköautojen lisääntymisen nopeus on tärkeässä roolissa verkkoinvestointeja suunniteltaessa, varsinkin aikataulutuksen osalta.

5.1 Sähköautojen määrä tulevaisuudessa

EU:n ja Suomen ilmastotavoitteista johtuen sähköautojen määrä tulee mitä todennäköisimmin tulevaisuudessa kasvamaan ja aiheuttamaan kehittymispaineita sähköverkoille. Määrän kasvunopeuden ennustaminen on vaikeaa ja se aiheuttaakin ongelmia verkkojen rakentamisen ja saneerauksen aikataulutamisessa. Tosiasiana voitaneekin jo nyt pitää sitä, että älykäs lataus ja v2g-ominaisuus tulevat näyttelemään tärkeää osaa sähköverkkojärjestelmässä ja sen suunnittelussa. Ilman niitä verkkoon kohdistuu todella suuri kuormitus, jonka hallinnan keinot ovat vähäiset ilman älykästä latausjärjestelmää.

Työ ja elinkeinoministeriön, hallituksen ympäristöstrategian mukainen, tavoite sähköautojen määrästä vuodelle 2030 on muuttunut huomattavasti vuodesta 2011 vuoteen 2016 verrattuna. Vuoden 2011 ennusteen sähköautojen tavoitelukumäärä oli 830 000 kappaletta ja vuodelle 2016 ennuste on romahtanut alle kolmasosaan vanhoista tavoitteista; 250 000 sähköautoon. Määrän muutos on huomattava, mikä näkyy suoraan tarvittavissa lataustehossa ja energiantarpeessa. Taulukossa 2 on laskettu TEM:n asettamien automäärien mukaiset lataustehot 3.6 kW/auto teholla.

Taulukko 2. TEM:n tavoitteiden mukaiset lataustehot

TEM:n tavoite 2030	Autojen lkm	Lataustehon tarve MW
2011	830 000	n. 3000
2016	250 000	n. 900

Varsinkin kun lataustehot nousevat käytettyä 3.6 kW:tä suuremmaksi verkkoon voi kohdistua suuria kuormitushuippuja ilman älykästä latausjärjestelmää.

Ajoneuvojen lisääntyminen voi tapahtua joko hitaasti tai nopeasti. Seuraavan noin viiden vuoden ajalta tämä riippuu pääasiassa hallituksen tukitoimista. Vuonna 2013 asetettu ja vuoden 2014 ajan myönnetty energiatuki ei vaikuttanut paljoakaan sähköauton korkean hinnan ja verotuksen aiheuttamiin kustannuksiin. Summana se on kuitenkin huomattava, 35% leasing-maksun pääomaosuudesta kolmen vuoden ajalta. Tähän kampanjaan oli varattu noin 10 miljoonaa euroa, ja se koski pääasissa yrityksiä. (TEM,2014).

Yksityisille ei ole Suomessa myönnetty suurempia erityistukia, mutta sähköautot asettuvat ajoneuvoveron perusveron osalta päästötaulukon alimpaan osaan. Sähköajoneuvon käyttövoimavero on 1.5 snt/pv/alkava 100kg, kun yhdistelmällä sähkö ja moottoribensiini, eli käytännössä hybridiautolla, käyttövoimavero on 0.5 snt/pv/alkava 100kg. (Trafi A, 2017).

Nykyistä ratkaisua voidaan pitää varsin mielenkiintoisena, kun sitä tarkastellaan sähköautojen määrätavoitetta. Malliesimerkkinä voidaan pitää Norjan pääkaupunkia Osloa, missä sähköautot on vapautettu täysin verotuksesta ja esimerkiksi tiemaksuista. Lisäksi niille tarjotaan ilmaisia lauttamatkoja ja latauspisteitä, sekä bussikaistan käyttömahdollisuus. (Oslo, 2017).

