

Artur Tynys

SÄHKÖAUTOJEN LATAUSJÄRJESTELMÄN SELVITYS VANHAAN RIVITALOON

Opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka

2020



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä	Tutkinto	Aika
Artur Tynys	Insinööri (AMK)	Maaliskuu 2020
Opinnäytetyön nimi		
Sähköautojen latausjärjestelmän selvitys vanhaan rivitaloon.		60 sivua
Toimeksiantaja		
As Oy Sarkolanpuisto		
Ohjaaja		
Hannu Honkanen		
Tiivistelmä		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selvitys Asunto-osakeyhtiö Sarkolanpuistolle sähköautojen eri latausvaihtoehdoista, kiinteistön sähköjärjestelmän kapasiteetista ja latausjärjestelmän rakentamisesta. Opinnäytetyössä tarkasteltiin sähköautojen nykytilannetta Suomessa, verotusteknisiä asioita sekä käytiin läpi tarjolla olevia eri tukimuotoja. Lisäksi tutustuttiin voimassa oleviin määräyksiin ja standardeihin. Perehdyttiin latausteoriaan ja -tekniikkaan sekä eri valmistajien tarjolla oleviin tuotteisiin. Sähköautojen latausjärjestelmät ovat niin uusi asia, että tarvittava tieto laaja-alaiseen selvitykseen on pirstaloitunut usealle eri taholle. Tulevaisuudessa voisi kuvitella paikallisten sähkölaitosten tarjoavan enemmän avaimet käteen -toimituksia latausjärjestelmistä sisältäen selvitykset, suunnittelut ja toteutukset.</p> <p>Tämän selvityksen pohjatietona käytettiin kirjallisuutta, verkkojulkaisuja ja laitevalmistajien tuote-esitteitä. Lisäksi oltiin yhteydessä paikalliseen sähkölaitokseen, jolta saatiin sähköverkon tekniset lähtötiedot ja heidän näkemyksensä latausjärjestelmän rakentamisesta tähän kyseiseen kohteeseen. Tällä hetkellä Asunto-osakeyhtiö Sarkolanpuistossa ei ole yhdelläkään asukkaalla käytössä sähköautoa. Lähitulevaisuudessa tilanne saattaa kuitenkin muuttua, joten taloyhtiön yhtiökokouksessa olisi hyvä tehdä linjapäätös sähköautojen latauksesta. Tällöin kaikki sähköauton hankkimista harkitsevat asukkaat tietäisivät, millä tavalla lataus pysytään toteuttamaan ja miten heidän pitää siihen varautua.</p> <p>Tehtyjen selvitysten ja laskelmien avulla päädyttiin laatimaan kolme vaihtoehtoista tapaa toteuttaa sähköautojen lataus. Tavat ovat sidoksissa suoraan sähköautojen määrään ja rakentamisesta syntyviin kustannuksiin. Laskelmia tehdessä huomattiin, että suurimman osan ajasta kiinteistön sähköjärjestelmässä on reilusti reserviä sähköautojen latausta varten. Tehokkaan laajan latausjärjestelmän rakentaminen on kuitenkin kallista varsinkin, jos käyttäjiä ei ole kuin muutama. Esimerkkikohteeseen laajaa latausjärjestelmää rakentaessa kuormanhallinta tulee olemaan välttämätön osa teknistä toteutusta, jotta latausjärjestelmä pystyisi palvelemaan tasapuolisesti kaikkia käyttäjiä.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tehtyjen selvitysten avulla taloyhtiön hallitus pystyy siirtymään sähköautojen latausjärjestelmän suunnitteluvaiheeseen. Työssä on kerrottu kaikki tarvittava tietoa, jolla pystytään tekemään tarjouskyselyt laitetoimittajille ja urakoitsijoille.</p>		
Asiasanat		
sähköautojen lataus, sähköautot, lataus Suomessa, latausjärjestelmä		

Author	Degree	Time
Artur Tynys	Bachelor of Engineering	March 2020
Thesis title		
Study of electric cars charging system in old terraced house		60 pages
Commissioned by		
As Oy Sarkolanpuisto		
Supervisor		
Hannu Honkanen		
Abstract		
<p>The purpose of this thesis was to study for a Finnish condominium the different charging options for electric cars, the capacity of the building`s electrical system and the construction of a charging system. The thesis discusses the current situation of electric cars in Finland, taxation and different forms of support available. Existing regulations and standards were also introduced. Charging theory and technology were explored as well as the products available from different manufactures.</p>		
<p>Literature, online publications and manufacture`s product catalogies were used as the basis for this study. The local energy company provided the technical data about building`s power supply.</p>		
<p>Three alternative ways of charging electric cars are suggested in the thesis. The choice depends on the number of electric cars and the cost of construction. The electrical system of the building has reserve eelctricity for charging electric cars. However, building an efficient large-scale charging system is expensive, especially if there are only a few users. When building a large-scale charging system a load management system will be a necessary so that charging system can serve all the users equally.</p>		
<p>The reserch carried out in this thesis enables the board of the condominium to move into the design phase of the charging system for electric cars. Thesis provides all the information needed to inquire quotations from equipment suppliers and contractors.</p>		
Keywords		
electric car charging, electric cars, charging in Finland, charging system		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	SÄHKÖAUTOILUN HISTORIA	7
3	NYKYTILANNE SUOMESSA	9
3.1	Tavoitteet	10
3.2	Verotus	11
3.2.1	Autovero	12
3.2.2	Ajoneuvovero	13
3.3	Sähköauton hankintatuki	14
3.4	Avustus asuinrakennuksille	14
4	MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT	15
4.1	Tekniset vaatimukset	15
4.2	Latausaseman käyttöönottotarkastukset	17
4.3	Latausverkon ja latausasemien kunnonvalvonta	18
4.4	Latauslaite ja latausjohto	18
5	LATAUS SUOMESSA	19
5.1	Latausverkko	19
5.2	Kevyiden sähköajoneuvojen lataus (lataustapa 1, mode 1)	21
5.3	Hidas lataus (lataustapa 2, mode 2)	21
5.4	Peruslataus (lataustapa 3, mode 3)	22
5.5	Teholataus (lataustapa 4, mode 4)	24
5.6	Sähköajoneuvojen johdoton lataus	25
6	LAITEVALMISTAJAT	25
6.1	Ensto	26
6.2	Garol	30
6.3	Satmatic	33
6.4	Defa	36

7	ESIMERKKIKOHDE	38
7.1	Yleistä.....	39
7.2	Tekninen nykytila	39
7.3	Teoreettista suunnittelua	44
8	LATAUSRATKAISUT.....	46
8.1	Valmius yhdelle hybridille tai sähköautolle.....	46
8.2	Valmius muutamalle sähköautolle	47
8.3	Latausvalmius jokaiselle asunnolle.....	48
8.3.1	Uusi latauskeskus ja syöttökaapeli	53
8.3.2	Latauspisteiden ryhmäjohtojen mitoitus	56
8.3.3	Latausasemat	58
8.3.4	Kustannusarvio	59
9	YHTEENVETO	60
	LÄHTEET.....	61

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää asunto-osakeyhtiö Sarkolanpuistolle eri vaihtoehtoja sähköautojen latausmahdollisuuksien toteuttamisesta, kiinteistön sähköjärjestelmän kapasiteetin riittävyys ja kokonaisvaltaisen latausjärjestelmän rakentamisesta. Esimerkkikohde on vuonna 1975 valmistunut pieni seitsemän asunnon rivitalo. Etukäteen olleen käsityksen mukaan sähköautojen latauspaikkoja on rakennettu vanhoihin kiinteistöihin erittäin vähän varsinkin pääkaupunkiseudun ulkopuolella. Työssä tutustutaan sähköautojen nykytilanteeseen Suomessa ja verotuskäytäntöihin sekä tarjolla oleviin tukiin. Lisäksi käydään läpi keskeisimmät määräykset ja standardit sekä perehdytään lataustekniikoihin.

Latausjärjestelmän suunnittelua lähdetään tekemään selvityksen kautta, jossa tarkastellaan nykyistä liittymiskaapelia, pääkeskusta ja kiinteistön sähkökäytön historiaa. Selvityksen avulla voidaan määrittää reunaehdot, jolla erilaisten latausjärjestelmien toteutusta voidaan suunnitella. Työssä pohditaan useampaa eri toteutusta riippuen tarvittavien latauspisteiden määrästä kustannuksiin peilaten. Kiinteistön sähköjärjestelmä tulee omalta osaltaan olemaan reunaehto suunnittelulle, koska työssä ei selvitetä liittymiskaapelin ja pääkeskuksen uusimista. Laittevalmistajien laitteiden sopivuuden osalta selvityksessä turvaututaan tuotekuvastoihin ja niistä saatavaan informaatioon. Myöskään minkäänlaisia tarjouskyselyitä laitteista ja urakoista ei tulla tekemään. Taloyhtiön hallituksella tulee tätä opinnäytetyötä apuna käyttäen olemaan riittävästi lähtöteitoja suorittamaan tarvittavat tekniset tarkennukset ja tarjouskyselyt. Hallitus voi myös yhtiökokouksessa esitellä asian, ja yhtiökokous voi tämän jälkeen tehdä linjapäätöksen, jolla As Oy Sarkolanpuistossa sähköautojen latausasiaa lähdetään viemään eteenpäin.

2 SÄHKÖAUTOILUN HISTORIA

Sähköautojen historia ylettyy aina 1820-luvulle asti. Varmuudella ensimmäistä sähköauton keksijää ei voida nimetä, mutta tunnustusta on annettu useammalle henkilölle. Unkarilainen Ányos Jedlik kehitti vuonna 1828 pienoismallin autosta, jonka voimanlähteenä oli hänen suunnittelema sähkömoottori. Vuosien 1832–1839 aikana skotlantilainen Robert Anderson kehitti alkeellisen sähkökäyttöisen vaunun. Vuonna 1835 yhdysvaltalainen seppä Thomas Davenport rakensi pienoismallin sähköautosta. Davenport oli myös ensimmäisen Yhdysvalloissa rakennetun tasavirtamoottorin keksijä. Vuonna 1865 ranskalainen keksijä Gaston Plante kehitti ensimmäisen ladattavan lyijyakun. Tämän tyyppisiä lyijyakkuja on käytetty autoissa tähän päivään asti. Vuonna 1899 Belgiassa rakennettu Camille Jénatzyn suunnittelema sähkökäyttöinen kilpa-auto nimeltään ”Le Jamais Contente” rikkoi ensimmäisenä maantieajoneuvona 100 km/h nopeusrajan. [1.]

1800-luvun lopussa Ranska ja Iso-Britannia olivat ensimmäiset maat, jotka tukivat sähköajoneuvojen laajaa kehitystä. Vuosisadan vaihteessa Yhdysvallat oli vauras ja markkinoilla oli höyry-, sähkö- ja polttomoottorisia autoja. Vuosina 1899–1900 sähköautoja myytiin Yhdysvalloissa enemmän kuin minkään muun tyyppisiä autoja. Sähköautoilla oli monia etuja verrattuna kilpailijoihinsa. Sähköautot olivat hiljaisia, helppoja ajaa ilman vaihteita ja kytkintä sekä kulkivat tasaisesti ilman pakokaasuja. Ainoat hyvät tiestöt olivat kaupungeissa, mikä tarkoitti, että suurin osa matkoista oli lyhyitä. Tämä oli täydellinen tilanne sähköautoille, koska niiden käyttösäde oli rajallinen. Vaikka ensimmäiset perussähköautot maksoivat alle 1000 dollaria, ne olivat koristeellisia ja massiivisia vaunun tyyppisiä suunniteltu ylemmälle luokalle. Vuoteen 1910 mennessä sähköautojen keskimääräiset hinnat olivat nousseet 3000 dollariin. Vuonna 1912 sähköautojen määrä saavutti Yhdysvalloissa huippunsa. [1.]

Sähköautojen suosion laskuun vaikutti moni tekijä. Vuonna 1912 Charles Kettering keksi sähköisen starttimoottorin. Tämä teki polttomoottoriautoista helpompia ja turvallisempia käynnistää, kun käynnistyskampea ei enää tarvittu. Texasista löydettiin huomattavia öljyesiintymiä, minkä seurauksena bensiinin hinta halpeni sellaiselle tasolle, ettei autoilijoiden tarvinnut juuri miettiä poltto-

aineen hintaa. 1920-luvulle mennessä Yhdysvaltojen tieverkko kehittyi ja kaupungit yhdistettiin toisiinsa. Tämä tarkoitti, että ajoneuvoilta vaadittiin entistä pidempää käyttöikästä. Vuonna 1914 Henry Ford aloitti polttomoottorisen Fordin T-mallin liukuhihnatuotannon. T-malli oli laajasti saatavilla oleva kohtuuhintainen malli. T-mallin hinta varustuksesta riippuen oli 500–1000 dollaria, kun vastaavan sähköauton hinta oli noin 1750 dollaria. [1.]

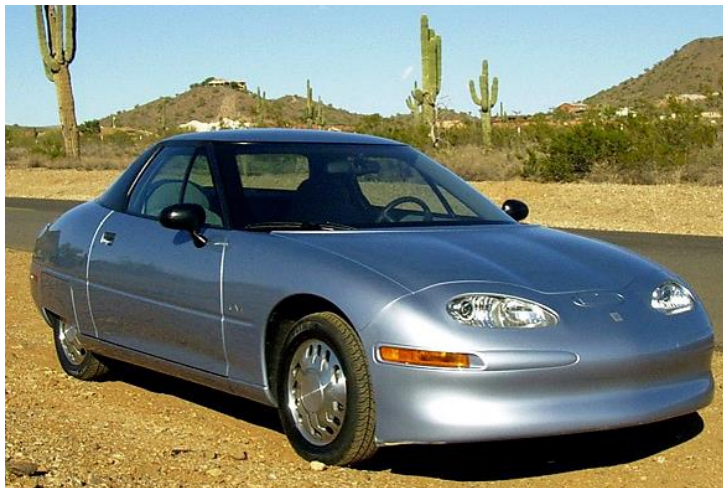
Sähköautojen käyttöä ja kehitystä hankaloitti Yhdysvalloista tehty päätös siirtää sähkönsiirrossa vaihtovirtaan. Tämä teki teknisesti vaikeaksi järjestää tasavirtakäyttöisten sähköautojen lataamisen, koska tasasuuntaajaa ei oltu vielä keksitty. 1930-luvun loppuun mennessä sähköautojen tuotanto oli kokonaan lopetettu ja akkujen varassa liikkuvien sähkökulkuneuvojen käyttö oli rajoittunut vain erityskäyttöön muun muassa teollisuudessa. [1.]



Kuva 1. Krieger Companyn Brougham mallin sähköauto. [2.]

