

Janne Kauppinen

Sähköautojen lataaminen ja sähköliittymän mitoittaminen latausjärjestelmät huomioiden

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

5.9.2017

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Janne Kauppinen Sähköautojen lataaminen ja sähköliittymän mitoittaminen latausjärjestelmät huomioiden</p> <p>24 sivua 5.9.2017</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>insinööri (AMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>sähkötekniikan koulutusohjelma</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>sähkövoimatekniikka</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>lehtori Jukka Karppinen ryhmäpäällikkö Jari Muunoja</p>
<p>Opinnäytetyö toteutettiin Optiplan Oy:lle. Työn tavoitteena oli selvittää sähköautojen lataukseen liittyviä vaatimuksia ja mahdollisuuksia. Tämän lisäksi tavoitteena oli luoda ohjeistus sähköliittymän mitoitukselle, jossa otetaan huomioon sähköautojen latausjärjestelmät kerros- ja rivitalokiinteistöissä.</p> <p>Opinnäytetyön tiedonlähteenä on pääasiassa käytetty verkkojulkaisuja ja -dokumentteja. Muita lähteitä olivat yritysten esitykset sähköautojen latausratkaisuista ja sähköpostikeskusteluita. Kyseiset lähdemateriaalit olivat parhaiten ajan tasalla nopeasti kasvavassa ja muuttuvassa aiheessa.</p> <p>Työssä tutustuttiin ensin sähköautojen tämänhetkiseen tilanteeseen ja arvioidaan lähitulevaisuutta sekä Suomen sähköverkon valmiutta ottaa sähköautot vastaan. Seuraavaksi käytiin läpi sähköautojen lataustavat ja pistoketyypit. Viimeisenä asiana käytiin sähköautojen latausta kerrostalokiinteistöissä, tämä jaettiin kahteen osaan. Ensin selvitettiin mahdollisuuksia sovittaa vanhan kiinteistön parkkialue sähköautojen lataukselle sopivaksi. Toisessa osassa pyrittiin selvittämään uuden kiinteistön vaatimuksia ja tehdä laskelma sähköliittymän mitoituksesta.</p> <p>Teoreettisen tutkielman loppuun luotiin laskelma sähköliittymän mitoituksesta sähköautot huomioiden. Ensin tehtiin laskelma sähköliittymän mitoituksesta, jossa ei ole sähköautojen latausjärjestelmiä, jonka jälkeen tehtiin toinen laskelma kerrostalokiinteistön sähköliittymän mitoituksesta sähköautojen latauspisteet huomioiden. Työn loppuun vielä koottiin yhteen tärkeimmät opitut asiat ja pohdittiin opinnäytetyön lopputulosta.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>sähköauto, sähköauton lataus, sähköliittymän mitoitus</p>

Author Title Number of Pages Date	Janne Kauppinen electrical vehicle charging and electrical connection dimensioning factoring electrical car charging stations into consideration 24 pages 5 September 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Jukka Karppinen, Senior Lecturer Jari Muunoja, Team manager
<p>This thesis was accomplished for Optiplan Oy. The target for this thesis was to discover technical requirements and possibilities for charging electric cars in residential buildings. In addition the thesis was aimed to create instructions to electrical connection dimensioning, which takes into consideration electrical charging stations in multi-storey- and terraced houses.</p> <p>The source of information used in thesis is mostly documents and published material in internet. Other sources were corporate presentations about their electric vehicle charging systems and email conversations. These sources provided the best up to date information from relatively new fast growing and changing topic.</p> <p>At the beginning study explains electrical vehicles current situation and evaluates it's near future, and also how ready Finnish electricity network is to receive electrical vehicles. Second subject was to look over current charging systems and plug types for electric vehicles. Third subject was to find out different options to charge car in residential buildings. This was separated in two different chapters. First was adapting currents parking space to suit electric vehicle charging and second option was brand new electrical connection dimensioning, when taking electrical vehicle charging stations into consideration.</p> <p>In the end of theoretical research was created proposition about, how electrical connection dimensioning should be calculated, if property has electrical vehicle charging stations. First was made a calculation about electrical dimensioning a multi-storey building property which doesn't have electric vehicle charging stations. After that second calculation was made with same property, but taking electrical vehicle charging stations into consideration. In the end of thesis is summary about most important things learned and conclusions about the thesis.</p>	
Keywords	electric vehicle, electric vehicle charging, electrical connection dimensioning

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköajoneuvot	2
3	Sähköajoneuvojen latausverkosto	3
4	Sähköajoneuvojen kasvu ja tulevaisuus	4
4.1	Kasvuun varautuminen	5
4.2	Asennusvaatimukset sähköajoneuvojen latauspisteelle	6
5	Latausmahdollisuudet ja -tekniikat	7
6	Sähkön kulutus kerrostalokiinteistössä	10
7	Lämmitystolpan muutos latauspisteeksi	12
8	Sähköliittymän mitoitus	15
8.1	Sähköliittymän mitoitus	16
8.2	Liittymän mitoitus sähköautolatauspisteet huomioiden	19
9	Yhteenveto	24
	Lähteet	25

Lyhenteet

BEV	Battery electric vehicle, akkukäyttöinen täyssähköajoneuvo.
BMS	Battery management System, hallitsee ja ohjaa akkujen latausta.
CCS	Combined Charging System, pikalatausstandardi pistoke.
NFC	Near Field Communication, lähietäisyydellä toimiva tiedonsiirtotapa
RFID	Radio frequency identification, radiotaajuudella toimiva etätunnistus.
PHEV	Plug- in hybrid electric vehicle, ladattava hybridi sähköauto.

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on sähköliittymän mitoitus ottaen sähköautojen latausjärjestelmät huomioon. Sähköautot ovat toistaiseksi harvinaisia, mutta niiden yleistymiseen pitää varautua. Työn alkuun esitetään sähköautojen perusasioita ja tulevaisuuden näkymiä. Työssä selvitetään erilaisia mahdollisuuksia ottaa sähköautojen lataus käyttöön kerrostalokiinteistöissä. Työssä esitetään kaksi erilaista lähestymistapaa sähköautojen latausjärjestelmille. Ensimmäisenä käydään läpi olemassa olevan parkkialueen muutos latausjärjestelmille sopivaksi. Toinen vaihtoehto on mitoittaa uudiskohteen liittymä latausjärjestelmille. Työssä käsitellyt asiat ovat kohdistettu kerros- ja rivitalokiinteistöihin, mutta ne pätevät myös suurilta osilta muihinkin rakennustyyppeihin.

Työn tavoitteena on perehtyä sähköautojen nykytilanteeseen, sähköautojen latauksen vaatimuksiin, tutkia sähköautojen latausta kerrostalokiinteistöissä ja luoda ohjeistus sähköliittymän mitoituksesta sähköautojen latausjärjestelmät huomioiden.

Työssä kerrotaan sähköautojen lukumäärien kasvun odotuksista ja sen tuomasta tarpeesta ottaa sähköautojen lataus huomioon sähköliittymän mitoituksessa. Työssä tehdään esimerkkilaskelmat sähköliittymän mitoituksesta kiinteistöissä. Ensimmäisessä laskelmassa ei ole sähköautojen latausjärjestelmiä, toisessa laskelmassa on suurin osa parkkipaikosta varattu sähköautoille. Tämän jälkeen tuloksia verrataan ja arvioidaan laskelman tarkkuutta. Viimeisessä osiossa on yhteenveto opinnäytetyöstä ja sen lopputuloksesta.

Opinnäytetyö tehdään suunnittelutoimisto Optiplan Oy:lle. Aihe työhön tuli Optiplanilta. Optiplan tarjoaa kokonaissuunnittelupalveluita asunto-, toimitila- ja korjausrakentamiseen. Pääkonttori sijaitsee Helsingissä, muut konttorit ovat Turussa, Tampereella ja Oulussa. Optiplan Oy on osa NCC-konsernia.

2 Sähköajoneuvot

Sähköauto saa energian ladatuista akuista ja sähköauton moottorina on sähkömoottori. Täyssähköauton lisäksi on olemassa hybridautoja, jotka voivat käyttää perinteistä polttomoottoria sähkömoottorin lisäksi. Hybridejä on kahta mallia, ladattavaa hybridiä ja hybrideihin, joissa sähköenergia otetaan talteen jarrutettaessa. [1.]

BEV (BEV = Battery Electric Vehicle) eli täyssähköajoneuvo saa kaiken liikkumiseen tarvittavan energian sähkömoottorista. Voimanlähteenä toimivat akut, jotka ladataan sähköverkosta. Esimerkkejä täyssähköautoista on Tesla Model S, Bmw i3 ja Nissan Leaf. [2.]

PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) eli ladattava hybridi käyttää sähkö- sekä polttomoottoria. Akut voidaan ladata sähköauton tapaan sähköverkosta. Hybridautoja on kahta eri tyyppiä. Sarjahybridi saa käyttövoiman sähkömoottorista ja polttomoottorin avulla lataa ja ylläpitää akkuja. Rinnakkaishybridissä sähkö- ja polttomoottori toimivat yhdessä tuottaen käyttövoimaa. Autosta riippuen rinnakkaishybridi voi käyttää vain molempia moottoreita yhtä aikaa tai kytkeä toisen pois päältä. Esimerkkejä ladattavista hybrideistä ovat Volvo V60 PHEV, Mitsubishi Outlander PHEV ja Toyota Prius PHEV. [2.]

Täyssähköauto soveltuu henkilölle, jonka päivittäiset ajot ovat sadan kilometrin luokkaa ja joka lataa sähköautoa ainoastaan kotona. Jos työpaikalta löytyy latauspiste, voi matkan kaksinkertaistaa. Täyssähköauto sopii kaupungissa asuvalle. Ladattava hybridi sopii käyttäjille, jotka ajavat kaupunkiajoa sekä pidempää matka-ajoa. [2.]