Valtion mahdollisia toimia sähköautojen suhteen on vaikea ennustaa, mutta nykyinen painopiste vaikuttaisi olevan biopolttoaineissa. Sähköautojen määrä lisääntynee oletettavasti joka tapauksessa. Nykyisten ennusteiden perusteella sähköautot tavoittavat tavalliset bensiiniautot hinnassa jo vuonna 2023, nykyisellään sähköautot ovat noin 1.9 kertaa bensiiniauton hintaisia. Tulevaisuuden sähköautot todennäköisesti osoittautuvat halvemmiksi kuin polttomoottorilliset, sillä niitten teknologia on yksinkertaisempaa ja yleistyessään halvempaa.

Akkujen kapasiteetit tulevat kasvamaan ja hinnat laskemaan. Kunhan sähköautoille saadaan psykologiset kynnykset ylittävä käyttöetäisyys, noin 400-500 km, ja niiden hinta saadaan laskemaan siedettäväksi, voivat ne alkaa kilpailla normaaleiden henkilöautojen kanssa markkina-asemasta. Voidaan olettaa, että sähköautot alkavat yleistyä noin 5-10 vuoden kuluessa, mutta seuraavama parina vuotena sähköautojen määrä kasvaa todennäköisesti hyvin maltillista tahtia ellei valtion suunnalta anneta jotain pirstystysruisketta. (ELTRAN, 2016; sähköauto, 2011).

Suomessa ensirekisteröitiin vuonna 2016 hieman alle 120 000 henkilöautoa. Työ- ja elinkeinoministeriön asettama tavoite vaikuttaa pienennettynä vähintäänkin saavutettavissa olevalta tavoitteelta. Taulukossa 3 on esitetty mahdollisia myyntilukuja erilaisilla osuuksilla vuosittain myydyistä autoista. Kun sähköautot saavuttavat hinnassa polttomoottorilliset autot, voidaan olettaa niiden dominoivan uusien autojen kauppaa halvempien käyttökustannusten takia. (Trafi B, 2017).

Taulukko 3. Muutamia mahdollisia myyntimääriä

Myyntiosuus uusista autoista	Myytyjen autojen määrä
5%	6000 kpl
10%	12000 kpl
25%	30000 kpl
50%	60000 kpl
75%	90000 kpl
100%	120000 kpl

Työ- elinkeinoministeriön asettama tavoite vuodelle 2030 voidaan saavuttaa käytännössä noin kahden vuoden aikana, jos sähköautojen myyntiosuus lähentelee 100 %:ia. Täysi myyntiosuus ei todennäköisesti koskaan toteudu ihmiskäyttämisen takia, mutta hyvin korkeisiin prosenttilukuihin on mahdollista päästä. Kilpailevien tekniikoiden vaikutusta on hyvin vaikea arvioida, mutta esimerkiksi polttokennoa hyödyntävä hybridiauto on yksi mahdollisista haastajista.

5.2 Verkko- ja latausjärjestelmäinvestoinnit

Sähköautojen jakautuminen Suomeen tapahtunee ainakin alkuvaiheessa alueellisesti. Etelä-Suomen alueella etäisyydet ovat lyhyitä verrattuna pohjoiseen, jolloin lyhyemmät käyttöetäisyydet eivät ole niin suuria esteitä. Myöskin Etelä-Suomen tiiviimpi infrastruktuuri mahdollistaa käyttäjäystävällisemmän latausverkoston rakentamisen isojen liikenneväylien varsille. Myöskin jaettu investointituki ohjaa latausjärjestelmien rakentamista suurempien asiakasmäärien alueille. Tästä syystä sähköverkoille voi Etelä-Suomen alueella tulla investointipaineita muuta maata nopeammin. Sähköautojen vaikutukset

kannattaakin ottaa huomioon esimerkiksi huolto- ja korjaustöitä suunniteltaessa, jolloin voidaan mahdollisesti saavuttaa säästöjä. (Ramez N., 2016)

Suurimpia kehityspaineita kohdistuu pienjänniteverkkoon ja mahdollisesti sähköautojen levitessä laajemmalle myös keskijänniteverkkoon. Älykäs lataus voi mahdollisesti vähentää ja joissain tilanteissa poistaa vahvistustarpeita, mutta arviot on tehtävä tapauskohtaisesti.