Yhdysvalloissa on 1980-luvulta alkaen tuettu sähköautoja verohelpotuksin. Suurista ilmansaasteista kärsivä Kalifornian osavaltio päätti vuonna 1990, että vuoteen 2003 mennessä 10 prosenttia kaikista osavaltiossa myytävistä autoista pitäisi olla kokonaan päästöttömiä. Se pisti vauhtia autoteollisuuteen. Maailman suurin autovalmistaja General Motors eli GM toi 1990-luvun puolivälissä markkinoille sporttisen ja tehokkaan EV1-sähköauton. EV1:n käyttäjissä

oli muun muassa paljon filmitähtiä ja käyttäjät olivat valtavan tyytyväisiä autoihinsa. Myös japanilaiset alkoivat valmistaa sähköautoja Kalifornia mielessään. Mutta EV1-autot olivat kaikki leasing-autoja. Öljy- ja autoteollisuus lobasi ankarasti Kalifornian päästötön auto -määräyksiä vastaan ja lopulta ne kumottiin. Sen jälkeen GM ei ainoastaan vetänyt kaikkia EV1-autoja pois, vaan ne myös kaikki romutettiin. Näin siitä huolimatta, että useimmat autojen käyttäjät olisivat halunneet ostaa ne. Kun sähköautoissa tuolloin käytetyn akkutekniikan, nikkelimetallihydridi-akkujen, patentit vielä päätyivät öljy-yhtiö ChevronTexacon haltuun, sähköautojen vauhti pysähtyi 2000-luvun alussa. [3.]



Kuva 2. General Motors EV1 sähköauto. [4.]

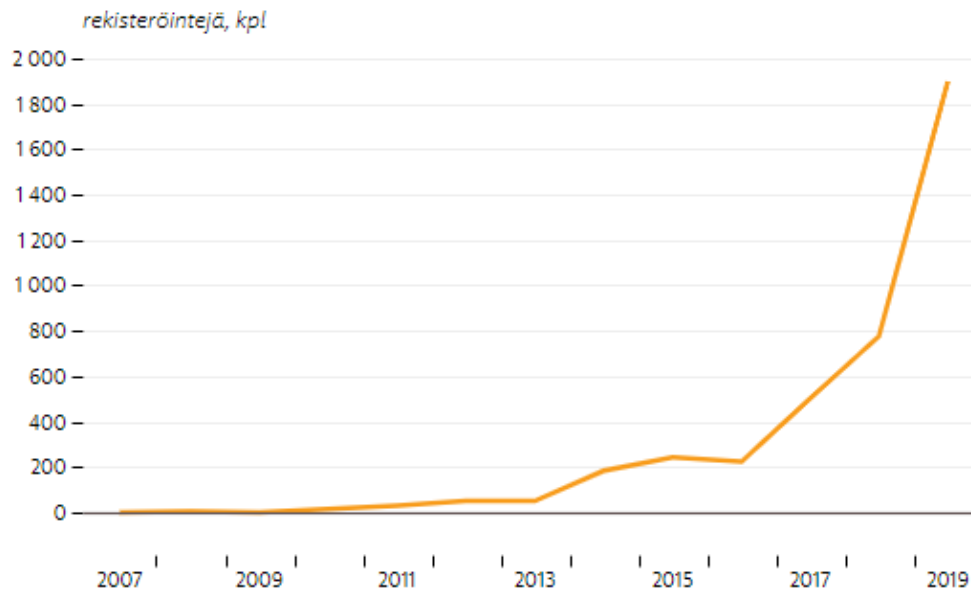
Myös japanilaiset Honda ja Toyota olivat alkaneet valmistaa sähköautoja Kalifornian markkinoille. Honda seurasi Yhdysvaltojen suurten yhtiöiden esimerkkiä ja lopetti leasing-ohjelmansa sekä tuhosi sähköautonsa murskaamalla. Toyota lopetti sähköautonsa tuotannon, mutta tarjosi jo valmistetut sähköautot sekä vuokralle että ostettaviksi. Toyota myös jatkaa sähköautojensa huolto- palveluita. [5.]

3 NYKYTILANNE SUOMESSA

Sähköautojen määrä maamme liikenteessä on kasvanut voimakkaasti parina viime vuonna. Sähkökäyttöisten henkilöautojen rekisteröinnit lisääntyivät vuonna 2019 verrattuna vuoteen 2018 yli 140 prosenttia. Vuonna 2019 sähköautoja ensirekisteröitiin yhteensä 1897 kpl, kun vuonna 2018 vastaava luku oli

776. Vuoden 2020 alussa Suomessa on liikennekäytössä noin 4301 kpl sähköautoa ja 19 061 kpl ladattavaa hybridautoa. Alla olevassa kuvassa 3 näkyy sähköautojen rekisteröintimäärä vuodesta 2007 alkaen.

Sähköautojen ensirekisteröinnit Suomessa vuosina 2007 - 2019.



Lähde: Liikenne ja viestintävirasto (Traficom)

Kuva 3. Sähköautojen ensirekisteröinnit Suomessa. [6.]

3.1 Tavoitteet

Suomen kansalliset tavoitteet ovat, että vuonna 2020 sähköautoja ja ladattavia hybridautoja olisi 20 000 kpl ja julkisia latauspisteitä vähintään 2 000 kpl. Suomen pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta. Ilmaston lämpenemistä aiheuttavista kasvihuonekaasuista noin 80 % on peräisin energian tuotannosta ja kulutuksesta mukaan lukien liikenne. [7.]

Kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöt muodostavat noin viidenneksen Suomen kasvihuonepäästöistä ja noin 28 % energiasektorin päästöistä. Selkeästi suurin osa kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöistä ja energiankulutuksesta muodostuu tieliikenteestä. Noin 90 % kotimaan liikenteen päästöistä syntyy tieliikenteessä. Tieliikenteen päästöistä noin 58 % aiheutuu henkilöautoliikenteestä. Nopein keino liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi on liikenteen nykyisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla tai nykyistä vähäpäästöisimmillä polttoaineilla tai käyttövoimalla. [8.]

EU-lainsäädännön mukaan Suomen tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjään 39 prosentilla vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon. Päästötavoite koskee päästökaupan ulkopuolisia sektoreita eli ns. taakanjakosektoria. Taakanjakosektorin piiriin kuuluu liikenteen osalta mm. tieliikenteen päästöt. Taakanjakosektorilla merkittävin päästövähennyspotentiaali on liikenteessä, sillä liikenteen päästöt muodostavat taakanjakosektorin päästöistä noin 40 prosenttia. Kansallisella tasolla Suomi onkin sitoutunut puolittamaan liikenteen päästöt vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon. Suurin vähennyspotentiaali on tieliikenteessä. [8.]

Sähköautot ovat tämän hetken teknologioista ainoa, joka vähentää merkittävästi paitsi liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä, myös energiankulutusta. Akkusähköauton hyötysuhde on 50–70 %, kun polttomoottoriauton luku parhaimmallaan on alle 25 %. Suomen sähköntuotannon CO₂-ominaispäästöt ovat jo nyt hyvin matalat ja alenevat entisestään päästökaupan ohjaamana, joten sähköautoilun tuoma päästöjen lisäys päästökaupasektorilla on Suomessa suhteellisten pientä. Sähkön hyödyntäminen liikenteen käyttövoimana ei aiheuta merkittäviä tarpeita lisätä sähköntuotannon kapasiteettia, mikäli sähköautojen lataaminen ajoitetaan pääsääntöisesti sähkön kulutuksen hiljaisempiin aikoihin. Tulevaisuudessa akkujen latausajankohtaa voi älykkään latauksen avulla säädellä ja siten tuoda merkittävän kysyntäjoustokohteen sähkömarkkinoille. Lisäksi sähköautot vähentävät meluhaittaa ja ilmansaasteita. [7.]

Sähköautojen määrä on vähintään 250 000 kpl vuonna 2030. Sähköautojen yleistymiseen vaikuttaa autokannan uusiutumisenopeus sekä teknologioiden ja infrastruktuurin kehittyminen. EU:n tiukkenevien päästöstandardien myötä sähköautojen mallivalikoima laajenee ja saatavuus paranee merkittävästi lähivuosina. Autonvalmistajien markkinatoimien ennakoitaan muuttuvan vähäpäästöisiä autoja suosiviksi. [7.]

3.2 Verotus

Kuten kaikkea autoilua Suomessa, myös sähköautoilua verotetaan eri tavoin niin autoveron, ajoneuvoveron kuin auton käyttämiseen tarvittavan sähköveron muodossa. Kotona tai taloyhtiössä auton lataamiseen käytetystä sähköstä

maksetaan sähkölaskun yhteydessä normaali sähkövero. Työpaikoilla suoritettava lataus ei ole niin yksiselitteinen.

Kun palkansaaja käyttää työnantajansa kustantamaa sähköä työpaikalla oman autonsa tai auton käyttöedun perusteena olevan auton lataamiseen käytöstä muodostuvan luontoisedun raha-arvo on luontoisetupäätöksen 25§:ssä määritelty kiinteä kuukausiarvo 30 € kuukaudessa. Jos palkansaaja lataa työnantajansa kustantamalla sähköllä työnantajalta vapaana autoetuna saamansa autoa, palkansaajalle ei muodostu lataamiseen käytetystä sähköstä erillistä veronalaista etua, sillä vapaan autoedun arvoon sisältyy myös auton käyttövoimakustannusten arvo. [9.]

3.2.1 Autovero

Autovero maksetaan kertaluontoisesti sekä uusien että käytettynä maahan tuotujen autojen rekisteröinnin yhteydessä. Veroprosentin suuruus perustuu autoissa pääsääntöisesti auton valmistajan ilmoittamiin hiilidioksidipäästöihin (g/km), jotka vastaavat auton yhdistetyn kaupunki- ja maantieajon polttoaineen ominaiskulutusta (l/100km). [10.]

Veroprosentin suuruus muuttuu päästömäärän mukaan siten, että se nousee hiilidioksidipäästöjen suurentuessa. Autoverolle on määrätty enimmäis- ja vähimmäisprosentit. Autoveron osuus uuden auton kuluttajahinnasta on vuonna 2020 vähintään 2,7 prosenttia ja enintään 48,9 prosenttia. Käytettynä Suomeen tuotavien autojen autovero määräytyy samanlaisen Suomessa jo aikaisemmin rekisteröidyn ajoneuvon verotason mukaan. Autoveroa määrätessä veroviranomaisen tulee varmistua siitä, että maahantuotavalle autolle ei määrätä enemmän veroa kuin vastaavissa Suomen rekisterissä olevissa autoissa on jäljellä. Käytettyjen autojen hinnat perustuvat markkinoilta kerättyihin hintahavaintoihin, joiden perusteella tehdään tilastollinen hinta-analyysi. [11.]

Nollapäästöisiin uusiin sähköautoihin pätee verotaulukon alin veroprosentti, joka on vuonna 2020 2,7 prosenttia.

1365/2018

Liite

VEROTAULUKKO 1 A

Auton CO ₂ -päästöt (g/km)	3.–31.12.2018 sovellettava veroprosentti	1.1.2019 ja sen jälkeen sovellettava veroprosentti
0	3,3	2,7
1	3,3	2,7
2	3,3	2,7
3	3,3	2,7
4	3,4	2,7
5	3,4	2,8
6	3,4	2,8
7	3,4	2,8
8	3,5	2,8
9	3,5	2,8
10	3,5	2,8

Kuva 4. Uusien autojen päästöjen mukainen verotaulukko 1A [12.]

3.2.2 Ajoneuvovero

Ajoneuvovero jakaantuu perusveroon ja käyttövoimaveroon. Verokausi on 12 kuukautta. Ajoneuvovero perustuu auton valmistajan ilmoittamiin hiilidioksidipäästöihin (g/km). Autojen, joiden ainoa käyttövoima on sähkö, perusvero määräytyy päästötaulukon alimman veron mukaan.

1.1.2020 alkaen hiilidioksidipäästöltään 0 g/km olevan sähköauton perusvero on 53,29 € /365 pv. Sähköautojen käyttövoimaveron vuonna 2020 on 1,5 Snt/pv/100kg. [13.]

3.3 Sähköauton hankintatuki

Sähköauton hankintatuki tuli voimaan vuoden 2018 alusta. Uuden sähköauton ostaja tai pitkäaikaisvuokraaja voi saada 2000 euroa valtion hankintatukea vuosina 2019–2021. Hankintatuen saa suoraan autokaupassa ostettavan sähköauton hinnan alennuksena. [14.]

Hankintatuen edellytyksenä on:

- Auto on täyssähköinen henkilöauto.
- Ostaja tai vuokraaja on yksityinen henkilö.
- Vuokraaja sitoutuu vuokraamaan auton yksinomaan omaan käyttöönsä vähintään kolmeksi vuodeksi.
- Auton kokonaishinta on enintään 50 000 euroa sisältäen arvonlisäveron ja autoveron.
- Auto ei ole ollut aikaisemmin rekisterissä.
- Auto on ensirekisteröitävä 1.1.2018 – 30.11.2021.
- Auton hankintaan ei ole käytetty romutuspalkkiota.
- Valtion talousarviossa avustuksen maksamista varten varattua määrärahaa on käytettävissä (Määrärahaa on kohdistettu hankintatukeen ja muuntotukeen yhteensä 6 miljoonaa euroa vuodessa.) [14.]

3.4 Avustus asuinrakennuksille

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus myöntää avustusta asuinrakennuksen omistaville yhteisöille sähköautojen latauspisteiden edellyttämiin kiinteistöjen sähköjärjestelmiin kohdistuviin muutoksiin. Avustuksella edistetään sähköautojen kotilatausmahdollisuuksien yleistymistä ja siten sähköautokannan kasvua kansallisen ilmasto- ja energiastrategian mukaisesti. [15.]

Avustusta voivat hakea asuinrakennuksen omistavat yhteisöt esim. taloyhtiöt, vuokrataloyhteisöt sekä niiden omistavat pysäköintiyhtiöt. Avustukseen sovelletaan de minimis -asetusta, jolloin yhden tuensaajan kumulatiivinen tuki voisi olla 3 vuoden aikana enintään 200 000 euroa. Tämä koskee taloudellisia toimijoita, kuten vuokrataloyhtiöitä. Avustus on 35 % toteutuneista kustannuksista, kuitenkin enintään 90 000 euroa. Edellytyksenä avustukselle on, että yhteisö rakentaa valmiuden vähintään viidelle latauspisteelle. Avustusta voi

saada myös latauslaitteiden hankintaan. Vuoden 2020 alusta lähtien avustusta on voinut saada korotettuna, jos vähintään puolella avustuksella toteutettavista latauspisteistä voi ladata vähintään 11 kW:n teholla. Tällaisen hankkeen avustus on 50 % koko hankkeen hyväksytyistä toteutuneista kustannuksista. Kuormanhallintajärjestelmän käyttö latauskuorman tasaamisessa on sallittua tarpeen mukaan. [15.]

Avustettavia kustannuksia ovat [15]:

- Tarvekartoitus
- Hankesuunnittelu, jos hanke toteutuu
- Sähköpääkeskukseen tarvittavat muutostyöt
- Sähköliittymän tyyppin muutos
- Putkitukset ja kaapeloinnit sekä niihin liittyvät maanrakennustyöt
- Latauslaitteet vain, jos ne ovat tuen saajan omistuksessa.