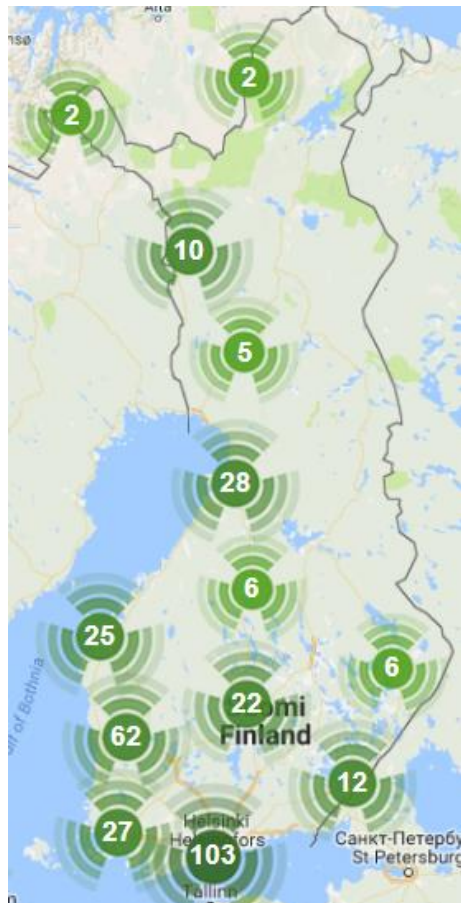
Sähköautojen akut ovat litiumakkuja. Ennen litiumakkuja on käytetty lyijy- ja nikkeli-kadmiumakkuja. Molemmat näistä ovat nykyään kiellettyjä ympäristösyistä. [1.]

Akut ovat olleet suurin hidaste sähköautojen yleistymiselle. Uusimpien litiumakkujen luvataan yltävän 400–500 kilometrin toimintasäteelle. Suomen olosuhteissa pitää ottaa huomioon auton sisätilojen lämmitys, joka kasvattaa sähkönkulutusta 10–20 prosenttia kylmällä ilmalla. Uusimmissa sähköautoissa akun kapasiteetti on noin 15–30 kWh. Hybridautoissa akun kapasiteetti on noin 2,5–6 kWh. Sähkö- ja hybridauton sähkömoottorin huipputehot ovat noin 30 kW, urheilumalleissa sähkömoottorin huipputehot voivat olla jopa 100 kW ja moottoreita on kaksi. [1.]

3 Sähköajoneuvojen latausverkosto

Suomessa on hieman alle julkista 600 latauspistettä. Suuri osa näistä keskittyy kaupakeskuksiin, vähittäistavarakauppoihin ja hotelleihin. Latauspisteitä on olemassa kuitenkin huomattavasti enemmän, kun otetaan huomioon kotitalouksiin ja taloyhtiöihin asennetut latausmahdollisuudet. Uusia latauspisteitä tehdään jatkuvasti, jotta sähköautojen määrän nopealle kasvulle on riittävä latausverkosto. [3.]

Lataaminen julkisessa latauspisteessä voi olla maksullista tai maksutonta, riippuen latauspisteen omistajasta. Esimerkiksi suurten kauppakeskusten tai päivittäistavara-kauppojen asiakkaat saattavat viipyä pidempään ostoksilla, kun auto latautuu. [3.] Kuvassa 1 esitetään kartalla nykyinen julkinen latausverkosto. Julkiset latausasemat ovat keskittyneet etelään ja länsi-rannikolle suurimpien kaupunkien läheisyyteen.



Kuva 1. Sähköajoneuvojen julkiset lataus- ja tankkausasemat [4.]

4 Sähköajoneuvojen kasvu ja tulevaisuus

Sähköautojen määrä Suomessa 31.12.2016 oli 844 kappaletta. Tämän lisäksi 31.12.2016 on rekisteröity 170 sähköpakettiautoa. [5.] Ladattavia hybridikäyttöisiä ajoneuvoja oli 30.6.2016 yhteensä 1543 kappaletta. Ei-ladattavat hybridien määrät ovat kasvaneet huomattavasti nopeammin. 30.6.2010 ei-ladattavia hybridejä oli liikenteessä 3200 kappaletta ja 30.6.2016 niitä oli 16 723 kappaletta. [6.] Taulukosta 1 on havainnointu täyssähkö ja hybridiautojen määrien kehitystä.

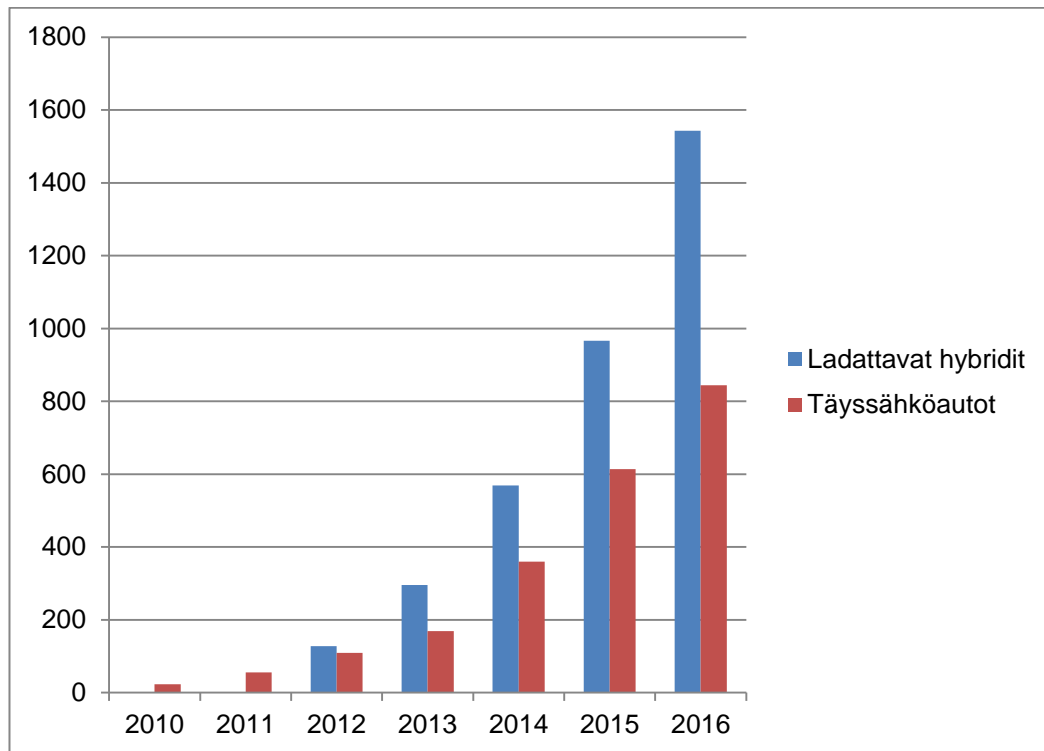
Varovaisten arvioiden mukaan Euroopassa vuonna 2020 myydyistä autoista 5–10 % olisi sähköautoja. Suurta kasvua edistää Suomessa kansalliset panostukset sekä EU-tasolla tehdyt päätökset. Sähköautojen suosioon vaikuttavat sen pienet käyttökustannukset ja sen tarjoama ajomukavuus erityisesti kaupunkialueilla. [2.]

Norja on sähköautokannan edelläkävijä. Norja on neljäs valtio, joka ylitti sadantuhannen ladattavan sähköauton rajan. Muut tähän pystyneet valtiot ovat Yhdysvallat, Kiina ja Japani. Norjasta erikoisen tekee sähköautojen määrä väkilukuun verrattuna. Yhdysvalloissa asukkaita on yli 300 miljoonaa, Japanissa noin 130 miljoonaa ja Kiinassa lähes 1,4 miljardia. Norjassa asuu hieman yli 5 miljoonaa. Norjan suureen sähköautokannan nousuun on syynä valtion antamat tuet päästöttömiin autoihin. [7.]

Norjan tavoitteena on lopettaa perinteisten bensiini- ja dieselkäyttöisten ajoneuvojen myynti vuoteen 2025 mennessä. Tämän jälkeen Norjassa saisi myydä vain sähkö- ja polttokennoautoja. Sähköautoihin valtio houkuttelee nostamalla polttomoottoriautojen verotusta ja nostamalla sähköautoille suunnattuja tukia. [8.] Britannian hallitus on päättänyt, että Britanniassa lopetetaan kokonaan bensiini- ja dieselautojen myynti vuoteen 2040 mennessä. Ranska on myös aikaisemmin kesällä 2017 ilmoittanut lopettavansa bensiini- ja dieselautojen myynnin lisäksi myös hybridiautojen myynnin. Myös muissa Euroopan unionin maissa on keskusteltu vastaavasta järjestelystä. [9.]

Volvo on ensimmäinen autovalmistaja, joka ilmoittaa lopettavansa perinteisten polttomoottoriautojen valmistamisen. Volvo aikoo siirtyä pelkkien sähkö- ja hybridiautojen valmistukseen vuonna 2019. [9.]

Taulukko 1. Sähkökäyttöisten autojen määrät vuosina 2010–2016 [5;6].



4.1 Kasvuun varautuminen

Sähkökäyttöisten autojen määrä on kasvanut viimeisen neljän vuoden aikana aina 1,5 – 2 kertaa edellisestä vuodesta [5;6]. Vuoden 2015 lopussa oli Suomessa lähes 1600 täyssähkö- tai ladattavaa hybridi-autoa. Norjassa vastaava luku oli lähes 50-kertainen ja Ruotsissa lähes 10-kertainen. Nopeaa kasvua edistävät ja vahvistavat valtion ja kuntien tuet päästöttömille autoille. Sähköajoneuvojen nopeaa yleistymistä yritetään vauhdittaa, jotta EU:n ja Suomen ilmastotavoitteiden saavuttaminen on mahdollista. [11.]

Yksi suurimmista hidasteista sähköautokannan kasvuun on sähköautojen kalliin hankintahinnan lisäksi vielä kunnollisen latausinfrastruktuurin puute. Sähköautot eivät myy hyvin, kun latauspisteitä on heikosti, eikä latauspisteitä kannata tehdä, ellei niille ole käyttäjiä. [12.]

Sähköverkot rakennetaan tulevaisuuden tarpeita varten, ja uusissa liittymissä on tarve varautua sähköauton latauspisteiden yleistymiseen. Nykyisiä lämmitystolppia ei voi käyttää sähköauton akkujen lataamiseen ilman muutostöitä. On siis syytä mitoittaa ja tehdä uudet asennukset niin, että niiden muutostyöt sähköautojen latauspisteiksi ovat yksinkertaisia. [13.]