Sähköautojen osuuden kasvaessa koko maan autokalustosta, energiantarve kasvaa varsin lineaarisesti. Tämä johtaa myös sähköverkon kehityspaineisiin koko maan tasolla. Seuraavien vuosien aikana on syytä huomioida sähköautojen vaikutusta pääasiassa pienjänniteverkon osalta, ja seuraavien kahden vuosikymmenen aikana kannattanee tarkastella myös keskijänniteverkon vahvistustarpeita.

Latausjärjestelmien osa-alueella standardointi on vielä hyvin pahasti kesken ja aika näyttää, mitkä teknologiat osoittautuvat parhaimmiksi sekä teknologisten että taloudellisten ominaisuuksiensa osalta. Useita eri pilottiprojekteja on olemassa ja monet autonvalmistajat kehittävät omia ratkaisujaan, osa yksin ja osa suuremmissa useiden yritysten organisaatioissa. Loppukäyttäjän kannalta olisi parasta, että useita eri standardeja ei tulisi päällekkäisiksi. Toisinsanoen jokaiselta latauspisteeltä löytyisi autoon sopiva latausliitin, eikä juuri omaan autoon sopivaa tarvitsisi etsiä esimerkiksi toiselta puolelta kaupunkia.

Latauspalveluita järjestäviä yrityksiä on jo useita ja varsinkin julkisilla paikoilla toteutettava lataus tapahtunee niiden järjestämällä palveluilla. Myöskin koteihin asennettavat pikalatauslaitteet ovat tulossa markkinoille ja syrjäyttänevät tavanoimaiset hitaan latauksen laitteiston. Kotioloissa myös vehicle to grid laitteistot yleistynevät ja älyverkot mahdollistavat sähköauton optimaalisen taloudellisen hyödyntämisen.

6. YHTEENVETO

Tässä kandidaatintyössä on käsitelty sähköautojen lataustapoja ja tarkasteltu sähköautojen lisääntymisen vaikutuksia sähköverkkoihin muutaman mahdollisen skenaarion mukaisesti. Työssä keskitytään pääasiassa sähköautojen määrän kasvuun vaikuttaviin tekijöihin ja miten ajoneuvojen määrä vaikuttaa sähköverkkoon. Alemmissa kappaleissa kerrataan työn sisältö pääpiirteisesti.

Ensimmäisessä luvussa tarkastellaan lyhyesti sähköautojen historiaa ja esitetään muutamia nykyisin käytössä olevia sähköautoteknologioita. Sähkö- ja hybridautoihin on mahdollista käyttää erilaisia teknisiä ratkaisuja. Parhaat ratkaisut eivät ole vielä selvillä ja aika näyttää miten hyvin tekniikan kehitys täyttää tehdyt ennusteet.

Toinen ja kolmas luku esittelevät erilaisia lataustapoja joita voidaan käyttää sähköautojen lataukseen. Lisäksi tutustutaan vehicle to grid ominaisuuteen ja sen tuomiin mahdollisuuksiin sovellusten muodossa sekä haasteisiin. Vehicle-to-grid vaikuttaa erittäin lupaavalta tulevaisuuden sähköverkkoja silmällä pitäen.

Neljännessä luvussa tarkastellaan erilaisia latausratkaisuja infran osalta sekä niiden käytännön toteutusratkaisuja omakotitalojen, rivi- ja kerrostalojen, julkisten liikenteen liittymäasemien ja työpaikkojen osalta. Toistaiseksi Suomessa julkiset latausasemat vaikuttaisivat olevan useiden eri yritysten kiinnostuksen kohteena.

Viidennessä luvussa tarkastellaan sähköautojen lisääntymiseen vaikuttavia tekijöitä ja sähköverkkovaikutuksia. Suurin vaikuttava tekijä sähköautojen sähköverkkovaikutuksiin on sähköautojen määrä sekä käytettävä latausteho. Suurimmat investointipaineet kohdistuvat sähköautojen lisääntymisen alkuvaiheessa pienjänniteverkkoihin ja määrän noustessa suuremmaksi keskijänniteverkkoihin.