4 MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT

Kaikkien sähköajoneuvojen lataamiseen käytettävissä sähköverkoissa ja niiden suunnittelussa on noudatettava pienjänniteasennuksia käsiteltävässä standardisarjassa SFS 6000 esitettyjä perusvaatimuksia. Standardissa SFS 6000-7-722 annetaan erityisvaatimuksia sähköajoneuvojen lataamiseen tarkoitetuille asennuksille. [16.]

4.1 Tekniset vaatimukset

Kaikki sähköautoja vaihtosähköllä syöttävät latauspisteet on suojattava mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojalla. Vaatimus koskee myös kotitalouspistorasioita, joita käytetään sähköautojen lataukseen. Jos vikavirtasuojat asennetaan lämmittämättömiin tiloihin, niiden pitää kestää riittävästi pakkasta eli merkintä -25 °C lumihuhtalesymbolin sisällä. [16.]

Jokainen latauspiste on suunniteltava omaksi virtapiirikseen eli oman ylivirtasuojan ja vikavirtasuojan taakse. Samaan piiriin voi kytkeä myös ajoneuvon lämmityksen. Tällä tavalla varmistetaan, etteivät yhden latauksen häiriössä myös muut lataukset häiriinny. Jokainen latauspiste tulee suojata vähintään 30 mA:n A-tyypin vikavirtasuojalla. Jos käytetään varsinaisia SFS 62196:n

mukaisia latauspistorasioita tai latauspistokkeita, tulee jokainen latauspiste suojata B-tyypin vikavirtasuojalla tai A-tyypin vikavirtasuojalla yhdistettynä 6 mA:n tasasähkövikavirran poiskytkävän laitteen kanssa. Kaikissa latausasemissa ei ole vikavirtasuojia valmiina. [17.]

Latauspiireihin eli pistorasiaa syöttävään ryhmäjohtoon saa liittää vain sähköautojen syöttöön ja lämmittämiseen tarkoitettuja piirejä. Ryhmäjohdolla tarkoitetaan ylivirtasuojan suojaamaa sähköpiiriä, joka kytketään suoraan kulutuskojeeseen tai pistorasiaan. Jos pistorasia on suojattu latausasemassa olevalla ylivirtasuojalla, esim. varokkeella tai johdonsuojakatkaisijalla, ryhmäjohto on latausaseman tai laitteen sisäinen latauksen syöttöpiiri. Jos syötetään vain yhtä ajoneuvoa, pitää varautua sen täyden tehon syöttämiseen, joten tasoituskerroin on yksi. Jos sähköjärjestelmästä syötetään useita latauspisteitä, voidaan tehonrajoituksen avulla käyttää pienempää tasoituskerrointa koko järjestelmälle ja mitoittaa latausasemia syöttävät johdot sen mukaisesti ottaen huomioon myös turvajärjestelmien tarvitseman tehoreservin. Latausasemien syötössä voidaan käyttää myös ketjutusta edellyttäen, että syöttöjohdon on mitoitettu riittäväksi. Jotta liittymän kokoa ei tarvitsisi kasvattaa, kuormanohjauksen avulla voidaan jakaa käytettävissä oleva teho käytössä olevien latauspisteiden kesken. Jos käytössä on vähän latauspisteitä, yksittäistä latauspistettä voidaan syöttää suuremmalla teholla. Latausverkko suunnitellaan niin, että latauspistekohtainen ohjaus ja tarvittaessa mittaus on mahdollista. Lisäksi suositellaan vaiheiden vuorottelua, koska suurin osa autoista ottaa vastaan vain yhden tai kahden vaiheen tehon. Joidenkin automallien akustot eivät lataudu, jos kiertosuunta on väärä ja siksi vaihejärjestys on syytä tarkistaa. [16.]

Maakaapelit asennetaan suojaputkeen, jolloin myöhemmin kaapelit voidaan helposti vaihtaa suurempiin ja asentaa mahdollisesti tarvittavia tiedonsiirtokaapeleita. Kaapeloinnin lisäputkia kannattaa asentaa latauspisteiden lisäämisen helpottamiseksi. Latausjärjestelmän kaapelointi lisää palokuormaa ja varsinkin maanalaisissa tiloissa suositellaan käytettäväksi halogeenittomia ja vähäisen savunmuodostuksen luokituksen mukaisia kaapeleita. Kaapelien tarkemmat luokitukset löytyvät standardista SFS-6000-5-52 liitteestä 52X. [16.]

Sähköautojen syöttöön tarkoitettu piiri sisältäen suojalaitteet, kaapelit ja pistokytkimet mitoitetaan siten, että piiri kestää sähköauton pitkäaikaista lataamista

täydellä kuormituksella myös lämpimänä vuodenaikana. Mitoituksen pitää perustua vähintään 30 °C ilman ja 20 °C maan lämpötilaan. Latauspisteen rakenteessa ja sijoituspaikassa on otettava huomioon mahdollinen lumen kintuminen ja pölyäminen sekä muut ulkoiset erityisolosuhteet kuten maantiesuolan aiheuttama korrosio. [16.]

Ilman turvasulkuja olevat pistorasiat on sijoitettava lukittuun koteloon tai vähintään 1,7 metrin korkeudelle maasta, jotta pienet lapset eivät pääse niihin käsiin. Tämä vaatimus ei koske esimerkiksi lataustavan 3 pistorasiaa, joka on jännitteetön, kunnes sen vastakappale on kytketty. Latausjohto pistokkeineen voi olla myös latausaseman osa, jolloin pistorasioita ei tarvita. Kuitenkin pitää ottaa huomioon edellisen kohdan mukainen vaatimus siitä, että ilman turvasulkuja olevat pistokkeet sijoitetaan lasten ulottumattomiin. [16.]

Latauslaitteisiin voidaan asentaa käyttäjän tunnistusmenetelmä, kuten lukitus tai korttitunnistus ja sähkön mittaus. Liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelun laki 478/2019 suosittelee, että julkiset latauspisteet suositellaan varustettavaksi älykkäällä sähköenergian mittauksella. Mittarointeja tehtäessä otetaan huomioon Valtioneuvoston asetus 66/2009 sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. Sähköauton lataamisen käytetyn laskutettavan sähköenergian mittaamisessa on otettava huomioon mittauslaitelain 707/2011 vaatimukset mittauksille. [16.]

4.2 Latausaseman käyttöönottotarkastukset

Latausaseman syöttö on kiinteää asennusta. Latausasema on sähkölaite, jota koskee laitestandardi. Sähköturvallisuuslain edellyttämä käyttöönottotarkastus tulee tehdä kiinteille asennuksille. Sähkölaitteiden eli latausaseman toimintatarkastus tulee toteuttaa laitevalmistajan ohjeiden mukaan. [16.]

Latausaseman syöttökaapelin käyttöönottotarkastuksessa [16]:

- Tehdään aistinvaraiset tarkastukset.
- Mitataan suojamaadoitusjohtimen jatkuvuus.
- Todetaan vikasuojauksen toimivuus.
- Mitataan eristysresistanssi.
- Tarkastetaan erillinen vikavirtasuojaja.

- Vikavirtasuojan ollessa latausasemassa tulee vikavirtasuojaa tarkastaa ja mitata latausaseman valmistajan ohjeiden mukaan.
- Vaikka latausasemassa olisi B-tyyppin vikavirtasuojaa, riittää sen toiminnan tarkastaminen sinimuotoisella vikavirralla.
- Tärkeää on myös tarkastaa kaapelireitti, ettei syöttökaapeli kulje määräysten vastaisesti lämpöerityksen sisällä.

Latausaseman valmistajan asennusohjetta on noudatettava, ja mikäli latausaseman toimintatestinä vaaditaan muita tarkistuksia tai mittauksia, on nämä toteutettava täyden toimivuuden ja takuun varmistamiseksi. [16.]

4.3 Latausverkon ja latausasemien kunnonvalvonta

Pistokytkimet ja ajoneuvopistokkeet kuluvat ja likaantuvat, joten niiden kunto pitää tarkastaa säännöllisesti luotettavan ja turvallisen toiminnan takaamiseksi valmistajan ohjeiden mukaisesti. Vikavirtasuojat pitää testata laitteen omalla testipainikkeella laitevalmistajan ohjeiden mukaan. Vikavirtasuojille, pistokytkimille ja muille säännöllistä huoltoa ja tarkastusta vaativille laitteille suositellaan laadittavaksi kirjallinen kunnossapito-ohjema. [16.]

4.4 Latauslaite ja latausjohto

Turvallisuuden ja oikean toiminnan varmistamiseksi käytetään testattuja ja turvalliseksi ja toimiviksi todettuja latauslaitteita. Turvallisuus ja toiminnallisuus sähkömagneettisten häiriöiden osalta varmistetaan käyttämällä standardien mukaisia laitteita. Sähköautoa voidaan ladata turvallisesti vaatimusten mukaisella latausjohdolla. Standardi SFS-EN 50620 määrittelee latausjohdon kaapeliosan vaatimukset ja standardin mukainen kaapeli kestää käsittelyn -35 °C lämpötilassa. Latauslaitteita tai muita lataukseen käytettäviä komponentteja hankittaessa on otettava huomioon, että EU:n ulkopuolelta tuotujen sähkölaitteiden turvallisuudesta ja vaatimuksenmukaisuudesta vastaa laitteen maahantuojaja. Hitaassa latauksessa käytettävän latauslaitteen ja suojalaitteyksikön vaatimukset ja turvallisuusmääräykset on määritelty standardissa SFS-EN 62752. [16.]

5 LATAUS SUOMESSA

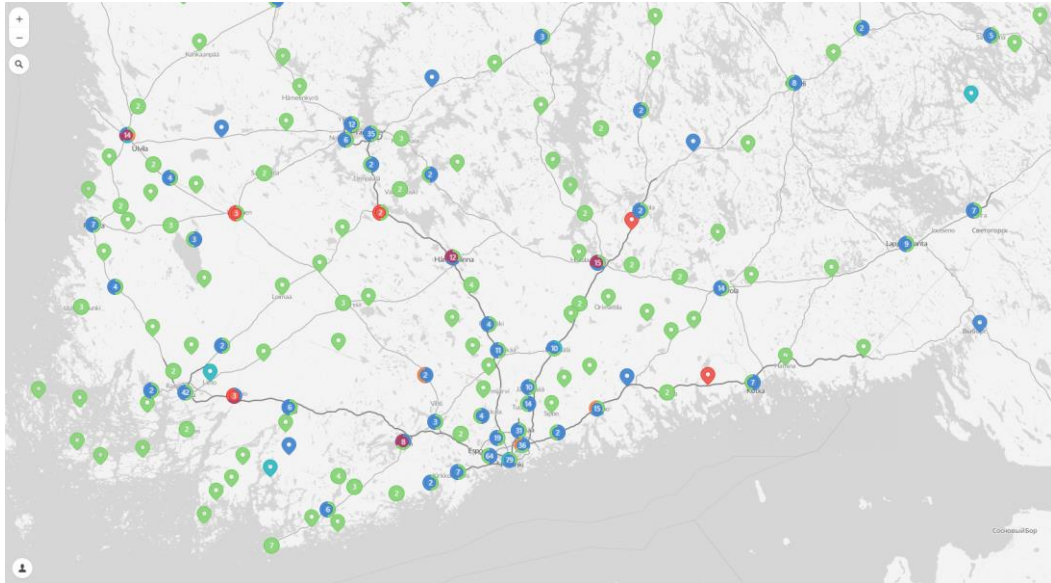
Sähköauton lataaminen vaatii suuren tehon ja/tai se kestää pitkän aikaa. Latausta tehdään myös kesähelteillä. Tämän takia olemassa olevat sähköasennukset eivät yleensä sovellu kunnolliseen sähköautojen lataamiseen ilman muutoksia. Sähköautojen lataamiseen on käytettävä niiden lataamiseen suunniteltuja tai muutoin latauskäyttöön sopiviksi todettuja latauspisteitä. Suositeltavin ja myös helppokäyttöisin lataustapa on sähköalan ammattilaisen asentama kiinteästi sähköasennukseen liitetty lataustavan 3 latausasema, jonka tyyppin 2 latauskaapelissa on ajoneuvoon sopiva pistoke. [16.]

Suurin osa ladattavista hybrideistä kykenee vain vaihtosähkölataukseen ja yleensä korkeintaan 1-vaiheisena enintään 3,7 kW tehoon. Useimmiten vähimmäislatausvirta on 6 A, jolla lataus käynnistyy. On olemassa joitain näistä poikkeavia ladattavia hybridejä, jotka kykenevät suurempiin, jopa 10 kW vaihtosähkön lataustehoihin sekä vielä tehokkaampaan tasasähkölataukseen. [17.]

Täyssähköautojen vaihtosähkölataukset ovat usein kansainvälisten sähköjärjestelmien ohjaamana 1-vaiheisia latauksia. 3-vaiheisia latauksia ei ole välttämättä saatavilla tai nämä saattavat olla auton hankinnassa lisäoptioita. Vaihtosähkölataustehot ylettävät yleensä 1-vaiheisina 7,4 kW tehoon asti, mutta jotkut autot lisäoptioiden kanssa kykenevät jopa 22 kW vaihtosähkölataukseen. Joidenkin autojen osalta vähimmäislataus 1-vaiheisena on 3 kW eli tätä pienemmällä mahdollisella teholla lataus ei lähde edes käyntiin. Täyssähköautojen tasasähkölatauksien tehot lähtevät yleisesti 50 kW tehosta ylöspäin, ja 100 kW ja suuremmat lataustehot yleistyvät. [17.]

5.1 Latausverkko

Tilastojen mukaan vuoden 2019 lopulla Suomessa oli 3113 julkista latauspistettä ja 299 julkista pikalatauspistettä [18]. Suurin osa latauspisteistä keskittyy pääteiden varsiin huoltoasemien pihoille ja kaupunkien alueilla kauppakeskukseen, hotelleihin ja vähittäistavarakauppojen pihoille. Kaupunkien keskustoissa latauspisteitä on aktiivisesti sijoitettu myös erilaisten virastojen, toimistojen kuin yleisten parkkipaikkojen yhteyteen. Alla olevassa kuvassa 5 näkyy kartalla Etelä-Suomesta löytyvät latauspisteet.

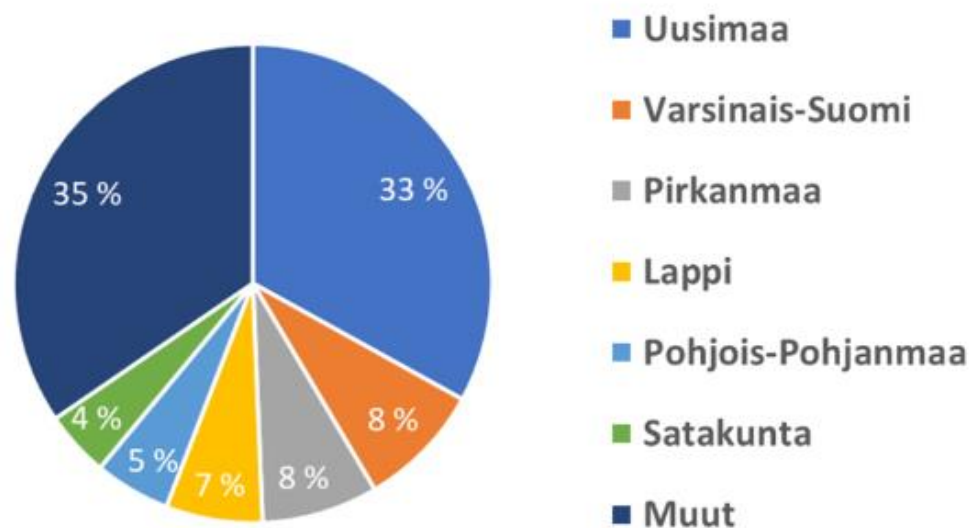


Kuva 5. Sähköautojen latausverkko [19.]