Suomessa sähkölatauspisteiden infrastruktuuri on osittain valmiina. Lämmitykseen tarkoitetut pistorasiat voidaan muuttaa latauskäyttöön. Tämä ratkaisu ei kuitenkaan ole pysyvä, koska sähköautojen yleistyessä latausvirtaa joudutaan rajoittamaan liikaa, eivätkä akut lataudu riittävän nopeasti. [13.]

4.2 Asennusvaatimukset sähköajoneuvojen latauspisteelle

Ennen kuin kotitaloudessa jo olevien tavanomaisien pistorasioiden ja voimapistorasioiden muuntaminen aloitetaan sähköautojen lataukseen sopiviksi, pitäisi Sähköalan ammattihenkilön todentaa asennuksen kunto ja soveltuvuus latauskäyttöä varten. Pitkäaikaiseen käyttöön tavanomaiset kotitalouspistorasiat (16 A / 230 V) eivät sovellu täydellä teholla. Pitkään käytettynä aiheutuu kosketinrakenteen ylimenovastuksille ylikuumentumista ja sitä kautta tulipalon riski kasvaa. Tilapäinen käyttö on kuitenkin sallittavaa. [13.]

Uudisrakennuksissa on mahdollista varautua sähköautojen kasvuun asentamalla sähköautojen lataukseen sopivat kaapelit ja pistorasiat. Kaapelointi suositellaan tehtäväksi putkeen, jotta kaapelin vaihto tarpeen vaatiessa onnistuu tai tarvitaan tiedonsiirtokaapeleita latauspisteelle. [13.]

Suunnittelussa sähköajoneuvon latauspisteelle käytetään mitoitusvirraltaan 63 A:n pistorasiaa. Latauspiirit voidaan kuitenkin mitoittaa olemassa olevan tehon mukaisesti esimerkiksi 16 A:n tai 32 A:n virtapiireiksi. Tiedonsiirto auton ja verkon välillä määrittää sen, kuinka paljon virtaa latauspiste antaa. [13.]

5 Latausmahdollisuudet ja -tekniikat

Standardissa EN61851-1 ja sen alaosioissa esitetään lataustavat ja vaatimukset sähköauton lataamisesta latausjohdon avulla. Johdotonta latausta varten on kehitteillä standardisarja IEC 61980. Sähköajoneuvoa tulee aina ladata vain autovalmistajan hyväksymillä liitäntäjohdoilla ja sähköautoille suunniteltuja latauspisteitä tai latauskäyttöön sopivaksi todettuja latauspisteitä. Suomen olosuhteissa latausjohdon pitää kestää käyttöä -35 °C:n lämpötilassa. Jatkojohtoja ei saa käyttää, eikä sähköä saa tuoda rakennuksen sisätiloista. [14.]

Sähköautojen lataus voidaan tehdä kolmella eri tavalla. Sähköauto ladataan liittämällä latausjohto sähköautossa olevaan pistokkeeseen ja latauspisteen pistorasiaan. Riippuen lataustavasta sähköauton akut latautuvat täyteen 15 minuutista yli 12 tuntiin. Latauspisteistä on useampaa toimintamallia. Latauspisteessä on käyttöpainike sekä toiminnasta kertovia merkkivaloja. Edistyneisemmissä latauspisteissä voidaan latauspistettä ohjata sekä valvoa esimerkiksi älypuhelimella. Julkisilla latauspisteillä usein edellytetään käyttäjätunnistusta, tähän voidaan käyttää matkapuhelinta tai RFID-tunnisteen sisältävää korttia. [15.]

Hidas lataustapa

Hitaalla lataustavalla eli lataustavalla 2 tarkoitetaan tilapäistä tai rajoitettua latausta tavanomaisesta maadoitetusta 250 V:n kotitalouspistorasiasta tai voimapistoriasta. Latauksessa saa käyttää ainoastaan latausjohtoa, jonka auton valmistaja on hyväksynyt. Johto sisältää koteloitun ohjauslaitteen, joka rajoittaa latausvirran esimerkiksi 6-10 ampeeriin. Latausaika on 8–12 tuntia. [14.] Kuvassa 2 on hitaalle lataustavalle tarkoitettu latauskaapeli. Kaapelissa on koteloitus ohjainlaite, joka rajoittaa latausvirtaa. [15.]



Kuva 2. Tilapäiseen tai rajoitettuun lataukseen tarkoitettu latausjohto [15.]

Peruslataus

Peruslataus eli lataustapa 3 on sähköautoille suunniteltu lataustapa, joka sisältää käyttäjän tunnistuksen ja valvonnan ja sähköajoneuvo ladataan vaihtosähköllä sähköautoille tarkoitettusta latauspisteestä. Latauspisteen pistorasioiden mitoitusvirta on 63 ampeeria yksi- tai kolmivaiheisena. Latauspisteestä saatava valitaan automaattisesti käytössä olevan syöttöverkon mukaan esimerkiksi 16 ampeeriin tai 32 ampeeriin ja lataus rajoitetaan sen mukaan. [14.]

Suuria 64 ampeerin ja 32 ampeerin latausvirtoja käytetään yleensä raskaan kaluston lataukseen ja henkilöautoihin käytetään pienempiä latausvirtoja, kuten 10, 13 tai 16 ampeeria. [14.]

Lataustapa 3 järjestelmän tunnistaa sähköautokäyttöön suunnitellusta moninapaisesta pistoliittimestä. Ennen latausta järjestelmä tarkistaa, että auto on turvallisesti liitetty sähköverkkoon. Lataustavassa 3 latauspisteestä voi syöttää autoa jopa 22 kW:n teholla. Lopullisen lataustehon määrittää kuitenkin sähköauton laturi ja latauspisteen mahdolliset tehorajoitukset. Lataustavalla 3 auto latautuu noin 1–2 tunnissa. Kuvassa 3 on latauskaapeli, joka on suunniteltu sähköautojen latausjärjestelmästä lataamiseen. [15.]



Kuva 3. Sähköautokäyttöön tarkoitettu latausjohto [15].

Teholataus

Teholatauksella eli lataustavalla 4 ladataan tasasähköllä suurella virralla auton ulkopuolella olevasta tasasähkölaturista. Latausjohto on tässä tavassa kiinteästi asennettu latauspisteeseen. Pikalatausta voi hyödyntää ainoastaan, jos autossa on pikalataukseen sopiva liitin. Pikalataus sopii parhaiten tilanteisiin, joissa lataus pitää tapahtua nopeasti, kuten huoltoasemalla. Pikalatauksella auton akut latautuvat jopa 80 %:n varausasteeseen 15–30 minuutissa. [15.] Kuvassa 4 on Nissan Leaf liitettynä CHAdeMO pikalatausjärjestelmään.



Kuva 4. Sähköauton pikalatauspiste [16.]

Muut lataustavat

Muita lataustapoja ovat lataustapa 1 ja johdoton lataus. Lataustapa 1 tarkoitetaan kevyiden sähköajoneuvojen lataamista vikavirtasuojalla suojatuista pistorasioista. Kevyitä sähköajoneuvoja ovat esimerkiksi sähköpolkupyörät ja sähköskootterit. Lataustapa edellyttää henkilö- ja paloturvallisuuden varmistamisen vikavirtasuojakytkimillä. Suomessa vuoden 1997 jälkeen pistorasiat on määrätty asennettavaksi 30 mA:n vikavirtasuojakytkimen taakse. [14.]

Johdottomassa latauksessa sähköajoneuvon akkuja ladataan liittämättä autoa liitäntäjohdolla latauspisteeseen. Lataus voidaan toteuttaa esimerkiksi induktioperiaatteella. [14.]

Pistoketyypit

Tyyppin 1 liittimiä käytetään amerikkalaisissa ja japanilaisissa ladattavissa sähköajoneuvoissa. Tyyppi 1 on vaihtovirtalataus, jossa laturi on kiinteästi autossa. Pistoke on yksivaiheinen ja kykenee 80 A:n virransyöttöön. Auton akuston laturi rajoittaa kuitenkin latausvirtaa, yleinen käytäntö on rajoittaa lataus 16 A:iin. [17.]

Tyyppin 2 liittimiä käytetään eurooppalaisissa ladattavissa sähköajoneuvoissa, kutsutaan myös nimellä ”Mennekes”. Tyyppin 2 latauspistoke on standardi Suomessa, sekä muualla Euroopassa. Liitin on kykenevä 63 A:n virransyöttöön kolmivaiheisena. Vas-

taavasti kuin tyyppin 1 liitoksissa auto rajoittaa latausta, tyyppin 2 latausvirta on tyyppillisesti ladattavalla hybridillä 1x16 ampeeria ja täyssähköautoille jopa 3x32 ampeeria. [17]

Tyyppin 3 liittimet ovat ranskalaisten versio lataustavalle 3. Tätä pistoketta käytetään kuitenkin vain harvoissa maissa. Tyyppin 3 liitin on vielä jaettu vielä A- ja C- malleihin, 3C sopii kaikille tyyppin 3 liittimen sähköajoneuvoille. [18.]

On olemassa kaksi eri liitostyyppistä pikalatausstandardia. Latausasemille on mahdollista varustaa molempien tyyppien pistokkeilla [19].

CCS eli yhdistetty latausjärjestelmä on pikalatausstandardi, joka mahdollistaa 125 kW:n pikalatauksen. Latausjärjestelmä mahdollistaa yksi- ja kolmivaiheisen vaihtovirtalatauksen, tasavirtalatauksen sekä julkisille paikoille sopivan erikoisnopean tasavirtalatauksen. CCS on hallitseva pikalatausjärjestelmä Euroopassa ja USA:ssa. [19.]