7. LÄHTEET

- Chargepoint, 2017 Data sheets and install guides, viitattu [5.5.2017], saatavilla: <http://www.chargepoint.com/support-guides/>
- Cars21, 2011 Competative electric car battery only 5 year away, viitattu [4.5.2017], saatavilla: <http://www.electric-vehiclenews.com/2010/12/competitive-electric-car-battery-only-5.html>
- ELTRAN, 2016 Suomalaiset eivät lämpene sähköautoille , [verkkodokumentti], viitattu: [5.4.2015], saatavilla: <https://tt.eduuni.fi/sites/EL-TRAN/Julkiset%20tiedostot/Ruostetsaari,%20Ilkka%20et%20al.,%20Suomalaiset%20eiv%3%A4t%20%3%A4mpene%20s%3%A4hk%3%B6autoille.pdf>
- Ehsani et. al., 2004 Modern Electric, Hybrid Electric & Fuel Cell Vehicles, [verkkodokumentti], viitattu [4.12.2016], saatavilla: www.E-BOOKS/Mehrdad Ehsani.pdf
- Europa.eu, 2016a Eu aiheittain – energia [Viitattu 6.11.2016] Saatavissa: https://europa.eu/european-union/topics/energy_fi
- Europa.eu, 2016b Road transport: Reducing CO2 emissions from vehicles, [Viitattu 6.11.2016] Saatavissa: ec.europa.eu/clima/policies
- Ehsani et al., 2012 Vehicle to Grid Services: Potential and Applications, viitattu [16.11.2016], saatavilla: <http://www.mdpi.com/1996-1073/5/10/4076>
- Hori et. Al 2010 Wireless power transfer system via magnetic resonatn coupling af fixed resonance frequency viitattu [10.12.2016], saatavilla: http://www.hori.k.u-tokyo.ac.jp/hori_lab/paper_2011/papers/beh/EVS%202010%20Beh.pdf

- Hodas, 2016 Integrating Vehicles and the Electricity Grid to Store and Use Renewable Energy, viitattu [16.12.2016], saatavilla: www.poseidon.com
- Inventors.com, 2016 History of electric vehicles, [Viitattu 6.11.2016] Saatavissa: <http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/Electric-Vehicles.htm>
- Kempton W., 2004 Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue, viitattu [16.12.2016], saatavilla: <http://www1.udel.edu/V2G/KempTom-V2G-Fundamentals05.PDF>
- Kuss M. Et al., 2012 Application of Distribution Transformer Thermal Life Models to Electrified Vehicle Charging Loads Using Monte-Carlo Method, viitattu [16.12.2016], saatavilla: <http://www.nrel.gov/docs/fy11osti/48827.pdf>
- Lassila, 2009 viitattu [4.5.2017], saatavilla: webhotel2.tut.fi/lassila.pdf
- Lotjonen, 2015 Electric Cars – Challenge or Opportunity for the Electricity Distribution Infrastructure? [verkkodokumentti], viitattu [4.2.2017], saatavilla: tut.fi/dpub/123456789/23381/lotjonen.pdf
- Liikennevirasto, 2012 Henkilöliikennetutkimus 2012, [verkkodokumentti], viitattu [6.11.2016], saatavilla: http://www2.hlöliik2012_web.pdf
- Liikennevirasto, 2014 Henkilöliikennetutkimus 2014, [verkkodokumentti], viitattu, [6.11.2016], saatavilla: http://www2.hlöliik2014_web.pdf