Alla olevassa kuvassa 6 on esitetty latausverkoston jakauma maakunnittain. Tästä nähdään heti, että siellä, missä on eniten asukkaita, on myös eniten potentiaalisia latauspaikkojen tarvitsijoita. Uudellamaalla on maakunnista ylivoimaisesti eniten latauspaikkoja, kolmasosa koko Suomen latauspaikoista.

Latausverkoston jakauma maakunnittain Q4/2019

Jakauma latauspaikkojen mukaan



Kuva 6. Latausverkoston jakauma maakunnittain [18.]

Vanhemmissa julkisissa latauspisteissä voi olla mikä tahansa yleisesti käytössä oleva latauspistorasia tai kiinteä latauskaapeli. Uusia latauspisteitä koskevat tekniset määräykset löytyvät Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivistä 2014/94/EU.

Peruslatauksen latauspisteet on varustettava yhteentoimivuuden varmistamiseksi vähintään standardissa EN 62196-2 kuvatulla tyyppin 2 latauspistorasialla tai latauskaapelilla. Teholatauksen vaihtovirtalatauspisteet on varustettava vähintään standardissa EN 62196-2 kuvatuilla tyyppin 2 liittimillä. Teholatauksen tasavirtalatauspisteet on varustettava vähintään standardissa EN 62196-3 kuvatuilla yhdistettyjen latausjärjestelmien Combo 2 -liittimillä. [20]

Energiavirasto järjesti syyskuussa 2019 sähkö- ja kaasujoneuvojen lataus- ja tankkausverkoston laajentamista edistävän tukikilpailutuksen. Tuen kohteena ovat lataus- ja kaasutankkausverkkojen laajentamiseen liittyvän investoinnit. Tuen vuosittainen rahamäärä on 1,5 miljoonaa euroa. [18.]

Tarjouskilpailutuksen ryhmät latausverkolle olivat [18]:

- Paikallisen joukkoliikenteen latausjärjestelmät
- Ajoneuvojen suurteholatausjärjestelmät
- Ajoneuvojen peruslatausjärjestelmät.

5.2 Kevyiden sähköajoneuvojen lataus (lataustapa 1, mode 1)

Kevyeen pienitehoiseen sähköajoneuvoon (sähköpolkupyörät, -skootterit, yms.) tarkoitettua laturia syötetään vaihtosähköllä maadoitetusta hyväkuntoisesta 230 V kotitalouspistorasiasta, joka on suojattu kiinteään asennukseen kuuluvalla 30 mA vikavirtasuojalla. [16.]

5.3 Hidas lataus (lataustapa 2, mode 2)

Jos ei ole käytettävissä varsinaista sähköauton lataustapaa 3 ja sen mukaista latauspistorasiaa tai latauskaapelia, voidaan käyttää hidasta lataustapaa. Ajoneuvo liitetään latauspisteeseen vaatimusten mukaisella latausjohdolla, jossa on standardin SFS-EN 62752 mukainen ohjaus- ja suojalaiteyksikkö. Latausjohdon suojalaiteyksikkö on tuettava niin, ettei pistorasiaan kohdistu vääntö- eikä vetorasitusta. [16].

Sähköautoa syötetään vaihtosähköllä auton lähellä olevasta SFS 5610:n mukaisesta kotitalouspistorasiasta tai SFS-EN 60309:n mukaisesta teollisuuspistorasiasta esimerkiksi autolämmityspistorasiasta. Kotitalouspistorasian käytölle on kuitenkin rajoituksia. Kotitalouspistorasiat on usein suojattu 10 A sulakkeella tai johdonsuojakatkaisijalla. Kokemus on osoittanut, että kotitalouspistorasia ei kestä jatkuvasti 16 A mitoitusvirtaansa varsinkaan, jos kyse on pitkään käytössä olleesta vanhasta pistorasiasta. [16.]

Sähköautoa ja ladattavaa hybridiä voidaan ladata kotitalouspistorasiasta edellyttäen, että ajoneuvon ottama pitkäaikainen latausvirta on rajoitettu 8 ampeeriin standardin SFS-EN 62752 mukaisesti. Vakuutusyhtiön voivat asettaa vakuutusehdoissaan ja suojeluohjeissaan lisävaatimuksia kotitalouspistorasian käytölle sähköauton lataamiseen. Teollisuuspistorasiaa voidaan kuormittaa mitoitusvirrallaan pitkiä aikoja. [16.]

5.4 Peruslataus (lataustapa 3, mode 3)

Tämä on suositeltavin sähköajoneuvojen lataustapa niin omakotitaloissa kuin taloyhtiöissä tai työpaikoilla. Sähköautossa olevaa laturia syötetään vaihtosähköllä autoon kuuluvalla latauskaapelilla erityisestä standardin SFS-EN 62196-2 mukaisesta tyypin 2 latauspistorasiasta, joka on kiinteänä osana latausasemaa. [16.]



Kuva 7. Tyypin 2 latauspistorasia ja latauskaapeli. [21.]

Latausvirta voi olla jopa 63 A, ja sillä saavutetaan maksimissaan 43 kW latausteho. Käytössä olevasta sähkötehosta riippuen latausasemaa voidaan

käyttää myös pienemmillä virroilla. Ajoneuvopistokkeella varustettu latauskaapeli voi olla myös latausaseman kiinteä osa. Kansallisen lainsäädännön määrittelemissä julkisissa vaihtosähkölatausasemissa on oltava SFS-EN 62196-2 tyyppin 2 mukainen latauspistorasia ja ajoneuvopistoke, ja niissä tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää älykkäitä latausjärjestelmiä. Ladatessa pistokytkimet lukittuvat mekaanisesti tai sähköisesti vastakappaleisiinsa. Latausjärjestelmään kuuluu tiedonsiirtoväylä, jonka avulla varmistetaan, että ajoneuvo on oikein ja turvallisesti kytketty latauspisteeseen. Lisäksi väylällä voidaan ohjata kuormitusta ja virran syöttöä molempiin suuntiin. [16.]

Käytössä on myös alla olevan kuvan 8 mukaisia tyyppin 1 latauspistorasioita ja ajoneuvopistokkeita, joita on käytössä yhdysvaltalaisissa ja japanilaisissa ladataavissa ajoneuvoissa. Tyyppin 1 mukainen liitin mahdollistaa yksivaiheisen virransyötön aina 80 ampeeriin saakka. Koska liikenteessä on paljon tyyppin 1 latausliittimellä varustettuja ajoneuvoja, mutta julkiset latauspisteet on lähes aina varustettu tyyppin 2 latauspistorasialla, tyyppin 1 liittimen omaavalla autoilijalla pitää olla mukana sopiva latauskaapeli. Kaapelin toisessa päässä on latauspisteeseen sopiva tyyppin 2 mukainen pistoke ja toisessa päässä omaan autoon sopiva tyyppin 1 pistoke.



Kuva 8. Tyyppin 1 latauspistorasia ja pistoke. [22.]

5.5 Teholataus (lataustapa 4, mode 4)

Sähköauton akustoa syötetään tasasähköllä suurella virralla auton ulkopuolella olevasta tasasähköä syöttävästä latauspisteestä. Teholatauksesta käytetään myös nimitystä pikalataus. Alla olevassa kuvassa 9 on CCS mallinen latauspistoke. Latauskaapeli on aina osa latausasemaa ja latauskaapelin ajoneuvopistoke on standardin SFS-EN 62196-3 mukaista rakennetta FF eli niin kutsuttu CCS-liitin tai rakennetta AA eli CHAdeMo-liitin. CHAdeMo-liittimen kautta latausteho voi olla jopa 63 kW, ja CCS-liitin mahdollistaa jopa 125 kW lataustehon. [16.]



Kuva 9. CCS eli Combined Charging System teholatausliitin. [22.]

Kansallisen lainsäädännön määrittelemissä julkisissa latausasemissa on oltava standardin SFS-EN 62196-2 tyyppin 2 mukainen latauspistorasia tai ajoneuvopistoke ja / tai SFS-EN 62196-3:n mukainen tyyppin FF (tasasähkö) ajoneuvopistoke, ja niissä tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää älykkäitä latausjärjestelmiä. Nykyisten teholatureiden autoon syöttämät tasavirrat ovat satoja ampeereita ja lataustehot ovat 22–350 kW. [16.]

Syksyllä 2019 ensimmäiset 350 kW:n suurteholatausasemat otettiin käyttöön Paimiossa, Lahdessa ja Hämeenlinnassa. Tällaisella latausteholla on mahdollista ladata yli 300 kilometrin ajomatka noin 15 minuutissa edellyttäen, että ladattava sähköauto voi hyödyntää suuren lataustehon. [20.]

5.6 Sähköajoneuvojen johdoton lataus

Sähköajoneuvoja voidaan ladata myös johdottomasti siirtämällä energiaa induktiivisesti tienpintaan tai muuhun alustaan upotettuun käämin ja ajoneuvon alle asennetun käämin välillä. Johdottoman latausjärjestelmän turvallisuusvaatimuksia käsittelee standardisarja IEC 61980. [16.]

6 LAITEVALMISTAJAT

Sähköautojen latausasemia ja ohjeislaitteita valmistavia yrityksiä on useita. Tässä selvityksessä on esitelty ja käyty läpi vain muutaman valmistajan latausjärjestelmien päätuotteet. Määräykset ja standardit ohjaavat laitteiden valmistusta niin paljon, että perusrakenteet ja ominaisuudet ovat kaikilla valmistajilla tästä johtuen samat. Peruslatauksen latausasema on aina varustettu joko tyyppin 2 latauspistorasialla tai latauskaapelilla. Sähköiset suojaukset latausasemissa on toteutettu voimassa olevien määräyksien mukaisesti.

Joidenkin valmistajien laitteissa vikavirtasuojat on asennettu valmiiksi laitteen sisälle ja joidenkin valmistajien laitteissa vikavirtasuojat joudutaan asentamaan syöttävään keskukseen. Suurin ero valmistajien välillä tulee laitteisiin saatavista lisävarusteista esimerkiksi kuormanhallinnasta ja sen toteutuksesta. Toisten valmistajien kuormanhallinta on toteutettu siten, että kiinteistön pääkeskuksessa mitataan liityntäkaapelin jatkuvaa tehonkulutusta ja tämän mukaan ohjataan latausasemia. Toisilla valmistajilla kuormanhallinta toimii niin, että aktivoituessa se pudottaa kaikkien latausasemien lataustehoa puolella. Lisäksi melkein kaikkien valmistajien latausasemassa voidaan lataustehoa rajoittaa pysyvästi laitteesta löytyvillä dip-kytkimillä.

Monella valmistajalla kuormanhallintaa ja muita latausaseman säätöjä varten on olemassa oma erikseen ostettava järjestelmä sisältäen ohjelmiston, jota voidaan käyttää tietokoneella tai älypuhelimella. Lisäksi valmistajasta riippuen osassa latausasemista on valmiina kWh-mittari, osaan sen voi ostaa lisävarusteena ja osaan sellaista ei saa ollenkaan. Käyttäjän tunnistus on perinteisesti toteutettu RFID-tekniikalla, mutta jotkin latausasemat on mahdollista liittää verkkoon, ja tällöin käyttäjän tunnistus ja laitteet hallinnointi onnistuu myös vaikka älypuhelimella. Laitteiden hinnat vaihtelevat myös alkaen alle 1000 eu-

rosta aina useampaan tuhanteen euroon asti riippuen laitteissa olevista vakiovarusteista ja mahdollisista lisävarusteista. Laitteita hankkiessa on tärkeää miettiä, mitä ominaisuuksia juuri kyseisessä kohteessa käyttäjät tarvitsevat sekä mahdolliset laajennusoptiot tulevaisuutta varten.

6.1 Ensto

Suomessa vuonna 1958 perustettu kansainvälinen teknologia- ja perheyritys, joka suunnittelee ja tarjoaa sähköistysratkaisuja. Tarjolla on kiinteistöjen sähköistystuotteista lähtien aina älykkäisiin rakennuksiin ja sähköverkkoihin olevia tuotteita. Ensto valmistaa kattavan valikoiman sähköauton latausasemia jokaiseen ympäristöön, tehden sähköautojen latauksesta helppoa ja turvallista. Tarjolla on laitteita kotitalouskäytöstä aina tehokkaaseen pikalataukseen asti. [23.]

Alla olevassa kuvassa 9 on kotitalouskäyttöön suunniteltu eFiller-latausasema sisältää kaikki tarvittavat ja helppokäyttöiset ominaisuudet sähköauton lataukseen. Kompakti seinäasennettava latausasema, jossa on kiinteä kaapeli tyyppin 2 pistokkeella. Lataustila indikoidaan kolmivärisellä LED-merkkivalolla. eFiller-latausasemassa ei ole sisäänrakennettua ylivirta- tai vikavirtasuojauksia, vaan suojaukset pitää toteuttaa sähköverkon puolella. Latausasemassa ei ole myöskään kWh-mittaria, eikä se ole liitettävissä kuormanhallinta järjestelmään. Saatavilla on 1-vaiheinen 3,6 kW lataustehon malli ja 3-vaiheinen 11 kW lataustehon malli. [24.]



Kuva 10. Ensto eFiller-latausasema [24.]

Ensto Wallbox on erinomainen vaihtoehto niin kotitalouskäyttöön kuin taloyhtiöille, joissa halutaan varmistua siitä, että tarjolla on ennen kaikkea nopeaa ja turvallista latausta. Kompakti ja tehokas Wallbox on suunniteltu luotettavaksi ja edulliseksi latausasemaksi mihin tahansa ympäristöön ja liiketoimintaan. Latausasema tarjoaa parhaimmillaan 2 x 22 kW lataustehon yhdestä seinä- tai tolppa-asenteisesta latauslaitteesta. Wallbox on mallista riippuen varustettu yhdellä tai kahdella tyyppin 2 latauspistorasialla ja kaikki mallit on varustettu RFID-lukijalla käyttäjien tunnistusta varten, latauksesta indikoivalla LED-merkkivalolla sekä dynaamisella kuormanhallinnalla. Wallbox latausasemien data-yhteys on mallista riippuen toteutettu joko langallisesti tai langattomasti. Wallbox latausasema vaatii aina sähköverkon puolelle erillisen vikavirtasuojan. Lisäksi kWh-mittari on saatavana erillisellä ohjainkotelolla. [25.]