CHAdeMO on toinen yleinen pikalatausjärjestelmä. CHAdeMO on käytössä mm. Nissanilla, Toyotalla, Mitsubishilla, Peugeotilla ja Citroënilla. CHAdeMO mahdollistaa 125 A:n tasavirran latauksen autoon. Sen liittimissä on omat pinnit tiedonsiirtoa varten, joiden avulla se voi yhdessä auton tietokoneen kanssa säätää latausjännitteen ja -virran autolle sopivaksi. [19]

6 Sähkön kulutus kerrostalokiinteistössä

Kerrostaloasunnon sähkönkulutus on noin 1500–2500 kWh vuodessa. Tähän vaikuttaa huoneiston koko, asukkaiden määrä sekä huoneiston varustelutaso. Pieniin kulutusmääriin pääsee luonnollisesti pienehkössä normaalisti varustellussa asunnossa yksin asuva henkilö. Keskimääräisen kulutuksen yläpäähän kuuluvat suuret asunnot, joissa asuu useampi henkilö, kuten perheet tai kimppa-asunnot. [20.]

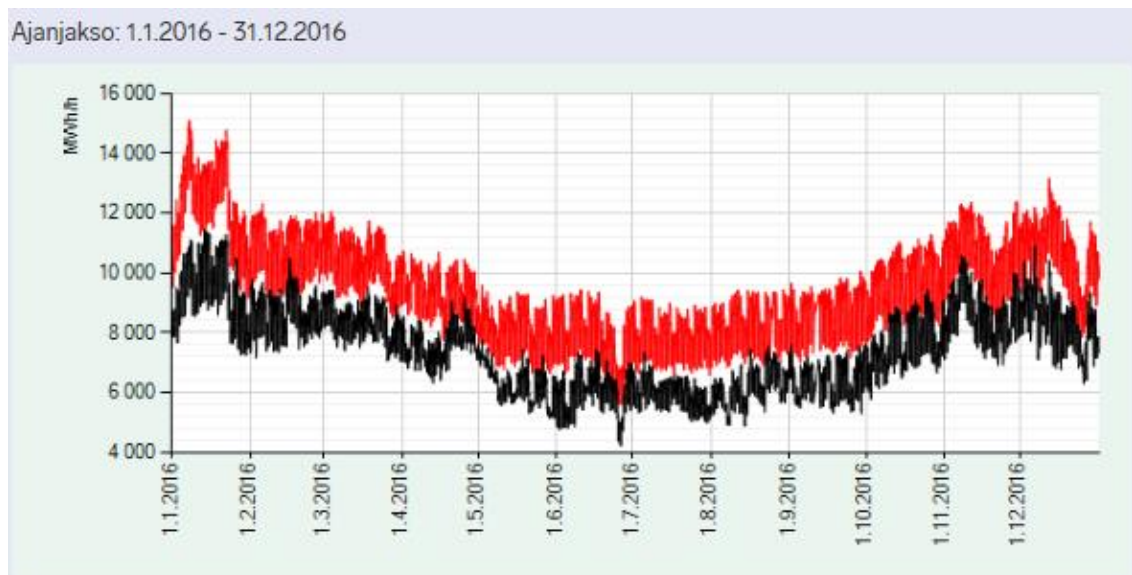
Suomessa sähkönkulutus jakaantuu keskimäärin lämmitykseen 52 %, taloussähköön 28 % ja lämpimään käyttöveteen 20 % [20].

Rivitaloasunnoissa sähkönkulutus on enemmän kuin kerrostalohuoneistoissa. Tavallinen varustelutaso rivitaloasunnossa kuluttaa kahden henkilön käytössä noin 3300 kWh

ja kolmen henkilön noin 4000 kWh. [20.] Näissä arvioissa on käytetty asuntoa, jossa ei ole suoraa sähkölämmitystä. Suoran sähkölämmityksen käyttö olisi vielä noin 13 000 kWh lisää vuodessa. [21.]

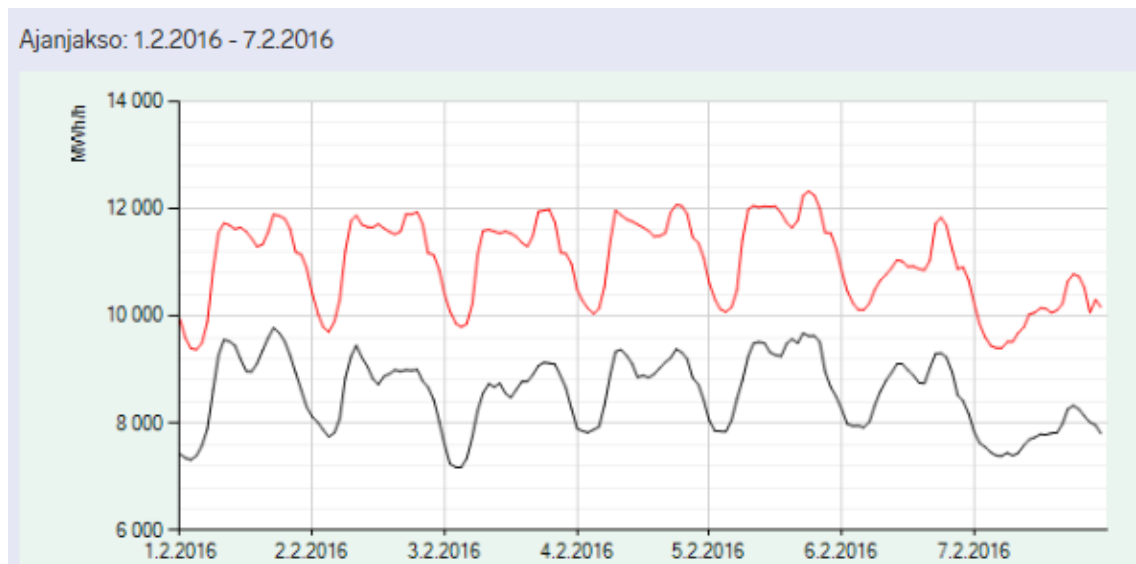
Kiinteistön kulutuksen jakautumine

Vuoden 2016 sähkönkulutusta tarkastellessa nähdään, että suurin energiankulutus osuu tammikuulle. Kuva 5 esittää koko vuoden 2016 sähkön kulutuksen ja tuotannon. Punaisella värillä esitetään kulutus ja mustalla tuotanto. Kulutuksen suurin piikki osuu tammikuulle, mikä on varsin luonnollista, kun lämmitykseen kuluu huomattavasti sähköä.



Kuva 5. Suomen sähkönkulutus 2016 [22]

Kuva 6 esittää helmikuun 2016 ensimmäisen viikon sähkönkulutuksen ja tuotannon. Helmikuun sähkönkulutus on yli vuoden keskiarvon, jolloin se palvelee tarkoitusperiä paremmin, mutta jättää suuret poikkeamat pois. Kuvasta 6 nähdään yön jälkeisen aamun sähkön kulutuksen nousu. Aamutoimien ja autonlämmitysten jälkeen kulutus hie- man laskee ja alkaa taas nousta illan tullessa asukkaiden saapuessa töistä kotiin. Kuvat 5 ja 6 esittävät koko Suomen sähkönkulutusta, jolloin ne eivät ole täysin suoraan verrannollisia asuinkiinteistön tai muun yksittäisen kiinteistön sähkönkulutuksen rytmiiin. Kuvasta 6 poiketen asuinkiinteistön sähkökulutus vähenee huomattavasti enemmän aamupäivällä.



Kuva 6. Suomen sähkönkulutus Helmikuun ensimmäinen viikko [22]

7 Lämmitystolpan muutos latauspisteeksi

Aiemmin todettiin, että Suomessa on jo osittain oleva latausinfrastruktuuri olemassa. Nykyisiä autojen esilämmitykseen tarkoitettuja lämmityspistorasioita voidaan muuttaa sähköautojen lataukseen sopivaksi. Tämä ei kuitenkaan ole lopullinen ratkaisu, sähköautojen yleistyessä ei sähköautoihin varautumattoman kiinteistön kaapelit ja sulakkeet kestä kasvanutta sähkön kulutusta. [13.]

Moottorilämmittimen teho on yleensä noin 500 W ja energiankulutus 0,5 kWh. Sisätilälämmittimen teho vaihtelee enemmän ja on yleensä 1000–1800 W ja sitä on mahdollista käyttää puoliteholla, jolloin energiankulutus on 0,5 kWh–1,8 kWh välillä. yhteensä lohkolämmittimen ja sisätilälämmittimen teho on 1000–2300 W. [23.]

Sisätilälämmittimen käyttö saattaa kuitenkin olla kiellettyä taloyhtiössä, jos taloyhtiön sähköjärjestelmä on riittävän vanha, eikä sitä ole mitoitettu kestävästi sisätilälämmittimiä [24.]

Ulkopistorasiat ovat yleensä yksivaiheisia ja 10 A:n tai 16 A:n sulakkeen takana, jolloin tehonsyöttökyky on 2,3 kW tai 3,6 kW [25].

Henkilöautoilla ajetaan keskimäärin noin 20 000 kilometriä vuodessa, joka on keskimäärin 55 kilometriä päivässä. Tästä voidaan arvioida päivittäinen sähköauton energiatarve. Karkeasti arvioituna sähköauto kuluttaa sähköenergiaa 0,15–0,2 kWh/km. Päivässä ladattava energiatarve on siis noin 8–11 kWh. Tämän energiatarpeen lisäksi auto kuluttaa energiaa ajovaloihin, puhaltimiin ja auton hallintajärjestelmiin. päivittäisen energiatarpeen lataaminen vie 3,5–5 tuntia 10 A:n ja 2,5–3 tuntia 16 A:n yksivaihepistorasiasta. [25.]

Toteutus

Ennen kuin jo olemassa olevan kiinteistön parkkialueen muutosta latauskäyttöön sopivaksi aletaan tehdä, täytyy selvittää kiinteistön ja pysäköintialueen sähkönsyöttökyvyn riittävyys. Kerrostalokiinteistöissä usein pysäköintialueen kaapelointi ja sulakkeet ovat riittävän isot kattamaan vain osan parkkipaikoista latauskäyttöön. [26.]