- Markkula, 2013 Sähköautojen latauspalvelut ja latausliiketoiminta, ,
[verkkodokumentti], [viitattu 4.5.2017], saatavilla:
tut.fi/123456789/21389/Markkula.pdf
- Mennekes, 2017 The solution for Europe, [verkkodokumentti], [viitattu
7.5.2017], saatavilla: <http://www.mennekes.de>
- Nevelsteen, 1989 Nevelsteen, J.; Aragon, H. Starting of large motors—
Methods and economics.[*IEEE Trans. Ind. Appl.* 1989,25,
1012–1018].
- Oslo, 2017 The electric vehicle capital of the world,
[verkkodokumentti], luettu: 5.5.2015, saatavilla:
<https://www.oslo.kommune.no/english/politics-and-administration/green-oslo/best-practices/the-electric-vehicle-capital-of-the-world/>
- Oil.fi. 2016 Öljyvarojen määrä, [verkkodokumentti], [Viitattu
6.11.2016] Saatavissa:
<http://www.oil.fi/fi/oljyvarat/oljyvarojen-maara>
- Ostajan opas, 2013 Sähköauton ostajan opas, Centria ammattikorkeakoulu,
viitattu [12.11.2016], saatavilla:
<http://www.publications.theseus/10024/71202>
- Parkkisähkö, 2016, Parkkisähkö Oy, [verkkosivu], viitattu [3.5.2017],
saatavilla:
<http://www.parkkisahko.fi/pysakointi/>
- Ramez N., 2016 How Cheap Can Electric Vehicles Get?, [verkkodokumentti],
[Viitattu 6.5.2017]
<http://rameznaam.com/2016/04/12/how-cheap-can-electric-vehicles-get/>
- Ruska M. et. Al, 2010 Sähköautojen laajan käyttöönoton skenaarioita ja
vaikutuksia sähköjärjestelmään, VTT,

- [verkkodokumentti] viitattu [6.11.2016], ISBN 978-951-38-7499-5, saatavilla:
www.researchgate.net/publication/48330759
- Rahman S. et. Al, 2000 Role of the electric vehicle as a distributed resource, viitattu [15.2.2017], saatavilla:
researchgate.net/3850127
- Ramez N., 2016 How Cheap Can Electric Vehicles Get?, [verkkodokumentti], [Viitattu 6.5.2017]
<http://rameznaam.com/2016/04/12/how-cheap-can-electric-vehicles-get/>
- Rautiainen A. et. al., 2010, Statistical charging load modelling of PHEVs in electricity distribution networks using National Travel Survey data, Tampere University of Technology, Tampere IEEE Transactions on Smart Grid (Volume: 3, Issue: 4, Dec. 2012) s. 1650- 1659
- Salonen et. al., 2015 Salonen N., Poskiparta L., Kumpula T.; Sähköautojen julkiset latauspisteet, selvitys ja suosituksia, ISBN 978-952-293-288-4 (pdf), [verkkodokumentti], saatavilla
http://shop.kunnat.net/product_details.php?p=3104
- Sähköauto, 2011 Sähköauto tulee! - Kuluttajien odotuksia sähköautoista, [verkkodokumentti], viitattu [4.5.2017], saatavilla:
<http://www.helsinki.fi/taloustiede/Abs/Selv72.pdf>
- Trafi.fi 2016 Pöllänen M., Ahlroth J., Aalto E., Liimatainen H., Liikenteen turvallisuuden ja ympäristövaikutusten synergiat ja vastakkainasettelut, [verkkodokumentti] [Viitattu 6.11.2016], saatavissa: www.trafi.fi/filebank
- Tikka, 2010 Sähköautojen pikalatauksen verkkovaikutukset, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, [verkkodokumentti], viitattu: [4.5.2017], saatavilla:
<http://www.doria.fi//10024/66311/>

- Toyota 2016 Tecnical Development – engines, [verkkosivu], [Viitattu 6.11.2016], saatavilla: www.toyota-global.com/compan/history
- TEM, 2014 Energiainvestointituki, Dnro 609/521/2016
[verkkodokumentti], [luettu: 5.5.2015, saatavilla:
<http://www.sahkoinenliikenne.fi/energiainvestointituki>
- TEM, 2017 TEM:n tiedote, [verkkodokumentti], viitattu [10.3.2017],
http://tem.fi/artikkeli/-/asset_publisher/tem-tukee-yhtatoista-energiateknologian-karkihanketta-vuonna-2017
- TrafiA, 2017 Veron rakenne ja määrä, [verkkodokumentti], luettu:
[2.5.2015], saatavilla:
<https://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/>
- TrafiB, 2017 Ensirekisteröintitilastot, [verkkodokumentti], luettu:
[2.5.2015], saatavilla:
www.trafi.fi/tietopalvelut/ensirekisteroinnit