Kuva 11. Ensto Wallbox 2 x 22 kW [25.]

Ensto Pro on loistava latausasema julkisiin kohteisiin. Maa- tai seinäasennettava latausasema on lujarakenteinen, joten se kestävä vaativissakin olosuhteissa. Latausasema on saatavilla yhdellä tai kahdella tyyppin 2 latauspistorasialla ja kaikissa malleissa on portaattomasti säädettävä latausteho 22 kW asti. Aseman datayhteys on mallista riippuen toteutettu joko langallisesti tai langattomasti. Käyttäjätunnistus tapahtuu joko RFID-lukijalla tai mobiilisovelluksella. Kaikki Ensto Pro -mallit on varustettu kWh-mittarilla ja A-tyypin vikavirtasuojalla sekä mahdollisuudella kuormanhallintaan. [26.]



Kuva 12. Ensto Pro 2 x 22 kW –malli [26.]

Ensto EV Manager on sähköautojen latauspisteiden ja käyttäjien hallintajärjestelmä. Järjestelmän käyttöliittymällä voidaan operoida latauspisteitä, tehdä käyttäjäkohtaista valvontaa sekä kulutustietojen raportointia. Järjestelmä sopii niin taloyhtiöille kuin yrityksille. [27.]

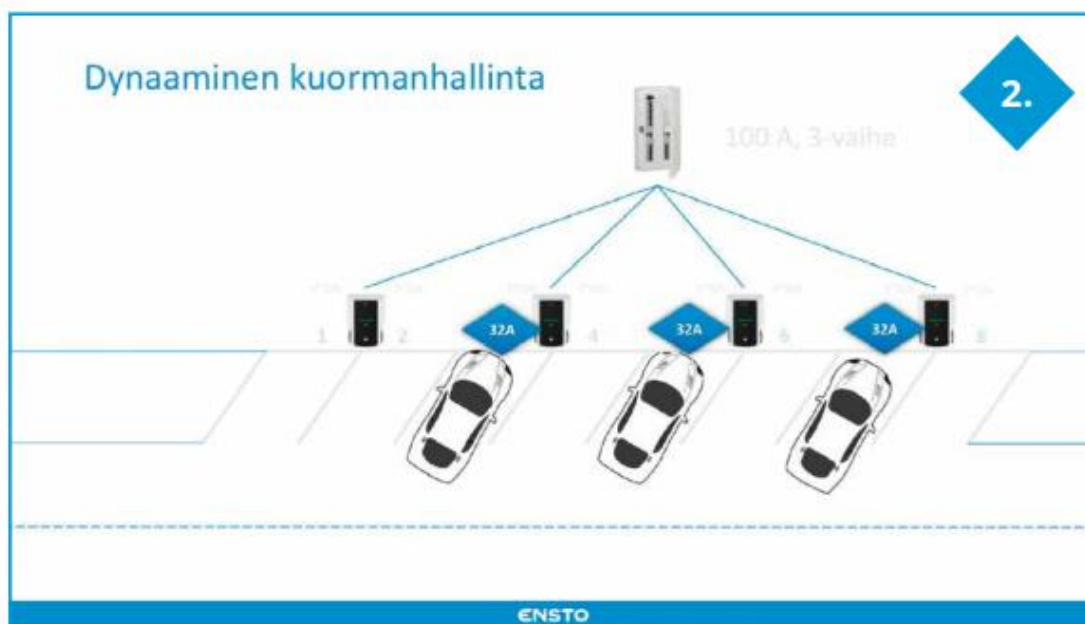
Ensto tarjoaa lisäpalveluna dynaamista kuormanhallintaa, joka valvoo virransyöttöä jatkuvasti ja kohdistaa sen oikein latauspisteisiin. Perustuen käytettävissä olevaan jatkuvasti mitattuun lähtötehoon dynaaminen kuormanhallinta muuttaa latausvirtaa automaattisesti jokaiselle latausasemalle. Optimaalista lataustehoa käyttämällä dynaaminen kuormanhallinta pienentää latauskustannuksia ja auttaa vähentämään käyttökustannuksia. Järjestelmällä voidaan rajoittaa kapasiteettia aikoina, joina sähkökustannukset ovat suurimmillaan ja lisätä kapasiteettia esimerkiksi yöllä, kun sähkö on edullista. Järjestelmään voidaan asentaa useita erilaisia latauspisteitä ja jakaa kuormitusta niiden välillä. [28.]

Dynaaminen kuormanhallinta valvoo käytettävissä olevaa lataustehoa jatkuvasti ja jokaisen latausaseman sekä pistokkeen lataustehoa voidaan muuttaa erikseen. Näin ehkäistään sulakkeiden laukeaminen, mutta saadaan silti suurin mahdollinen hyöty kohteessa käytettävissä olevasta tehonsyötöstä. Enston etähallintaohjelmistoon sisältyy myös muita ennalta ehkäiseviä ylläpito-ominaisuuksia, kuten suorituskyvyn ja käyttölämpötilan valvonta. Esimerkkinä dynaamista kuormanhallintaa käyttäessä Enston latausasemista voidaan muodostaa ryhmä, jolle voidaan asettaa minimivirta 6 A ja maksimivirta riippuen käytettävissä olevasta sähkösyötöstä. Dynaaminen kuormanhallinta valvoo automaattisesti koko ryhmän virrankulutusta ja muuttaa jokaisen latausaseman ja pistokkeen latausvirtaa. [28.]

Alla olevassa kuvassa 13 on esitetty dynaamisen kuormanhallinnan periaate. Käytettävissä oleva suurin virtamäärä neljälle latausasemalle on 100 A. Kolmen sähköauton ollessa latauksessa järjestelmä jakaa latausvirran tasaisesti kaikille kolmelle latausasemalle (3 X 32 A). Neljännen latausaseman tullessa käyttöön dynaaminen kuormanhallinta siirtää kolmelta jo käytössä olevalta latausasemalta latausvirtaa neljännelle latausasemalle siten, että kaikilla latausasemilla on käytössä maksimissaan 25 A latausvirta. Järjestelmässä voidaan

eri latausasemille tai käyttäjille asettaa prioriteetteja, jolloin järjestelmä antaa korkeamman prioriteetin ladata sähköauton muita nopeammin. [29.]

Dynaaminen kuormanhallinta sopii erittäin hyvin kohteeseen, jossa koko kiinteistön sähköliittymä on rajoittava tekijä. Tällöin kiinteistön sähköliittymä vaatii tehonmittauksen, jonka avulla dynaaminen kuormanhallinta säätää lataustehoja eri kuormitustilanteiden mukaan.



Kuva 13. Ensto Dynaaminen kuormanhallinta [29.]

6.2 Garo

Garo on ruotsalainen valmistaja, joka kehittää ja valmistaa innovatiivisia sähkötekniisiä tuotteita ja järjestelmiä. Garon valikoimaan kuuluvat niin kotitalouspistorasian tai autolämmityspistorasian päivittämiseen sopivat tuotteet kuin myös erilliset latausasemat kotitalouksiin ja julkiselle puolelle. [30.]

Garon autonlämmityspistorasian tilalle sopiva IDL-latauselementti, jossa on kaksi kahden pistorasian ryhmää, ja se sopii sähköauton lataukseen. Elementissä on sekä ohjaukellolla olevat autonlämmityksen toiminnot että sähköauton lataukseen tarvittava pidempiaikainen liitäntä paikallisesti luettavalla kWh-mittarilla. Latauselementti on saatavilla seinäkiinnitykseen sopivalla alustalla tai pylväsasennuksen alustalla. Kotelovaihtoehtoja on tarjolla useita erilaisia. Vaihtoehtoina on yhdellä tai kahdella kansiluukulla olevia koteloa, joissa on pelkästään kääntökahva tai avainlukitus. [31.]

Tällainen kuvan 14 mukainen IDL-latauselementti on erittäin käytännöllinen ja taloudellisesti järkevä ratkaisu esim. tilanteessa, jossa taloyhtiöön hankitaan ensimmäinen ladattava sähköauto eikä minkäänlaista latausmahdollisuutta ole vielä olemassa. Tällöin autolämmitystolpan muuttaminen sähköauton lataamiseen sopivaksi onnistuu kustannustehokkaasti ja nopealla aikataululla. [31.]



Kuva 14. Garro IDL 216-2F kWh -latauselementti [31.]

Garro GLBDC -latausasema sopii asennettavaksi omakotitalojen, taloyhtiöiden ja toimistojen parkkipaikoille tai parkkihalleihin. Aseman voi asentaa seinään tai erillisen latausasemaa varten suunnitellun pylvään avulla maahan. GLBDC-latausasema on mallista riippuen varustettu joko kiinteällä tyypin 2 latauskaapelilla tai pelkästään tyypin 2 latauspistorasiolla. Kuvassa 15 oleva latausasema on varustettu kiinteällä tyypin 2 latauskaapelilla. Latausteho on mallista riippuen 3,7–22 kW, ja osa malleista on varustettu kWh-mittarilla sekä DIP-kytkimillä, joilla lataustehoa voidaan rajoittaa. Asema voidaan varustaa WIFI-modulilla sekä RFID-lukijalla. Lataustila indikoidaan kolmivärisellä LED-valolla. Kaikki GLBDC-mallin latausasemat ovat yhteensopivia dynaamiseen kuormanohjausjärjestelmään. [32.]



Kuva 15. Garo GLBDCM-T274FC-A -latausasema [32.]

Garo LS4-latausasema on alla olevassa kuvassa 16, joka palvelee kahta autoa samanaikaisesti. Latausasema on saatavilla maa- tai seinäasennuksella. Kaikki mallit on varustettu kahdella tyyppi 2 latauspistorasiolla ja pistorasia-kohtainen latausteho on mallista riippuen 3,7–22 kW. Sääsuojuille latauspistorasioille on erilliset RFID-lukijat ja osa malleista on varustettu kWh-mittarilla. Järjestelmäyhteyden (LAN tai 3G) avulla voidaan lataustapahtumien tiedot lähettää suoraan sähkölaitokselle ja hoitaa näin käyttäjän laskutus automaattisesti. [33.]



Kuva 16. Garo LS4M-T222WO -latausasema [33.]

6.3 Satmatic

Satmatic on yksi johtavista kotimaisista sähkö- ja automaatiotekniikan rakentajista. Toimipisteet löytyvät Ulvilasta ja Keravalta, joissa yhteensä työskentelee lähes 100 henkilöä. Satmaticiin kuuluu myös Kurikassa toimiva Suomen johtava muuntamovalmistaja Finnkumu Oy. Satmaticilta löytyy paljon erilaisia tuotteita niin yksittäisen omakotitalokäyttäjän tarpeeseen, kuin pienempiin tai isompiin taloyhtiöihin. Tarjolla on myös latausasemia vaativiin julkisiin ympäristöihin kuten pysäköintihalleihin tai hotelleihin. [34.]

Satmaticin monet tuotteet ovat yhteensopivia IGL Technologies:n eTolppa-järjestelmän kanssa. eTolppa on uuden sukupolven etäohjattava autolämmitystolppa ja sähköauton latauspiste. Siinä käyttäjä voi ohjata latausta tai lämmitystä kätevästi internetin/mobiilin kautta tai suoraan tolppasta esimerkiksi digitaalikellostä tai NFC/RFID-tekniikan avulla. Jokaisella käyttäjällä on oma käyttäjätunnus, jonka avulla hän kätevästi ohjaa eTolppaa ja näkee oman ku-

lutuksensa. Pääkäyttäjä näkee käyttäjien kulutustiedot ja voi tarvittaessa las-
kuttaa käyttäjiä kulutuksen mukaan. EKO-toiminnon avulla eTolppa havaitsee
ulkolämpötilan ja auton lämmityskustannuksista säästyy jopa 65 %. [35.]

Saneerauskohteissa vanhat piharasiat päivittyvät kätevästi eTolpiksi, jolloin
autonlämmittämisen ohjaus hoituu kätevästi mistä vain, sähkönkulutus saa-
daan mitattua ja samalla tehdään lämmitystolpasta sähköauton lataustolppa.
Teknologian avulla autopaikka voidaan vuokrata eteenpäin asukkaiden työpäi-
vän aikana esimerkiksi keskusta-alueilla, joissa parkkipaikkoja on vähän.
eTolppa-järjestelmä on helppo integroida muihin järjestelmiin avoimien raja-
pintojensa kautta. Esimerkiksi pysäköinnin hallinta tai maksujärjestelmän voi-
daan rakentaa mukaan eTolppa-järjestelmään. [35.]



Kuva 17. eTolppa-järjestelmä [35.]

Autolämmityspistorasian tilalle on saatavilla kuvan 18 mukainen Satmaticin
yhdistelmärasia, josta löytyy sekä auton lämmityspuoli, että sähköauton lataus-
puoli. Auton lämmitys on varustettu 16A Schukopistokkeella ja ohjemoitavalla
digitaalikellolla. Sähköauton lataus on varustettu 16A Schukopistokkeella ja
kWh-mittarilla. Molemmat puolet on suojattu vikavirtasuojalla. Yhdistelmärasia
on asennettavissa seinään tai tolppaan. Rasia on myös mahdollista asentaa
selät vastakkain toisen vastaavanlaisen rasian kanssa. Lisäksi on saatavilla
malli, joka sopii kahden sähköauton lataamiseen. Tällainen latausrasia on va-
rustettu kahdella 16A Schukopistokkeella, omilla kWh-mittareilla ja vikavir-
tasuojilla. Latausrasia sopii seinä- tai tolppaasennukseen. [36.]



Kuva 18. Satmatic- latauksen ja lämmityksen yhdistelmärasia [36.]

Satmaticin seinään tai tolppaan asennettavia latausasemia on saatavilla 3,6–11 kW lataustehon väliltä. Kaikki mallit on varustettu joko tyypin 2 kiinteällä kaapelilla tai latauspistorasiolla, kWh-mittarilla, latauksen tilan indikoivalla RGB-ledillä sekä vikavirtasuojalla. Kuvassa 19 oleva malli on varustettu kiinteällä tyypin 2 kaapelilla. Osassa malleista on lisäksi auton lämmityksen Schukopistorasia ja lämmityksen ohjauksen kello 2 h ajastuksella. [37.]



Kuva 19. Satmatic 3,6 kW latausasema tyypin 2 latauskaapelilla ja lämmityspistorasiolla [37.]

Satmaticin tehokkaimmat latausasemat ovat maahan asennettavia julkisille paikoille tarkoitettuja lataustavan 3 eli peruslatauksen laitteita. Latausteho kaikissa malleissa on 22 kW, ja mallit on varustettu joko yhdellä tai kahdella tyyppin 2 latauspistorasialla. Lisäksi asemat on varustettu yhdellä tai kahdella 16 A Schukopistorasialla hidasta latausta varten. Latausasemasta löytyy myös kWh-mittari, latauksen tilan indikoiva led-valo ja betonialusta. [38.]