Yleisesti voidaan todeta, että lämmitystolppa ei sellaisenaan käy sähköautonlataukseen, sillä pisteestä pitää löytyä sähkönmittaus, vikavirtasuojakytkin, 16 A:n johdonsoajakatkaisija ja lisäksi kellokytkin on poistettava. Lämmitystolppaa on siis vähintään muokattava tai vaihdettava sähköauton lataukseen soveltuvaksi. Osalla valmistajista on olemassa ratkaisu, jossa vaihdetaan vain osa tolpastä, jolloin kustannukset pysyvät pieninä. Ladattavien autojen yleistyessä latauspisteitä tarvitaan aina enemmän. Tässä vaiheessa tulee mahdollisesti eteen parkkipaikan sähkönsyötön rajoitteet. Ratkaisuna on vaihtaa pysäköintialueen isommilla kaapeleilla ja sulakkeilla. Joissakin tapauksissa kiinteistön pääkeskus tai kiinteistökeskus voi jäädä liian pieneksi, jolloin se vaatii myös muokkauksia tai koko keskuksen vaihdon. [26.]

Hyödyt ja edut

Siirtymävaiheessa perinteisistä polttomoottoreista ladattaviin sähköautoihin kiinteistön sähköjärjestelmä on riittävä muuttamaan osa paikoista latauskäyttöön. Vanhan tolpan muutokset latauskäyttöön ovat edullisia, ja tolpan osittainen muokkaus maksaa noin 100–150 euroa. Sähköautojen yleistyessä voidaan taas tulla tilanteeseen, jossa parkkipaikan vanha järjestelmä ei kestä sähkönsyötön kasvanutta kulutusta. Myöhemmin sähköautojen yleistyessä on mahdollista päivittää koko parkkikenttä. Esimerkkikohteessa on 40 lämmitystolppaa, mutta nykyinen sähköliittymä voisi kattaa vain noin 25 % pysäköintialueesta. [26.]

Lähitulevaisuudessa sähköauton latauspiste voi olla positiivinen ja tarvittava valintakriteeri uutta asuntoa etsivälle. Hyvin tehdyt sähköautolatauspisteet siis nostavat kiinteistön arvoa ja imagoa. [27.]

Haitat ja ongelmat

Parkkipaikkojen lämmitystolpat on usein kytketty sarjaan. Tästä syntyy ongelmia sähköautojen latauksen kanssa. Kaapeleiden ja sulakkeiden kestävyys rajoittaa sähköautolatauspisteiden määrää yhdessä ryhmässä. [26.]

Pysäköintialueen sähköautojen latausta voidaan joutua rajoittamaan, jotta kaapelit ja sulakkeet eivät ylikuormitu. Tästä seuraa se että äärimmäisessä tapauksessa sähköauto ei lataudu yhtä paljon kuin auton haltija olettaa, jolloin auton toimintamatka voi olla riittämätön tarpeisiin nähden. [28.]

Sähkön kulutuksen seuraaminen vaatii myös omat jokaisen lämmitys- ja latauspisteen mittarin, jotta sähkön laskutus on tasapuolista. Mikäli kiinteistössä tehdään muutenkin remonttia, olisi tässä yhteydessä hyvä varautua ladattaviin autoihin. Päivittämällä kaapelointi, on mahdollista tehdä kaapelointi tähtipisteellä, jolloin koko pysäköintialueen sähkön kulutuksen seuraukset ja ohjaus voidaan kytkeä yhteen ohjauskeskukseen. [26.]

Koko pysäköintialueen muuttaminen sähköautojen latauskäyttöön voi vaatia pääkeskuksen muokkaamista tai vaihtamista. Kiinteistöstä riippuen myös kiinteistön liittymäjohto voidaan joutua vaihtamaan isompaan. [26.]

Oma- ja jaettu parkkipaikka

Sähköauton lataamiseen kuluva sähkö on noin kuusinkertainen tavallisen auton sähkölämmitykseen verrattuna. Täytyy siis olla mahdollista veloittaa sähköauton haltijaa kulutetun energian perusteella. Tässä voidaan käyttää latauspisteessä olevaa energiamittaria, jota luetaan esimerkiksi neljännesvuosittain ja lähetetään lasku käyttäjälle. [29.]

Toinen mahdollisuus on käyttää henkilökohtaista tunnistuskorttia, esimerkiksi RFID- tai NFC-tunnisteista korttia tai muuta fyysistä tagia. Tämä on toimiva tapa, jos käyttäjällä ei ole omaa parkkipaikkaa vaan latauspiste saattaa vaihdella. Lataukseen kulutettu energia voidaan veloittaa ilman, että paikalla käy kukaan lukemassa mittaria. Tunnistet-

tavalla kortilla lataus voidaan ulkoistaa latauspalveluita tuottavalle yritykselle, jolloin isännöitsijälle ei tule juuri lisää työtä. [30.]

Palvelun ulkoistaminen

Taloyhtiölle on myös mahdollista ulkoistaa pysäköintialueen sähköautolatauspisteiden asennus, ylläpito ja laskutus. Näin isännöitsijälle ei koidu sähköautoista lisätyötä. Tässä vaiheessa asukas voi tehdä sopimuksen latauspisteitä ylläpitävän yrityksen kanssa. Yritys asentaa vanhan lämmityspisteen tilalle älytolpan, jonka kautta kuluttaja maksaa kulutuksen mukaan. Kulutuksen lisäksi asiakas maksaa palveluista sopimuksen mukaisen korvauksen. Älytolppa mahdollistaa myös muita etuja, kuten auton esilämmityksen tai sähköauton latauksen päälle kytkennän älypuhelimella. [31.]

8 Sähköliittymän mitoitus

Kiinteistön sähköliittymän ja sähköverkon mitoittaminen on yksi tärkeimmistä asioista kiinteistön sähkösuunnittelussa. Liian pieneksi mitoitettu sähköliittymä ja sähköverkko rajoittavat kiinteistön käyttöä, ja liian suureksi mitoitettuna tulee ylimääräisiä kuluja rakennusvaiheessa sekä käyttökuluina. Sähköverkko tulisi mitoittaa niin, että se olisi myös riittävä tulevaisuudessa. [32.]

Kiinteistön sähköverkon ja sähköliittymän mitoittamisessa on tavoiteltava todellista huipputehoa todellisen tai oletetun tehontarpeen mukaan. Suunnittelija joutuu lähes poikkeuksetta tekemään arvion kiinteistön sähkön kulutuksesta käyttötarkoituksen mukaisesti huomioiden sähkön saannin varmuus, tulevaisuuden tarpeet, sekä mahdolliset muutokset mukaan lukien. Toisaalta liiallinen ylimitoitus ei ole taloudellisesti kannattavaa. [32.]

Kiinteistön koon, käyttötarkoituksen ja varustelun perusteella voidaan tehdä alustava arvio tarvittavasta sähköliittymästä. Alustavaa arviota tarkennetaan suunnittelun edetessä ja laitevalintojen tarkentuessa. Huipputehoon vaikuttavia asioita ovat mm. valaistus, LVI- ja jäähdytyslaitteet, sekä muu rakennuksen varustelutaso. Huipputehoa mitoitettaessa on otettava huomioon, etteivät kaikki laitteet toimi samaan aikaan, esim. lämmitys ja jäähdytys. [32.] Kiinteistön liittymä mitoitetaan käyttötarkoituksen perusteella.

Muita liittymän mitoitukseen vaikuttavia asioita on huoneistojen lukumäärä, lämmitystapa ja mahdolliset liiketilat. [33.]

8.1 Sähköliittymän mitoitus

Sähköliittymän mitoitus perustuu vanhoihin kokemusperäisiin laskentamalleihin [32.].

$Ph = B + 17 * A \div 1000$ Huipputehon laskentamalli huoneistoon, jossa ei ole kiuasta [32.].

$Ph = B + 24 * A \div 1000$ Huipputehon laskentamalli huoneistoon, jossa on kiuas [32.].

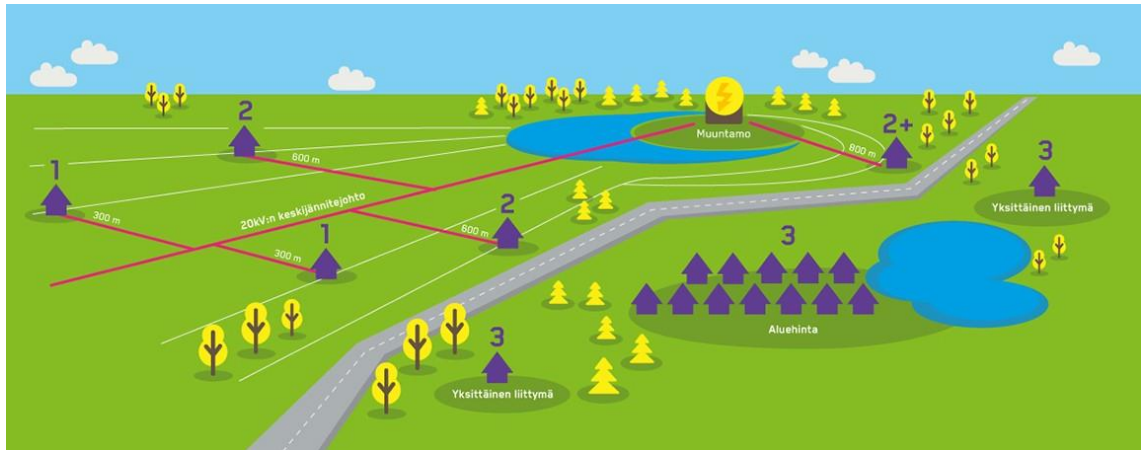
Ph on huipputeho, B on vakio, joka vaihtelee eri rakennustyypeille. A on huoneiston kerrosala [m^2]. Ilman kiukaita olevissa huoneistoissa B on 65 kW ja huoneistoissa, joissa on kiuas, käytetään $B = 90$ kW. Näitä laskentamalleja voi käyttää, jos kohteessa on vähintään 15 asuntoa ja kerrosala on 2500 m^2 . Pienemmissä kohteissa korvataan B arvolla B_x [32.]

$$B_x = \left(\frac{A_{tod}}{2500} \right) * B \geq 30$$

Liittymisjohdon virtaa arvioidessa on huomioitava kuormituksen tehokerroin $\cos \varphi$. Jos loistehon määrä on vähäinen, voidaan käyttää $\varphi = 0,96$. Näitä laskentamalleja käyttämällä ylitys todennäköisyys on 1 %. [32.]