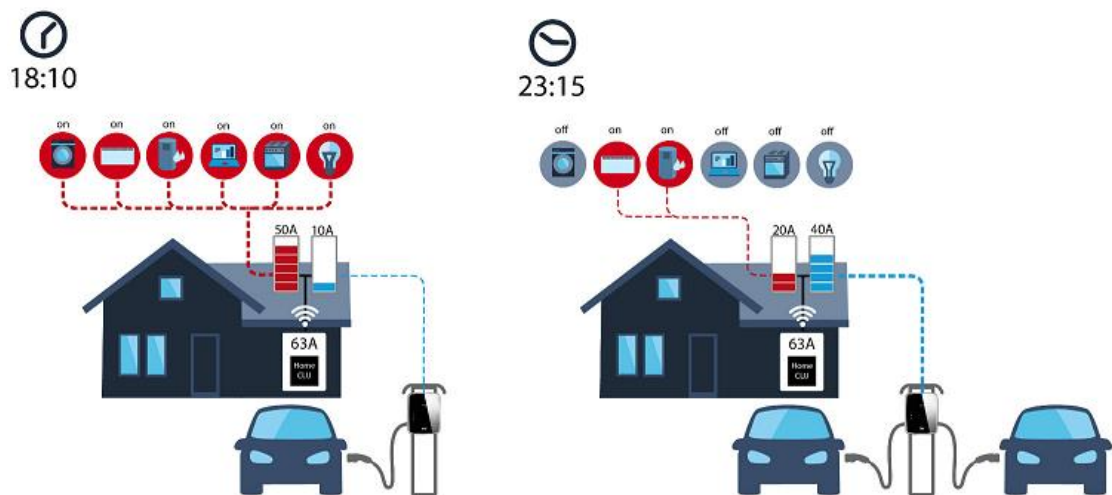


Kuva 20. Satmaticin 2 x 22 kW + 2 x 16 A latausasema [38.]

6.4 Defa

Defa on norjalainen yritys, joka on perustettu vuonna 1946. Defan tarjoaa tuotteita ja palveluita, joilla paremmin ladataan, esilämmitetään ja turvataan ajoneuvot, valaistaan kiinteistöt ja tiet, etäohjataan vapaa-ajan asuntoa, dokumentoidaan ajomatkoja ja paljon muuta. Sähköautojen lataamiseen Defalla on tuotteita niin omakotitaloihin kuin taloyhtiöille ja yrityksille sekä julkiseen lataamiseen. [39.]

Omakotitalon kuormanhallintaan Defalla on tarjolla homeCLU-järjestelmä. HomeCLU mittaa pääsulakkeiden kautta kulkevan virran ja säätelee näin lataukseen käytettävää virtaa. Tällä varmistetaan, että sähköä riittää myös kiinteistön jokapäiväisiin tarpeisiin. Sähköauton latausta varten ei tarvitse tällöin hankkia suurempaa sähköliittymää tai muuttaa sulakekokoja. Tämä tarkoittaa tehokkaampaa latausta silloin, kun kulutus on vähäisempää esimerkiksi yöllä. Latausvirran suuruuteen vaikuttavat latausasema, latauskaapeli, sähkötu ja muu päivittäinen sähkönkäyttö. Jos käytössä on useimpia, latauspisteitä latausvirta jaetaan latauspisteiden kesken tasaisesti tai autojen lataustarpeiden mukaan. [40.]



Kuva 21. Defan homeCLU-periaatekuva [40.]

Taloyhtiöihin ja työpaikoille Defalla on eRange CLU -niminen kuormanhallintajärjestelmä. Järjestelmän avulla voidaan yhdistää jopa 16 latausasemaa Defan erikseen tarjoamaan Cloudcharge-palveluun tai muuhun serveriin, joka tukee OCPP 1.5j-protokollaa. Cloudcharge-palvelu mahdollistaa muun muassa käytönvalvonnan ja käyttäjätilatot. Taloyhtiö voi palvelun kautta hallita latausta. Palvelusta nähdään reaaliaikaisesti, kuinka moni lataa autojaan ja kuinka paljon virtaa kulutetaan. Laitteistoa on mahdollista kauko-ohjata, määrittää hinnat jne. Cloudcharge:lla voidaan määritellä myös kuormanhallinnan asetuksia esim. tasapuolinen tai priorisoitu virran jakaminen. Jos latausasemassa on kaksi latauspistorasiaa, niille voidaan määritellä eri hinnat. Palvelusta nähdään kattavasti kunkin käyttäjän sähkönkäyttö ja latausajat, joten laskutus voidaan tehdä käytetyn ajan tai kWh-määrän perusteella. Latausasemat

voidaan ohjelmoida toimimaan RFID-tunnisteella, tekstiviestillä tai web-sovelluksella. [41.]

Defan latausasemien perusmalli eRange Uno on saatavilla tyyppin 2 latauspistorasiolla tai kiinteällä latauskaapelilla. Latausteho on sähkösyötöstä riippuen 1,4–22 kW ja latausasemaan on saatavana myös MID-hyväksytty virtamittari. Kuormanhallinta voidaan toteuttaa omakotitaloissa Defan homeCLU-järjestelmällä ja taloyhtiöissä tai työpaikoilla eRange CLU -järjestelmällä. Nämä järjestelmät ovat erikseen tilattavia tuotteita. [42.]



Kuva 22. Defa eRange Uno -latausasema [42.]

eRangesta on saatavana myös Duo-malli, jossa on kaksi tyyppin 2 latauspistorasiaa. Latausteho on sähkösyötöstä riippuen maksimissaan 2 x 6,9 kW tai 1 x 22 kW, ja latausasemaan on saatavana myös MID-hyväksytty virtamittari. Erikseen tilattava kuormanhallinta on saatavilla Defan homeCLU-järjestelmällä. Käytönvalvonta on mahdollista toteuttaa RFID:llä. [42.]

7 ESIMERKKIKOHDE

Suomessa on paljon esimerkkikohteen mukaisia vanhoja asunto-osakeyhtiöitä, joiden sähköjärjestelmät ovat alkuperäisessä kunnossa. Tällaisten kiinteistöjen sähköjärjestelmiä on kunnossapidetty vain uusimalla vanhoja vikaantuneita sähkökalusteita ja laitteita. Lisäksi sähköjärjestelmiin on vuosien saatossa saatettu tehdä pieniä lisäyksiä esimerkiksi ulkovalaistuksen parantamista tai auton lämmitystolppien lisäämisiä. Sähköautojen latausjärjestelmä on kuitenkin niin suuri lisäys, että monessa kohteessa tulee tarpeeseen uudistaa sähköpääkeskus ja mahdollisesti suurentaa liittymiskaapeli.

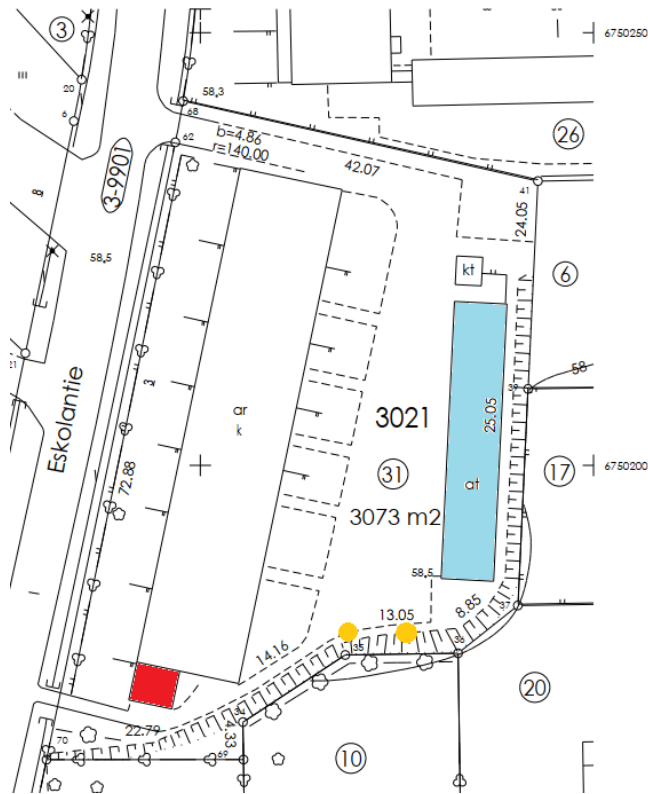
7.1 Yleistä

Esimerkkikohde on vuonna 1975 valmistunut pieni rivitaloyhtiö. Tällä hetkellä kenelläkään taloyhtiössä asuvalla auton omistajalla ei ole käytössä ladattavaa hybridia tai täyssähköautoa. Kevään 2019 yhtiökokouksessa keskusteltiin sähköautoista ja niiden lataamisesta. Taloyhtiön hallitus on myös omissa kokouksissa keskustellut sähköautoista ja sopinut selvityksen teettämisestä.

Vuoden 2020 yhtiökokouksessa olisi suositeltavaa päättää linjauksesta, jolla tulevaisuudessa edetään sähköautojen latausasioiden osalta. Päätöksiä tehdessä tulee muistaa osakkaiden yhdenvertaisuus eli huomioida kaikkien osakkaiden tarpeet. Latauspaikat voidaan toteuttaa joko taloyhtiön, yksittäisen osakkaan tai osakasvähemmistön hankkeena. Olisi hyvä miettiä tulevien sähköautoilijoiden käyttäjäprofiileita ajomatkoineen ja latausaikoinen.

7.2 Tekninen nykytila

Taloyhtiö muodostuu seitsemästä erikokoisesta asunnosta, jossa jokaisessa on oma sauna ja sähkökiuas. Kiinteistön vesikiertoinen patterilämmitys ja käyttövesi lämmitetään kaukolämmöllä. Kiinteistön seitsemän asunnon yhteen laskettu lämmitetty pinta-ala on 651 m². Jokaisella asunnolla on käytössään kylmä autotallipaikka, josta löytyy pistorasia auton moottori- ja sisätilalämmittimen käyttöön. Tämä autotallin lämmityspistorasiaryhmä on suojattu 1x16A gG-tyyppin tulppasulakkeella ja syöttökaapeli on kokoa 3 x 2,5mm². Lisäksi taloyhtiön hallinnassa on neljä vuokrattavaa ulkopaikkaa, jotka on varustettu lämmitystolpilla moottori- ja sisätilanlämmittimien käyttöä varten. Lämmitystolpparyhmän ylikuormitussuojana toimii gG-tyyppin 1x16A tulppasulake ja syöttökaapeli on kokoa 3 x 2,5mm².



Kuva 23. Eskolantie asemapiirustus (Kirjoittajan skannaus).

Kuvassa 23 on esimerkkikohteen asemapiirustus. Pääkeskus sijaitsee talon eteläpäädyssä olevassa teknisessä tilassa merkattu punaisella. Autokatos on merkattu sinisellä ja ulkona olevat auton lämmitystolpat keltaisella. Kiinteistön pääkeskukselta on matkaa autokatokseen noin 55 metriä ja lämmitystolpille noin 40 metriä.

Kiinteistön liittymiskaapeli on tyypiltään AMCMK 3 x 35 + 16 m² ja liittymän pääsulakkeet ovat kokoa 80 A. Pääkeskus, jonka nimellisvirta on 125 A näkyy alla olevassa kuvassa 24. Liittymiskaapelista johtuen pääsulakkeiden kokoa ei voida suurentaa, joten tästä syystä, tässä selvityksessä suunnittelun reunaehdona on nykyiset 80 A pääsulakkeet. Käytännössä olisi mahdollista uusia liittymiskaapeli ja pääkeskus, jonka jälkeen voitaisiin käyttää suurempia pääsulakkeita.

Kiinteistön pääsulakkeiden laskennallinen huipputeho on 53,2 kW, kun oletetaan tehokertoimen olevan 0,96.

Laskennallinen huipputeho saadaan:

$$P_{\text{huippu}} = \sqrt{3} * 400 \text{ V} * 80 \text{ A} * 0,96 = 53,2 \text{ kW} \quad (1)$$



Kuva 24. Kiinteistön pääkeskus (Kirjoittajan kuva).

Asuinrakennukset	Huipputeho ⁽¹⁾ [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m ²]
- ilman kiukaita	$P_h = B + 17 \times A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m ² . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tod} / 2500) \times B \geq 30$
- huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 \times A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot ⁽²⁾		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
- ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 \times A / 1000$	
- suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 \times A / 1000$	- käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
- suora sähkölämmitys ⁽³⁾	$P_h = 30 + 49 \times A / 1000$	- käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
- ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 \times A / 1000$	
- suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 \times A / 1000$	- käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
- suora sähkölämmitys ⁽³⁾	$P_h = 7,5 + 49 \times A / 1000$	- käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW/paikka} \times n_{auto}$ (n_{auto} = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä) ⁽⁴⁾		
Paikoitusalueet sähköajoneuvojen vähimmäisvarauksella $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 2 \text{ kW/paikka} \times n_{auto}$ (n_{auto} = sähköistettyjen autopaikkojen lukumäärä) ⁽⁵⁾		
Sähköajoneuvojen lataus: $P_{sähköajoneuvojen \text{ lataus}} = \frac{\text{haluttu toimitusaste latauskerralla (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{auto}}{\text{latauskerran aika h}}$ ⁽⁶⁾		
Huomautukset: Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin $\cos \phi$. Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvioida, että $\cos \phi = 0,96$.		

Kuva 25. Kokemuseräiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi (ST-kortti 13.31)

Yllä olevassa kuvassa 25 on esitetty kokemuseräiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi. Lasketaan näitä kaavoja käyttäen esimerkkitilanteen tehoja ja virtoja.