Kustannukset

Liittymän kustannukset koostuvat pääsulakkeiden koosta ja liittymäpisteen etäisyydestä lähimpään riittävän isoon liittymäpisteeseen. Esimerkkinä voidaan käyttää Caruna Espoo Oy:n hinnastoa. Sähköliittymä hinnoitellaan vyöhykehinnottelulla, ja liittymävyöhyke määräytyy kiinteistön etäisyydestä lähimpään 20 kV:n johtoon tai jakelumuuntajaan. Kuvasta 7 nähdään periaate, miten vyöhykkeet jaotellaan. Liittymämaksu ei sisällä liittymäkaapelin hintaa. [34.]



Kuva 7. Vyöhykkeiden jaottelu [34].

Vyöhyke 1 sisältää liittymät, joissa liittämispisteen etäisyys 20 kV:n johdosta on suoraan mitattuna alle 300 metriä. Asemakaavoitettujen taajamien liittymät kuuluvat aina vyöhykkeelle 1. Rantakaava-alueilla hyödynnetään etäisyyteen perustuvaa vyöhykehinnointilua. [34.]

Vyöhyke 2 sisältää liittymät, joissa pääsulakkeen koko on maksimissaan 3 x 63 A ja liittämispisteen etäisyys rakennetusta 20 kV:n johdosta suoraan mitattuna on yli 300 metriä, mutta enintään 600 metriä. [34.]

Vyöhyke 2+ sisältää liittymät, joissa pääsulakkeen koko on maksimissaan 3 x 35 A ja liittämispisteen etäisyys rakennetusta 20 kV:n johdosta on suoraan mitattuna yli 600 metriä, mutta kuitenkin enintään 800 metriä jo olemassa olevasta jakelumuuntajasta. Vyöhyke 2+ hinnoittelua ei sovelleta, jos verkkoa ei voida rakentaa tavanomaisin verkko ratkaisuin. Esimerkkejä tämääntapaisista tilanteista ovat muun muassa rauta- tai moottoritiet, tehdasalueet sekä vesistökaapelit tai muut hankalat vesistölyitykset. [34.]

Vyöhyke 3 sisältää pienjänniteliittymät, jotka eivät kuulu vyöhykkeisiin 1, 2, 2+. Vyöhykkeen 3 liittymismaksu on aina tapauskohtainen ja useamman uuden liittyjän tapauksessa määritellään aluehinta, joka on 1,3–1,6 -kertaa vyöhykkeen 1 liittymismaksu. [34.]

Esimerkkilaskelma

Esimerkkilaskelmassa lasketaan kohteen sähköliittymän koko. Kohteena on Espoon Kauniaisiin rakennettava viisi kerroksinen asuinkerrostalo. Rakennuksen alle tehdään pysäköintihalli. Huoneistoja kiinteistössä on 43 kappaletta, ja sauna löytyy 26 huoneistosta. Huoneistot jakautuvat kahteen porrashuoneeseen. Kiinteistön pohjakerroksessa on varastotilat ja liiketila. Liiketilan loppukäyttäjää ei ole vielä valittu. Jokaiseen huoneistoon ja liiketilaan tulee lämmön talteenotto. Taulukkoon 2. on kerätty tarvittavat lähtötiedot kiinteistön sähköliittymän mitoitus varten.

Taulukko 2. Sähköliittymän mitoituksessa käytetyt lyhenteet selitettynä.

B	90		
B(x)	90		
A(1)	2232 m ²		Kiukailla varustettujen huoneistojen pinta-ala
A(2)	732 m ²		ilman kiukaita varustettujen huoneistojen pinta-ala
LTO(kpl)	44 KPL		Lämmöntalteenottokoneen määrä
P(LTO)	1,3 kW		Lämmöntalteenottokoneen teho

Käytetään taulukon 2 arvoja ja lasketaan kiinteistön tehontarpeet.

$$P_{max}(asum.) = B(x) + 24 * \frac{A(1)}{1000} + 17 * \frac{A(2)}{1000} = 156,0 \text{ kW}$$

$$P_{max}(LTO) = LTO(kpl) * P(LTO) = 57,2 \text{ kW}$$

$$P_{max}(Liiketila) = 10,0 \text{ kW}$$

Summataan nämä kiinteistön tehontarpeet, josta saadaan koko kiinteistön laskennallinen huipputeho.

$$P_{max} = P_{max}(asum.) + P_{max}(LTO) + P_{max}(liiketila) = 223,2 \text{ kW}$$

Tästä voidaan laskea kiinteistölle virta I_{max} kaavalla.

$$I_{max} = P_{max} / (\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0.96) = 336 \text{ A}$$

Seuraava suurempi sulakekoko on siis 400 A pääsulake. Valitaan siis 2x3x200 A sulakkeet. Kuvasta 8 valitaan oikeat kaapelit, tässä tapauksessa Liittymäkaapeleiksi vali-

taan 2x AXMK 4x240. Liittymä on yli 200 A, jolloin Caruna Espoon hinnastosta käytetään ampeerihintaa 60 €/A ja 400 A. Liittymälle hinta on siis 60 €/A x 400 A=24 000 € (sis. alv 24 %). Mittareiden kytkentämaksut ovat asuntoihin 50 €/kpl (sis. alv 24 %) ja 150 € liiketilan mittarilta. [35]

Päävaroke (A)	Johtotyyppi ja poikkipinta
3x25 - 3x35	AXMK 4x25mm ²
3x35 - 3x63	AXMK 4x50mm ²
3x63 - 3x125	AXMK 4x95mm ²
3x125 - 3x200	AXMK 4x150mm ²
3x200 - 3x250	AXMK 4x240mm ²

Kuva 8. Suositeltu liittymiskaapelityyppi ja ja poikkipinta [36].

$$\text{Mittaroinnit} = 43 * 50 \frac{\text{€}}{\text{kpl}} + 150 \frac{\text{€}}{\text{kpl}} = 2300 \text{ € sis. alv}24 \%$$

Yhteensä liittymäkustannukset ovat 26 300 € (sis. alv 24 %)

8.2 Liittymän mitoitus sähköautolatauspisteet huomioiden

Sähköautojen lataustarpeen laskemista vaikeuttaa lataustehon suhteuttaminen sen tarpeeseen. Liian pieneksi mitoitettu sähköliittymä voi hetkellisesti vastata sähköautojen latauksen tarvetta. Liian paljon ylimitoitettu sähköliittymä voi olla tarpeetonta ja kallista.

On selvää, että latausvirran pitää olla vähintään 6 A, koska sen alle mentäessä auton tietokone keskeyttää latauksen. Sähköauton lataus ei myöskään jatku, vaikka latausvirta nousisi takaisin yli 6 A:n tasolle. [37.]

Tällä hetkellä uusien latauspisteiden asennuksissa taloyhtiöissä ja työpaikoilla suositetaan Tyyppin 2 pistokkeita ja lataustapaa 3. Sillä saadaan riittävän nopea lataus hybridi-

sähköautoille ja täyssähköautoille. Kuten jo aikaisemmin kerrottiin, hybridien latausvirta on tyypillisesti 1x16 A / 3,7 kW ja täyssähköautoautojen 3x32 A / 22,2 kW. Näitä arvioita käyttäen 50 latauspisteen lataustehon tarve on 185–1110 kW välillä. Latausteho on suuri, mutta niin on arvioitu sähköautojen latauspisteiden määräkin.

Syksyllä 2017 on tulossa uusi SFS 6000, jossa kerrotaan, että käyttäessä yhtäaikaissuuserrointa on kiinteistössä oltava automaattinen kuormanhallinta. Jos kuormanhallintaa ei ole, tasoituskerroin on 1,0 ja vikavirtasuojakytkin B-tyyppiä. [38.] Kuormanhallinta on toimivan latausjärjestelmän tärkeä osa. Kuormanhallinnan avulla voidaan suojata järjestelmää ylikuormitukselta eli varmistaa että kiinteistön sähkönkulutus ei nouse niin korkeaksi, että kaapelit, sulakkeet tai keskuksset eivät sitä kestäisi.

Dynaaminen kuormanhallinta

Dynaamisen kuormanhallinnan avulla saadaan kiinteistössä saatavilla oleva teho täysin hyödynnettyä ja samalla varmistutaan, että latausjärjestelmien sähkönkuormitus ylitä kiinteistön sallittua ylärajaa [39]. Samalla voidaan mitoittaa sähköliittymä ilman suuria ylimitoituksia ja säästää kustannuksissa.

Ongelmat ja haasteet

Haasteina sähköautojen latauspisteiden mitoitukselle on useita, suurimpina haasteina ovat lämpötilan vaikutukset, syöttökaapelien ja sulakkeiden valinta, sekä latauspistokehityypin valinta.

Lämpötilan laskeminen vaikuttaa lataustehoon alentavasti. Nissan Leafilla tehdyssä testissä ladattiin ABB Terra SC ja 50 kW latauspisteillä 20 °C ja -2 °C lämpötiloissa, akut ladattiin 0 % → 90 %. Terra SC -latausjärjestelmällä lataus hidastui 25 prosenttia 60 minuutista 75 minuuttiin. 50 kW:n latausjärjestelmällä latausaika lähes kaksinkertaistui noin 32 minuutista noin 58 minuuttiin. 50 kW:n latausjärjestelmän latauksen hidastuminen on auton akun hallintajärjestelmän syytä, sillä sen antoi -2 C- asteessa auton ladata vain 20 kW:n teholla. [40.]

Insinööriyön tavoitteena oli löytää hyvä ja selkeä keino laskea sopivan kaapelien ja sulakkeiden koot. Tähän on kuitenkin mahdotonta antaa yhtä oikeaa vastausta, vaan kaapelit ja sulakkeet on mitoitettava tapauskohtaisesti tai asiakkaan/tilaajan vaatimus-

ten mukaiseksi. 8.2 luvussa on tehty laskelma, jossa on tavoiteltu riittävää, mutta ei liiallista lataustehoa kaikille paikoille.

Kiinteistön kulutus tai jos täyssähköautojen määrä nousee oletettua korkeammaksi, on mahdollista rajoittaa lataustehoa [41]. Sähköpula tilanteessa Fingrid voi rajoittaa hetkellisesti sähköjakelua niiltä osin, kuin se on yhteiskunnassa mahdollista [42]. Esimerkiksi talvella kovat pakkaset voivat ja aiheuttaa äkillisen nousun lämmitykseen kuluvaan energiaan.

Sähköenergian laskutus

Latausenergian laskutuksen toteutukseen on useampi tapa. Taloyhtiöissä ja työyöpaikoilla, joissa on oma parkkipaikka, on mahdollista seurata latausta omalla sähkömittarilla. Jos sähköauton latauspiste vaihtelee, on mahdollista käyttää RFID-korttia, joka laskuttaa asiakasta tai kortilla pitää olla tallennettua rahaa. Samantyylinen maksutapa on myös mahdollista puhelinsovelluksen avulla. [43.] Näillä menetelmillä on mahdollista laskuttaa asiakasta kulutuksen mukaan. Kuukausimaksuun perustuvalla laskutuksella tehdään arvio sähköenergian tarpeesta, jonka perusteella voidaan sopia kiinteä kuukausimaksu latauksesta.

Julkisissa latauspisteissä sähköauton lataus voi olla ilmaista, ainakin osat suurista ostoskeskuksista, tavarataloista ja huoltoasemista tarjoavat ilmaista latausta asiakkaille [43.]. Helsingissä on muutamia latauspisteitä, joihin HELEN tarjoaa kuukausiperusteisia lataussopimuksia puhelinliittymien tapaan. [44.]

Esimerkkilaskelma sähköautot huomioiden

Käytetään tässäkin laskelmassa samaa esimerkkikohdetta kuin aikaisemmassa laskelmassa, jossa ei otettu huomioon sähköautojen latauspisteitä. Huipputehon tarve on luvussa 8.1 laskettu 223,2 kW. Taulukkoon 3 on koottu tässä laskelmassa tarvittavat tiedot.

Kiinteistössä huoneistoja on 43 kappaletta, parkkipaikkoja voidaan laskea olevan 45 kappaletta. Jos puolet parkkipaikoista varustetaan sähköautojen latauspisteillä, täytyy selvittää 23 latauspisteen tehontarve.

Käytetään aikaisemmin todettuja arvoja 1- ja 3-vaiheiselle lataukselle. Aikaisemmin tehtiin oletus, että 45 parkkipaikasta 23 varustetaan latausjärjestelmillä. Jos kaikki 23 latauspistettä käytössä täyssähköautoille samaan aikaan, tarvitsevat ne 511 kW lataustehon ja vuorostaan. Jos kaikki ladattavat autot ovat hybridejä, lataustehon tarve on 85 kW. Todellisuudessa tehontarve on jossain tällä välillä. Kappaleessa neljä on esitetty ladattavien hybridien ja täyssähköautojen määrät viime vuosilta. Hybridejä rekisteröidään toistaiseksi enemmän, mutta uskon akkuteknologian parantuessa täyssähköautojen saavuttavan hybridien määrät.

Pitkälle tulevaisuuteen arvioitaessa ladattavista autoista voisi olla 75 % täyssähköautoja ja 25 % hybridejä. Tulevaisuudessa on mahdollista, että loputkin parkkipaikat pitää saada muutettua latauspisteiksi. Siinä tapauksessa pitäisi tarkastella kaapeleiden ja sulakkeiden kykyä kestää enempää latauspisteitä. On mahdollista suunnitella ja rakentaa kiinteistön parkkialue ja keskukset niin, että loputkin pisteet ovat muutettavissa latauskäyttöön sopiviksi. Jos kiinteistöä ei ole mitoitettu rakennusvaiheessa tähän, niin kiinteistön sähköliittymän rajoitukset voivat tässä tulla kuitenkin vastaan. Sähköliittymä pitäisi kaapeloida uudelleen tai todennäköisemmin käyttää älykästä kuormanhallintaa, jolla varmistetaan kiinteistön sulakkeiden kestävyys rajoittamalla lataustehoa.

Taulukko 3. Laskelmissa käytetyt lyhenteet selitettynä.

P_{max2}		Kiinteistön maksimi tehontarve sähköautojen latauspisteiden
P_{max}	223,2 kW	Kiinteistön maksimi tehontarve
P_{ev1}	22,2 kW	Sähköauton ottama latausteho [3*16 A]
n	17	Täyssähköautojen määrä [kpl]
P_{phev1}	3,7 kW	Ladattavan hybridi-auton ottama latausteho [1*16 A]
m	6	Ladattavien hybridien määrä [kpl]

Näitä arvoja käyttäen voidaan laskea sähköliittymän teho sähköautojen latausjärjestelmät huomioiden.

$$P_{max2} = P_{max} + P_{ev} + P_{phev} = P_{max} + p_{ev1} * n + P_{phev1} * m$$

$$P_{max2} = 223,2 \text{ kW} + 22,2 \text{ kW} * 17 + 3,7 \text{ kW} * 6 = 623 \text{ kW}$$

Samalla kaavalla kuin aikaisemmin laskettiin kiinteistön huipputehoa vastaava virta, lasketaan latausjärjestelmät sisältävän kiinteistön virta I_{max2} .

$$I_{max2} = \frac{P_{max2}}{\sqrt{3} * 400 V * 0,96} = 937A$$

Sähköautojen latauspisteiden osuus on 623 kW - 223,2 kW = 400 kW. Tämä on siis kiinteistön maksimiteho, jonka se voi tarvita sähköautojen lataukseen. 400 kW:n latausteho takaisi kaikille latauspisteille yli 17 kW:n lataustehon. 17 kW lataustehoa voisi pitää erittäin hyvänä lataustehona kotitalouksissa nykyaikaisille sähköautoille. Todellisuudessa kiinteistö ei kuitenkaan käytännössä tulisi käyttämään 400 kW pelkkien sähköautojen lataukseen. Sähköautot laitetaan usein lataukseen suoraan töistä tai muuten kotiin tultaessa iltapäivällä tai illalla.

Voitaisiin siis arvioida yhtäaikaisuuskerroin, jolla saataisiin kiinteistön kokonaistehoa laskettua. Huomioon otettavia asioita on huoneistojen sähkönkulutus kunakin kellonaikana, kuinka suuri osa sähköautoista on latauksessa samaan aikaan ja kuinka pitkään sähköautot keskimäärin tarvitsevat latausta. Kiinteistön muun kulutuksen huippu osuu iltapäivästä iltaan. Samaan aikaan oletettavasti myös suurin osa sähköautoista ladataan.

Tehdään arvio, että sähköautoja olisi latauksessa noin 60 %, tämän perusteella voitaisiin käyttää yhtäaikaisuuskerrointa 0,70. Tällöin jää varaa poikkeustapauksille, kuten juhlapyhille. Näin myös kiinteistön maksimiteho saataisiin noin 120 kW pienemmäksi ja jäljelle jää 280 kW ja 756 A, jolloin säästetään sulakkeissa ja kaapeloinneissa. Kun käytetään yhtäaikaisuuskerrointa, on kiinteistössä oltava älykästä kuormanhallintaa. 280 kW jaettuna tasaisesti 23 latauspisteelle tarkoittaisi yli 12 kW jokaiselle parkkipaikalle aina ja tilanteen salliessa älykäs järjestelmä voi antaa tietyn latauspisteen ladata isommallakin teholla. 12 kW on kuitenkin tämänhetkisten sähköautojen lataukseen aivan riittävä. On myös otettava huomioon, että sähköautoa saatetaan ladata työpaikalla tai julkisessa latauspisteessä päivän aikana. Tällöin akkuja ei tarvitse ladata kotona päivittäin lainkaan, pitkään tai täydellä mahdollisella teholla.

9 Yhteenveto

Työn tavoitteen oli selvittää sähköliittymän mitoituksen perusteet ottaen huomioon, että osa parkkipaikoista olisi sähköautojen latausjärjestelmillä varustettuja. Tarve latausjärjestelmille on erittäin oletettua ja sähköautoja varten pitää varustautua ajoissa. Erilaisia lataustapoja on useita, joten oikean latausjärjestelmän valitseminen on kiinteistön tulevaisuuden kannalta tärkeää. Tähän mennessä ei ole ollut hyvää ja selkeää keinoa laskea sähköautojen latausjärjestelmien vaatimaa tehoa.

Työssä tehtiin esimerkkilaskelmat liittymän mitoituksesta ilman sähköautojen latausjärjestelmiä ja toinen laskelma latausjärjestelmien kanssa. Sähköautojen vaatima osuus jälkimmäisessä laskelmassa on suuri, pelkkien latausjärjestelmien vaatima teho on 60 kW suurempi kuin muu kiinteistöön mitoitettu teho. Tähän vaikuttaa suuri arvio sähköautojen määrästä, sekä suurehko parkkialueen koko.

Yhtäläisyyskertoimen arviointi on kuitenkin todella hankalaa. Siitä tehtiin kuitenkin perusteltu arvio, jota voitaisiin käyttää, ellei asiakkaalla ole muita toiveita. Arviossa on vähennetty samanaikaisesti lataavien autojen määrää huomattavasti, koska lasketulla liittymällä autot latautuvat muutamassa tunnissa riippuen akkujen koosta.

Toistaiseksi sähköliittymä pitää siis suunnitella täysin tilannekohtaisesti, neuvottelemalla tilaajan kanssa, kuinka paljon latauspisteitä on tulossa ja kuinka suuret latausvirrat tilaaja haluaa kiinteistössä tarjota. Toinen mahdollisuus on, että tilaaja jo tietää ennakoon omat vaatimuksensa, joiden perusteella voidaan laskea niiden tarvitsema teho muun kiinteistön lisäksi.