Kohdan pienet rivitalot, ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas mukaan:

$$P_{\text{huippu}} = 30 + 26 \cdot 651 / 1000 = 46,9 \text{ kW} \quad (2)$$

Kuormitusvirta huipputeholla:

$$46\,900 \text{ W} / \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,96 = 70,5 \text{ A} \quad (3)$$

Kohdan paikoitusalueet mukaan:

Moottorilämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä yhteensä 7 kpl autokatoksessa + 4 ulkopaikkaa.

$$P_{\text{paikoitus}} = 10 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW/paikka} \cdot 7+4 \text{ paikkaa} = 15,5 \text{ kW} \quad (4)$$

Kiinteistön ja autopaikkojen määritetty huipputeho yhteensä:

$$P_{\text{huippu}} + P_{\text{paikoitus}} = 46,9 \text{ kW} + 15,5 \text{ kW} = 62,4 \text{ kW} \quad (5)$$

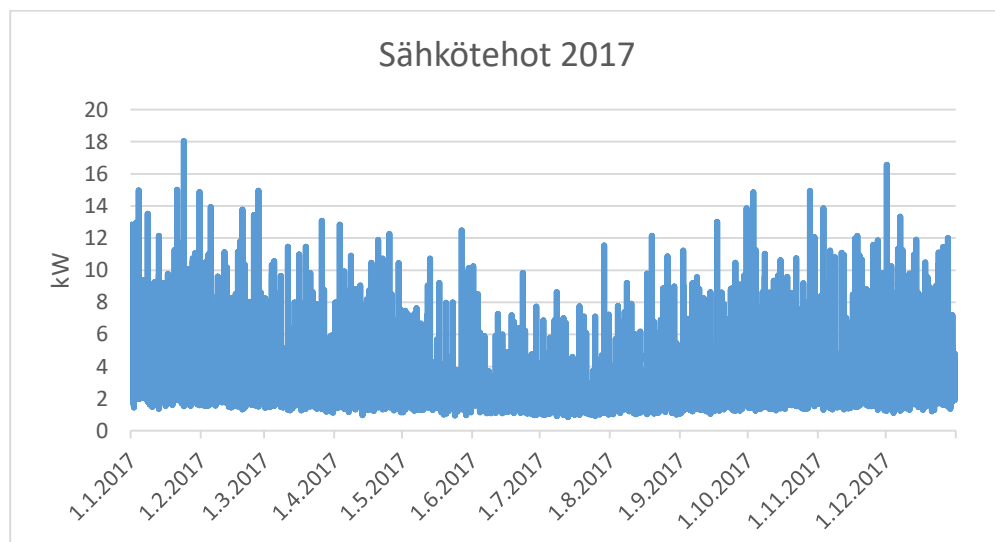
Kiinteistön 80 A pääsulakkeiden laskennallinen huipputeho 53,2 kW ylittyy teoreettisesti laskemalla:

$$53,2 \text{ kW} - 62,4 \text{ kW} = \text{teoreettinen ylitys on } 9,2 \text{ kW}$$

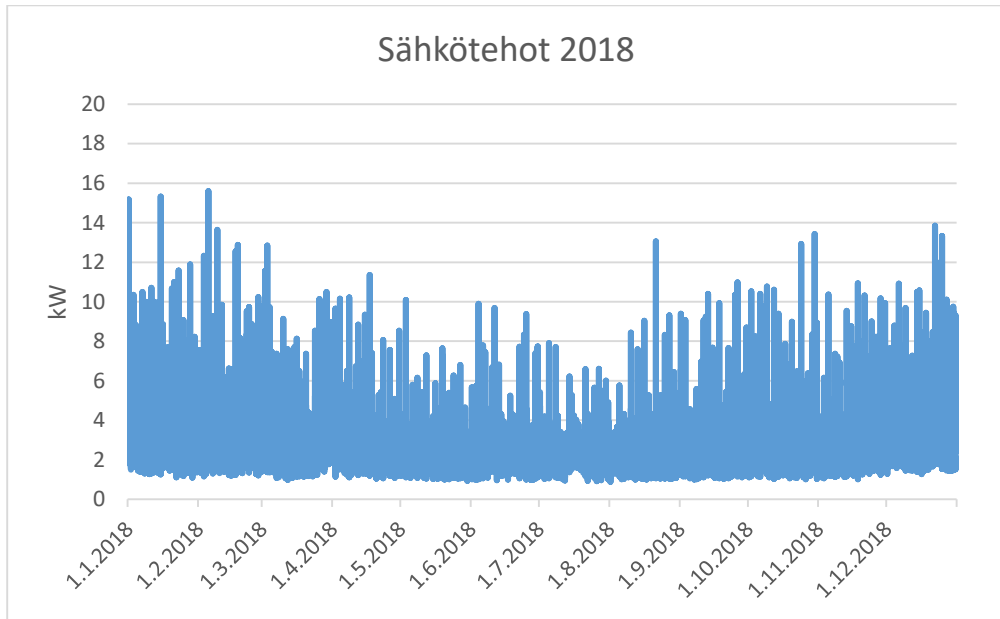
Kokonaiskuormitusvirta $P_{\text{huippu}} + P_{\text{paikoitus}}$:

$$62\,400 \text{ W} / \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,96 = 93,8 \text{ A} \quad (3)$$

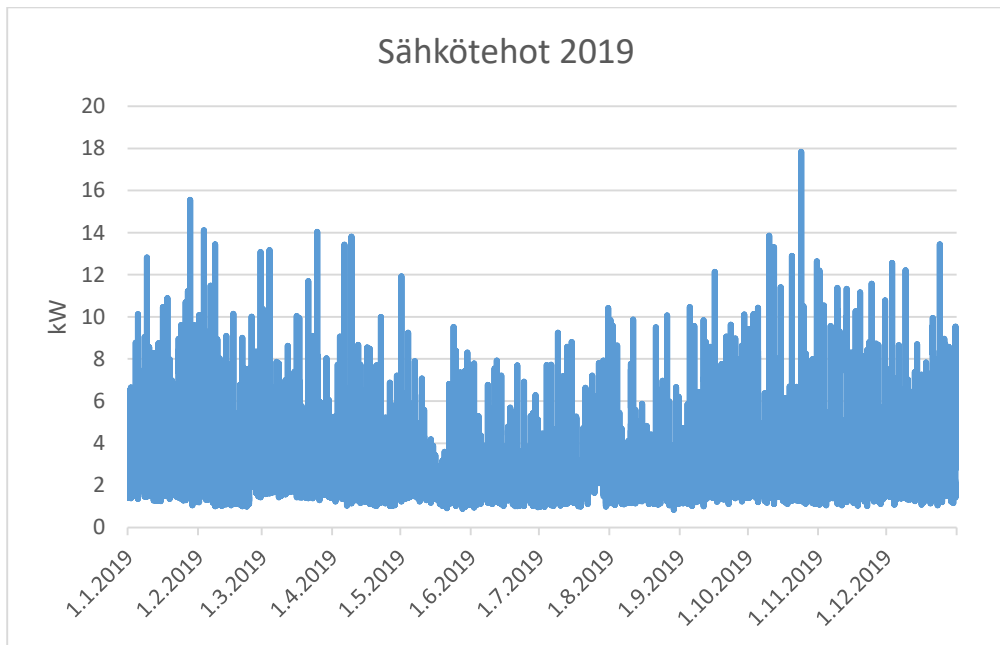
Alla olevissa kuvissa on esitetty koko kiinteistön sähkönkulutus kolmelta viime vuodelta. Kuvista nähdään, että kolmen viime vuoden aikana suurin hetkellinen kulutus $P_{\text{piikki}} = 18 \text{ kW}$ on ollut tammikuun lopulla vuonna 2017.



Kuva 26. Sähkötöhot 2017 (Kirjoittajan kuva).



Kuva 27. Sähkötehot 2018 (Kirjoittajan kuva).



Kuva 28. Sähkötehot 2019 (Kirjoittajan kuva).



Kuva 29. Trendi 24.01.2017 (Kirjoittajan kuva).

Kuvassa 29 on esitetty kiinteistön sähkönkäyttö vuorokausitasolla. Vuoden 2017 suurin sähkönkulutus $P_{\text{piikki}} = 18 \text{ kW}$ oli tammikuun 24 päivä. Trendistä nähdään, että kulutuspiikki ajoittuu alkuiltaan klo 18 aikoihin, jolloin ihmiset ovat oletettavasti tulleet töistä kotiin ja aloittaneet erilaiset kotiaskareet. Muina vuorokauden aikoina sähkönkulutus on ollut maltillista 2–5 kW luokkaa.

Kiinteistön pääsulakkeiden laskennallinen huipputeho oli 53,2 kW ja tästä vähennettynä vuoden 2017 suurin kulutus $P_{\text{piikki}} 18 \text{ kW}$, olisi sähköautojen lataukseen jäänyt kulutuspiikin aikana käytettäväksi 35,2 kW teho.

7.3 Teoreettista suunnittelua

Suunnittelussa on hyvä miettiä eri asukkaiden auton käyttöä. Jotkin tahot käyttävät tällaisesta termiä käyttäjäprofiilin määrittely. Erilaisilla käyttäjäprofiileilla auton käyttö vaihtelee huomaattavasti päivittäisestä useasta ajokerrasta satunnaisiin muutaman kerran kuukaudessa ajokertoihin. Tämän selvityksen esimerkkikohteessa on autoilijoita, jotka ajavat autolla päivittäin viikon jokaisena päivänä. Toinen ääripää on satunnaisesti harvoin autoa käyttävät eläkeläiset. Tältä väliltä on myös käyttäjiä, jotka ajavat autolla muutamana päivänä viikossa. Oletuksena on, että sähköautojen lataukset tulisivat tapahtumaan pääasiassa yön yli latauksina. On hyvä kuitenkin tiedostaa, että lataustarpeita voi olla yhtä hyvin vuorokauden muinakin aikoina.

Latauslaitteiston suunnittelun lähtökohtana käytetään keskimääräisenä päivittäisenä ajomatkana 150 kilometriä, joka pitää saada ladattua yön aikana jokaiselle käyttäjälle. Tällä hetkellä yleinen sähköajoneuvon taloudellisen ajon keskimuutos on 20 kWh/100km. Oletetaan yön yli latauksen kestävän 10 tuntia.

Yhden sähköauton tarvitsema latausteho 10 tunnin aikana:

$$150 \text{ km} * 0,20 \text{ kWh} / \text{km} / 10 \text{ h} = 3 \text{ kW}$$

Latauspisteiden kokonaisteho seitsemälle sähköautolle eli 1 kpl per asunto:

$$3 \text{ kW} * 7 \text{ latauspistettä} = 21 \text{ kW}$$

Latauspisteiden kuormitusvirta yhteensä:

$$21 \text{ 000 W} / \sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,96 = 31,6 \text{ A} \quad (3)$$

ST kortin 13.31 taulukon 1 mukaan laskennallisesti paikoitusalueet sähköajoneuvojen vähimmäisvarauksella:

$$P_{\text{paikoitus}} = 10 \text{ kW} + 2 \text{ kW/paikka} * 7 \text{ latauspistettä} = 24 \text{ kW}$$

$$24 \text{ kW} / 7 \text{ latauspistettä} = 3,4 \text{ kW per latauspiste.}$$

Tämä on vähän yli edellä laskettua yhden sähköauton tarvitsemaa lataustehoa, joka oli 3 kW.

Alla olevassa taulukossa 1 on laskettu eri lataustehoilla ja latausajalla saatavia ajomatkoja kun sähköauton keskimuutos on 20 kWh/100km.

Taulukko 1. Latausaika / ajomatka.

Latausaika:	Latautuva ajomatka kilometreissä:				
	1,8 kW 1 x 10A	3,6 kW 1 x 16A	7 kW 3 x 10A	11 kW 3 x 16A	22 kW 3 x 32A
1 tunti	9 km	18 km	35 km	55 km	110 km
2,5 tuntia	22,5 km	45 km	87,5 km	137,5 km	275 km
5 tuntia	45 km	90 km	175 km	275 km	550 km
10 tuntia	90 km	180 km	350 km	550 km	1100 km

8 LATAUSRATKAISUT

8.1 Valmius yhdelle hybridille tai sähköautolle

Jos yksi asukkaista ilmoittaisi hankkivansa lähiaikoina esimerkiksi ladattavan hybridin nopein ja edullisin ratkaisu olisi muuttaa yksi ulkona olevista lämmitystolpista sähköauton lataukseen sopivan malliseksi. Tähän sopivia latausrasioita löytyy esimerkiksi Garon ja Satmaticin tuotevalikoimista. Asukas hoitaisi latausrasian hankinnan ja asennuksen omalla kustannuksellaan. Latausrasian arvolisäverollinen hinta on noin 350 euroa. Lisäksi latausta käyttävä asukas sopisi taloyhtiön ja isännöitsijän kanssa, että lataussähköstä maksettaisiin kiinteää kuukausimaksua. Kolme kertaa vuodessa latausta käyttävä asukas ilmoittaisi isännöitsijälle latausrasiassa olevan kWh-mittarin lukeman, jolla maksu tasattaisiin toteutuneen sähkönkulutuksen mukaan.

Muuttaessa lämmityspistorasiatolppa jatkuvaan lataukseen sopivaksi latausrasiaksi pitää muistaa, että standardiin SFS-EN 62752 mukaisesti latausvirta pitää rajoittaa 8 ampeeriin. Standardi koskee latausjohdossa olevaa suojaletyeyksikköä ja tämän perusteella Suomen markkinoilla ei edes pitäisi olla muita latausjohtoja kuin sellaisia, joissa latausvirta on rajoitettu. Toisaalta jos latausrasian valmistaja on vakuuttanut, että heidän laitteensa kestää yli 8 ampeerin latausvirran niin tällöin latauksesta suuremmalla latausvirralla ei pitäisi olla vaaraa. Vakuutusyhtiön kanta asiaan pitäisi kysyä, joka tapauksessa ennen latausvirtaa koskevia päätöksiä. 8 ampeerin rajoituksella maksimi latausteho olisi vain 1840 W ja tällä teholla suunnittelun lähtökohtana olevan päivittäisen 150 kilometrin ajomatkan lataaminen kestäisi 17 tuntia. Alla olevassa kuvassa 30 näkyy nykyiset autojen lämmitystolpat.



Kuva 30. Ulkona olevat autojen lämmitystolpat (Kirjoittajan kuva).

8.2 Valmius muutamalle sähköautolle

Jos asukkaista kahdelle tai kolmelle pitäisi rakentaa sähköauton latausmahdollisuus, edessä olisi helposti isompi investointi. Teoriassa kaksi latauspistettä on mahdollista toteuttaa siten, että yksi ulkona oleva auton lämmitystolppa muutettaisiin kohdan 8.1 mukaisesti sähköauton lataukseen sopivaksi. Toisen latauspisteen rakentaminen tähän samaan lämmitystolpparyhmään on teoriassa mahdollista, jos syöttävä sähköjärjestelmä ja latauspistorasiat kestävätkä yli 8 A latausvirran. Tällöin latausvirta per latauspiste olisi rajoitettu 8 ampeeriin ja ryhmän kuormitus olisi yhteensä 16 A eli ylikuormitussuojan maksimi. Käytännössä kuormitus olisi niin lähellä ylikuormitussuojan maksimiä, että suojan laukeaminen maksimikuormituksen tilanteissa olisi hyvin todennäköistä.

Toinen latauspiste saataisiin muuttamalla autotallin moottorilämmityksen pistorasiaryhmän yksi pistorasia lataukseen sopivaksi latausrasiaksi. Latausvirran rajoitus olisi tässäkin latauspisteessä standardin SFS-EN 62752 mukaisesti 8 A. Käytännössä autotallin lämmitysryhmän ylikuormittuminen olisi mahdollista tilanteessa, jossa latauspistorasiasta ladattaisiin 8 A virralla ja lisäksi

useampi muu käyttäjä kytkisi autojen moottorilämmittimet käyttöön. Ryhmän ylikuormitusta pahentaisi vielä mahdollinen sisätilalämmittimien käyttö samanaikaisesti. Asukkaita olisi opastettava kuormien yhtäaikaisesta käytöstä, jotta välttyttäisiin ylikuormitukselta esimerkiksi kieltämällä sisätilanlämmittimien käyttö.

8.3 Latausvalmius jokaiselle asunnolle

Mietitään tilannetta, että lähitulevaisuudessa jokaisella asunnolla olisi käytössä sähköauto. Tällöin tarvittaisiin 7 kpl latauspisteitä. Kohdassa "7.2 Tekninen nykytila" taulukoissa 2, 3 ja 4 näytetään kiinteistön kolmen viime vuoden aikaiset todelliset sähkönkulutukset ja todetaan, että suurin kulutuspiikki sähkönkulutuksessa on ollut $P_{\text{piikki}} 18 \text{ kW}$.