Lähteet

- 1 ST 51.90 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. 2013. Sähköinfo.
- 2 Ladattavan sähköajoneuvon ostajan opas. 2017. Verkkojulkaisu. Sähköinen liikenne. <<http://www.sahkoinenliikenne.fi/oppaat/ladattavan-ajoneuvon-ostajan-opas>> Luettu 2.2.2017.
- 3 Sähköautojen latausverkosto laajenee. 2016. Verkkojulkaisu. Vihreä kaista. <<http://vihreakaista.fi/fi-fi/article/sahko/sahkoautojen-latausverkosto-laajenee/587/>> Luettu 2.2.2017.
- 4 Julkiset lataus- / tankkausasemat. Verkkojulkaisu. Vihreä kaista. <<http://vihreakaista.fi/fi-fi/kartta/33/>> Luettu 2.2.2017.
- 5 Liikennekäytössä olevat sähköautot. 2016. Verkkodokumentti. Trafi. <http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokannan_kayttovoimatilastot/sahkokayttoiset_autot> Luettu 2.2.2017.
- 6 Ensirekisteröidyt hybridi-autot. 2016. Verkkodokumentti. Trafi. <http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ensirekisteroinnit/ensirekisteroinnit_kayttovoimittain/hybridikayttoiset_henkiloautot> Luettu 2.2.2017.
- 7 Norjassa on jo yli satatuhatta sähköautoa. 2016. Verkkojulkaisu. Vihreä kaista. <<http://vihreakaista.fi/fi-fi/article/sahko/norjassa-on-yli-100-000-sahkoautoa/450/>> Luettu 2.2.2017.
- 8 Norja ja Hollanti sanovat hyvästi bensa- ja dieselautoille. 2016. Verkkojulkaisu. Vihreä kaista. <<http://vihreakaista.fi/fi-fi/article/sahko/norja-ja-hollanti-hyvastelevat-bensa-ja-dieselautot/383/>> Luettu 2.2.2017.
- 9 Britannia kieltää bensiini- ja dieselautojen myynnin 2040 mennessä. 2017. Verkkojulkaisu. Demokraatti. <<https://demokraatti.fi/britannia-kieltaa-bensiini-ja-dieselautojen-myyntin-vuoteen-2040-menessa/>> Luettu 2.8.2017.
- 10 Volvo is first automaker to offer electric or hybrid only. 2017. Uutinen. NBC News. <<http://www.nbcnews.com/business/autos/volvo-going-all-electric-first-automaker-ditch-combustion-engine-n779791>> Luettu 2.8.2017.
- 11 Sähkö liikuttaa - Sähköautojen yleistymiseen on syytä varautua. 2016. Verkkojulkaisu. Sito. <<https://www.sito.fi/27180/sahko-liikuttaa-sahkoautojen-yleistymiseen-on-syyta-varautua/>> Luettu 2.2.2017.

- 12 Sähköautojen latauspisteet saivat valtiolta jättituen – tavoitteena maan kattava verkosto. Verkkajulkaisu. Otavamedia.
<<https://tekniikanmaailma.fi/autot/sahkoautojen-latauspisteet-saivat-valtiolta-jattituen-tavoitteena-maan-kattava-verkosto/>> Luettu 7.8.2017.
- 13 Sähköautojen yleistymiseen kannattaa varautua. 2012. Verkkajulkaisu. Sähköala. <http://www.sahkoala.fi/koti/sahkoautot/fi_FI/sahkoautojen_lataus/> Luettu 2.2.2017.
- 14 ST 51.90_B Sähköautojen lataaminen kiinteistöjen sähköverkoissa. Verkkodokumentti. Sähköinfo.
- 15 Sähköauton lataustekniikka ja turvallisuus. 2017. Verkkajulkaisu. Motiva.
<http://www.motiva.fi/etusivu_2010/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/autotyypit/sahkoauton_lataustekniikka_ja_turvallisuus> Luettu 28.2.2017.
- 16 DC Quick Charging Battle Just Beginning: CHAdeMO Vs. SAE Combo Vs. Tesla Supercharger. Verkkajulkaisu. Inside EVs. <<http://insideevs.com/dc-quick-charging-battle-just-beginning-chademo-vs-sae-combo-vs-tesla-supercharger/>> Luettu 20.2.2017.
- 17 Latauspistoketyypit sähköautoille. Verkkajulkaisu. Caruna Espoo Oy.
<<https://plugit.fi/fi-fi/article/etusivu/latauspistoketyypit-sahkoautoille/135/>> Luettu 28.6.2017.
- 18 Sähköautoilu Suomessa. Verkkajulkaisu. Finn Electric Oy.
<http://media.klinkmann.fi/pdf/fe/Esite_Sahkoautoilu_Suomessa_13V1.pdf> Luettu 28.6.2017.
- 19 Kotilatauspisteellä lataat sähköauton helposti ja turvallisesti. Verkkajulkaisu. Sähköinen liikenne. <<http://sahkoinenliikenne.bondi.fi/oppaat/kotilatauspisteella-lataat-sahkoauton-helposti-ja-turvallisesti#section-3>> Luettu 28.6.2017.
- 20 Kodin keskimääräinen energiankulutus. Verkkajulkaisu. Vattenfall Oy.
<<http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-sahkonkulutus.htm>> Luettu 15.3.2017.
- 21 Arvioi sähkönkulutus. Verkkajulkaisu. Energiapolar.
<<https://www.energiapolar.fi/fi/Kotitaloudet/Tarjouslaskuri/Arvioi-sahkonkulutus>> Luettu 15.3.2017.
- 22 Sähkön kulutus ja tuotanto. Taulukko. Fingrid.
<<http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/kulutus-ja-tuotanto/Sivut/default.aspx>> Luettu 16.3.2017
- 23 Auton esilämmittäminen. Verkkajulkaisu. Vattenfall Oy.
<<http://www.vattenfall.fi/fi/auton-lammittaminen.htm>> Luettu 20.2.2017.

- 24 Sisätalälämmitin voi polttaa sulakkeet. 2012. Uutinen. Yle. <<http://yle.fi/uutiset/3-5059783>> Luettu 20.2.2017.
- 25 Sähköauton akkujen latausteho on suurempi kuin autolämmittimen. 2010. Verkkajulkaisu. Sähköala. <http://www.sahkoala.fi/koti/sahkoautot/fi_FI/sahkoauto2/> Luettu 20.2.2017
- 26 Ladattavat autot kiinteistöjen sisäisissä sähköverkoissa. Verkkajulkaisu. Viivamedia. <<http://verkkajulkaisu.viivamedia.fi/fortumesfi/ladattavatautotsuositus/8>> Luettu 20.2.2017.
- 27 Kiinteistön latauspaikat – esiselvitys. 2015. Verkkodokumentti. Motiva. <http://www.motiva.fi/files/10869/Kiinteistojen_latauspaikat_-_esiselvitys.pdf> Luettu 20.2.2017.
- 28 Sähköauton lataaminen taloyhtiössä. Verkkajulkaisu. Plugit Finland Oy. <<https://plugit.fi/fi-fi/article/uutiset/sahkoauton-lataaminen-taloyhtiossa/300/>> Luettu 7.8.2017.
- 29 Sähköautojen latauslaitteiden tunnistustekniikka. Verkkajulkaisu. Plugit Finland Oy. <<https://plugit.fi/fi-fi/article/latauslaitteet/sahkoautojen-latauslaitteiden-tunnistustekniikka/394/>> Luettu 7.8.2017.
- 30 Sähköajoneuvojen lataaminen kiinteistöjen sähköverkoissa. 2015. Verkkodokumentti. SESKO. <http://www.sesko.fi/files/431/Lataussuositus_2014_2015-07-13.pdf> Luettu 20.2.2017.
- 31 Parkkisähkö on uusi tapa ajatella auton lämmitys ja sähköauton lataus. Verkkosivu. Parkkisähkö. <<http://www.parkkisahko.fi/>> Luettu 20.2.2017.
- 32 ST 13.31. Rakennusten sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. 2015. Sähköinfo.
- 33 Tehonmitoitus. 2008. Verkkajulkaisu. Virtuaaliammattikorkeakoulu. <<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1113391235042/1113391621636/1150111126448/1150111210984.html>> Luettu 20.2.2017.
- 34 Sähkölitiittymän hinta. Verkkajulkaisu. 2015. Caruna Espoo Oy. <<https://www.caruna.fi/asiakaspalvelu/hinnastot-ja-sopimusehdot/sahkoliittyma-hinta>> Luettu 20.3.2017
- 35 Liittymismaksuhinnasto. 2015. Verkkodokumentti. Caruna Espoo Oy. <https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/web_650304_caruna_espoo_liittymishinnasto_6s_2015_fi6.pdf?D3nw2SfgCsxwm2uGN4xCnxWhDALqVA15> Luettu 20.3.2017

- 36 Carunan yleisohjeet sähköurakoitsijoille ja -suunnittelijoille. 2017. Verkkojulkaisu. Caruna Oy. <<https://www.caruna.fi/urakoitsijat/urakoitsijan-tietopankki/urakoitsijaohjeet>> Luettu 31.8.2017.
- 37 Virta Oy. Suullinen keskustelu Olli Kanasen kanssa. Yksityinen yritysesitys. 7.4.2017
- 38 SFS 6000 tulevat muutokset syksyllä 2017. Seminaariesitys. NSS. Luettu 15.8.2017.
- 39 Dynaaminen Kuormanhallinta. Verkkojulkaisu. Plugit Finland Oy. <Dynaaminen Kuormanhallinta. Seminaari esitys. Plugit Finland Oy. <<https://plugit.fi/fi-fi/article/etusivu/chago-latauslaitteiden-hallinta/483/>> Luettu 15.8.2017.
- 40 eV academy. 2017. yksityinen esitysdokumentti. Luettu 31.7.2017.
- 41 Sähköajoneuvojen lataaminen kiinteistöjen sähköverkoissa. 2015. Verkkojulkaisu. SESKO. <http://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat/lataussuositus_2014> Luettu 20.2.2017.
- 42 Toiminta sähköpulassa. Verkkojulkaisu. Fingrid. <<http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/voimajarjestelman-tila/Sivut/Toimintatehopulassa.aspx>> Luettu 3.8.2017.
- 43 uudet sähköauton latauspisteet. Verkkojulkaisu. Plugit Finland Oy. <<https://plugit.fi/fi-fi/article/ajankohtaista/uusia-sahkoauton-latauspisteita/561/>> Luettu 3.8.2017.
- 44 Sähköauton latauspaketit. Verkkojulkaisu. Helen sähköverkko Oy. <<https://www.helen.fi/sahko/taloyhtiot/sahkoautojen-lataus/latauspisteiden-hinnat/sahkoauton-latauspaketit/>> Luettu 6.7.2017.