Kulutuspiikin hetkellä käytettävissä oleva latausteho olisi ollut:

$$P_{\text{latausmax}} = P_{\text{max}} - P_{\text{piikki}} = 53,2 \text{ kW} - 18 \text{ kW} \approx 35 \text{ kW}$$

Latauspisteiden kuormitusvirta yhteensä:

$$35\,000 \text{ W} / \sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,96 = 52,6 \text{ A} \quad (3)$$

Latausteho per latauspiste jos kaikki latauspisteet ovat käytössä:

$$35 \text{ kW} / 7 \text{ latauspistettä} = 5 \text{ kW}$$

Alla olevassa taulukossa 2 on laskettu 5 kW latausteholla eri latausajoilla saatavia ajomatkoja:

Taulukko 2. Latausaika / ajomatka 5 kW teholla.

Latausaika:	Latautuva ajomatka:
1 tunti	25 km
2,5 tuntia	62,5 km
5 tuntia	125 km
10 tuntia	250 km

Taulukosta 2 nähdään, että kohdassa 7.3 "Teoreettista suunnittelua" määritelty päivittäinen 150 kilometrin ajomatka saadaan ladattua 6 tunnin aikana. Yön yli latauksen kesto oli määritelty 10 tunnin pituiseksi, jonka aikana saataisiin ladattua 250 kilometrin ajomatka.

Kohdassa 7.2 “Tekninen nykytila” olevasta taulukosta 5 näkee, että suurimman osan ajasta kiinteistön sähkönkulutus on ollut paljon vähemmän kuin kulutuspiikin aikainen 18 kW. Muina aikoina sähkönkulutus on ollut 2 – 5 kW. Tällaisen normaalin kulutuksen hetkinä sähköautojen lataukseen on käytettävissä huomattavasti suurempi teho kuin edellä laskettu $P_{\text{latausmax}}$ 35 kW.

Lasketaan kiinteistön normaalin kulutuksen aikana käytettävissä oleva sähköautojen latausteho P_{nkl} . Käytetään kiinteistön normaalina kulutuksena $P_{\text{nkm}} = 5$ kW:

$$P_{\text{nkl}} = P_{\text{huippu}} - P_{\text{nkm}} = 52,6 \text{ kW} - 5 \text{ kW} = 47,6 \text{ kW}$$

Latauspisteiden kuormitusvirta on tällöin yhteensä:

$$47\,600 \text{ W} / \sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,96 = 71,6 \text{ A} \quad (3)$$

Lähin suurempi gG-tyyppin sulakekoko on 80 A, mutta kiinteistön pääsulakkeet ovat tätä kokoa. Sähköjärjestelmän oikosulkusuojauksessa pitää toteutua selektiivisyys eli sulakkeiden koko pienentyä pääsulakkeista kohti kulutuspisteiden sulakkeita. Valitaan lähin kokoa pienempi gG-tyyppin sulakekoko, joka on 63 A.

Lasketaan huipputeho 63 A:lle:

$$P_{63\text{Amax}} = \sqrt{3} * 400 \text{ V} * 63 \text{ A} * 0,96 = 41,9 \text{ kW} \quad (1)$$

Latausteho per latauspiste jos kaikki latauspisteet ovat käytössä:

$$42 \text{ kW} / 7 \text{ latauspistettä} = 6 \text{ kW}$$

Alla olevassa taulukossa 3 on laskettu 6 kW latausteholla eri latausajoilla saatavia ajomatkoja:

Taulukko 3. Latausaika / ajomatka 6 kW teholla.

Latausaika:	Latautuva ajomatka:
1 tunti	30 km
2,5 tuntia	75 km
5 tuntia	150 km
10 tuntia	300 km

Taulukosta 3 nähdään, että 5 tunnin latausajalla saadan ladattua suunnittelun lähtökohtana ollut 150 km päivittäinen ajomatka. Tämä 6 kW per latauspiste oleva latausteho on saatavilla aina yön yli latauksia varten. Lisäksi sama latausteho on saatavilla kaikissa muissa tilanteissa paitsi sähkön kulutuspiikeissä, jotka historiatrendejä katsomalla ovat kestäneet muutaman tunnin vuorokaudessa. Tarkemmin historiatrendejä tutkimalla voidaan todeta, että 6 kW per latauspiste oleva latausteho on saatavilla 20 tuntia vuorokaudessa. Pitää muistaa, että harvoin on sellaisia tilanteita, jossa kaikki 7 latauspistettä ovat käytössä täydellä latausteholla. Suurimpana osana vuorokauden ajoista yhdelle latauspisteelle tarjolla on suurempi latausteho. Teoriassa tarjolla voi olla jopa 42 kW latausteho, jos vain yksi latausasema on käytössä. Tässä tulee tietenkin vastaan kaikkien valmistajien latausasemien kapasiteetit, koska taloyhtiökäyttöön suunnitellut latausasemat pystyvät 3-vaiheisena maksimissaan 22 kW lataustehoon. Kiinteistön liittymä ja pääsulakkeet eivät riitä mitoitukseltaan myöskään, että kaikki 7 latauspistettä olisivat käytössä 22 kW latausteholla. Tässä selvityksessä varaudutaan kuitenkin sähköautojen määrän kasvuun ja tekniikan kehittymiseen, joten suunnitellut kaapeloinnit mitoitetaan mahdollisimman suuren tässä kohteessa järkevän lataustehon mukaan ja latausasemat valitaan myös tämän mukaan. Ryhmäjohdoissa rajoittavana tekijänä tulee olemaan pisimmän johdon oikosulkuvirran toteutuminen 0,4 sekunin poiskytkennällä.

Kuvitellaan ja lasketaan tilanne, että latausjärjestelmää kuormitetaan täydellä 42 kW teholla ja lisäksi tulee kiinteistön kulutuspiikki P_{piikki} 18 kW.

$$P_{\text{ylikuormitus}} = P_{63A_{\text{max}}} + P_{\text{piikki}} = 42 \text{ kW} + 18 \text{ kW} = 60 \text{ kW}$$

$P_{\text{ylikuormituksen}}$ kuormitusvirta on tällöin:

$$60\,000 \text{ W} / \sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,96 = 90,2 \text{ A} \quad (3)$$

Kiinteistön 80 A pääsulakkeet ylikuormittuvat tällaisessä tapauksessa. Näin mitoitettu latausjärjestelmä voidaan toteuttaa vain kuormanhallinnan avulla. Kiinteistön liittymän kokonaiskuormitusta mitataan ja kuormanhallinta pienentää lataustehoja automaattisesti, kun kiinteistön liittymän kuormitus lähenee liittymän laskennallista huipputehoa P_{Ihuippu} 53 kW. Lisäksi kuormanhallinta jakaa käytettävissä olevan lataustehon käytössä olevien latauspisteiden välillä

ja näin jokainen lataaja saa maksimaalisen lataustehon, jos sitä on vain käytettävissä.

Teoriassa jokainen latauspiste olisi mahdollista kaapeloida omalla syöttökaapelilla kiinteistön pääkeskukselta. Käytännössä tämä ei ole järkevää, koska kiinteistön pääkeskuksen ja autotallin pitkän noin 55 metrin välimatkan takia. Kauimmaiselle latauspisteelle kaapelin pituus pääkeskukselta vedettynä olisi noin 75 metriä. Lisäksi vanhassa pääkeskuksessa on rajoitetusti tilaa käytössä. Latausjärjestelmä olisi järkevä rakentaa omalla latauskeskuksella, jolloin pääkeskuksesta ei tarvitse vetää kuin yksi syöttökaapeli latauskeskusta varten. Latauskeskus sijoitettaisiin autotallin takaseinään ja kaikki latauspisteet kaapeloitaisiin omilla syöttökaapeleilla autotallin takaseinää pitkin.

Kiinteistön tekninen tila ja pääkeskus sijaitsevat alla olevan kuvan 31 vasemman puolisen oven takana. Latauskeskuksen syöttökaapelin reitti on merkattu alla oleviin kuviin 31 ja 32 punaisella katkoviivalla.

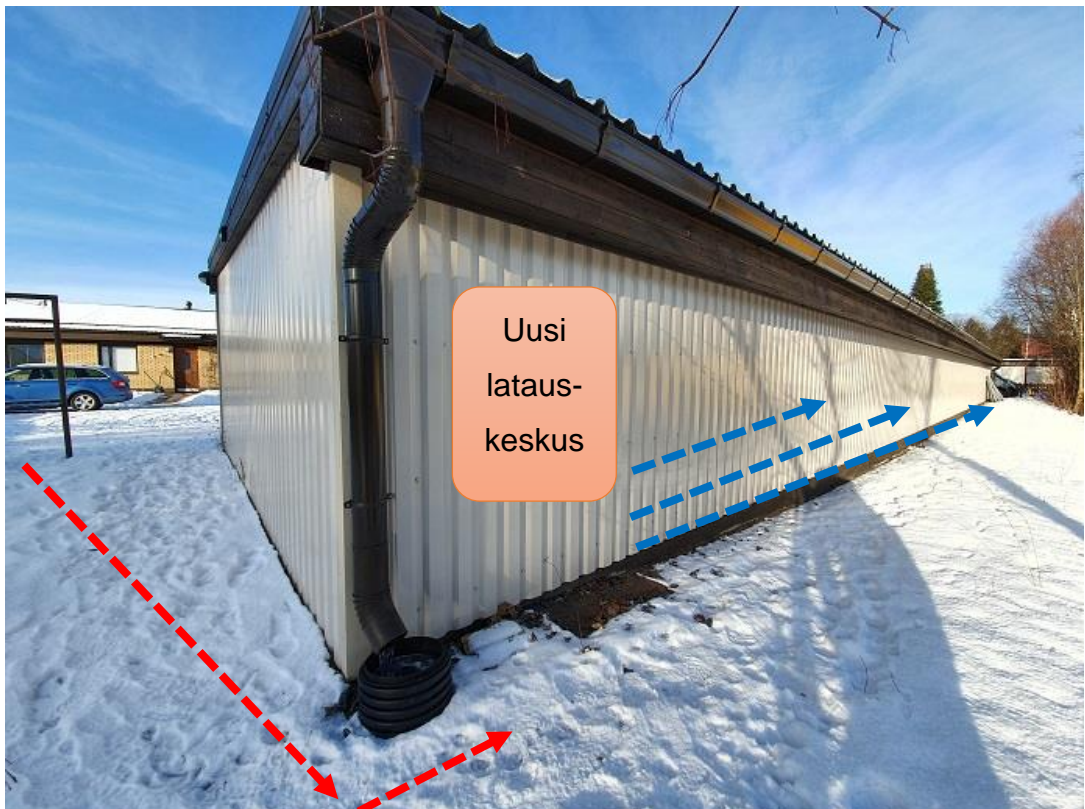


Kuva 31. Tekninen tila ulkopuolelta ja kaapelireitti (Kirjoittajan kuva).



Kuva 32. Kaapelireitti autotallille (Kirjoittajan kuva).

Alla olevassa kuvassa 33 on merkattu latauskeskuksen syöttökaapelin reitti punaisella katkoviivalla. Lisäksi kuvassa näkyy latauskeskuksen sijoituspaikka ja sinisellä katkoviivalla latauspisteiden syöttökaapeleiden suunnat.



Kuva 33. Latauskeskuksen sijoitus autotallin takaseinälle ja kaapelireitit (Kirjoittajan kuva).

8.3.1 Uusi latauskeskus ja syöttökaapeli

Kohdassa 8.3 pohdittiin kiinteistön tehonkulutusta eri tilanteissa ja päädyttiin laskujen kautta suunnittelemaan latausjärjestelmä toimimaan kuormanhallinnalla, jotta kaikissa tilanteissa saataisiin tarvittaessa hyödynnettyä maksimaalinen käytettävissä oleva latausteho. Latauspisteiden yhteen lasketun kuormitusvirran mukaisesti pääkeskukseen asennetaan 3 x 63 A gG tyyppin tulppasulakkeet syöttökaapelin oikosulkusuojausta varten. Kirjan D1-2017 taulukosta 43.1 nähdään, että 63 A sulakkeella johdon on kestävä vähintään 70 A kuormitus. Syöttökaapeli tulee kulkemaan lyhyen matkan seinää pitkin ja suurimman osan matkasta suojaputkessa maassa. D1-2017 taulukosta 52.1 nähdään, että pinta-asennustapa C:llä 16 mm² kuparijohdin kestää kuormitusta 80 A ja 25 mm² alumiinijohdin 77 A. Nämä molemmat täyttävät kaapelin kuormitettavuuden vaatimuksen 63 A. Tulevaisuutta ajatellen on hyvä pohtia syöttökaapelin kokoa. Onko teknisesti ja taloudellisesti järkevää valita pykälää suurempi kaapeli, jotta kaapelissa olisi kapasiteettia mahdollisesti tulevaisuudessa tarvittavia suurempia lataustehoja varten. Kaapelityypin MCMK 4x16+16 mm² ja MCMK 4x25+16 mm² arvolisäverollinen hintaero 55 metrin kaapelilla on noin 370 euroa. Lisäksi kannattaa asentaa ylimääräinen suojaputki maahan tulevalle osuudelle mahdollisia uusia kaapelivetoja varten.

Lasketaan edellä valituilla kupari- ja alumiinikaapeleilla toteutuuko D1-2017 taulukon 41.5 vaatima pienin oikosulkuvirta, joka on 63 A gG-sulakkeella 5 sekunin poiskytkennällä 320 A. D1-2017:n taulukosta 41.6 löytyy kaapeleiden likimääräisiä impedansseja, joita käytetään alla olevissa laskuissa. Syöttökaapelin pituus teknisestä tilasta autotallin takaseinälle on 55 metriä.

Kuparikaapeliksi valitaan MCMK 4x16+16 mm² ja lasketaan oikosulkuvirta:

$$Z_{\text{kuparisyöttö}} = 1,418 \Omega/\text{km} + 1,418 \Omega/\text{km}$$

$$Z_{\text{ks}} = 2 \times 1,418 \Omega/\text{km} \times 0,055 \text{ km} = 0,156 \Omega \quad (8)$$

$$Z_{\text{pääkeskus}} = 0,5 \Omega$$

$$Z_{\text{ksskok}} = Z_{\text{ks}} + Z_{\text{pääkeskus}} = 0,156 \Omega + 0,5 \Omega = 0,656 \Omega$$

$$I_{\text{lk}} = (0,95 \times 400\text{V}) / (\sqrt{3} \times Z_{\text{ksskok}}) = (0,95 \times 400\text{V}) / (\sqrt{3} \times 0,656 \Omega) = 334 \text{ A} \quad (9)$$

Alumiinikaapeliksi valitaan AMCMK 4x25+16 mm² ja lasketaan oikosulkuvirta:

$$Z_{\text{alumiinisyöttö}} = 1,492 \text{ } \Omega/\text{km} + 1,418 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$Z_{\text{as}} = (1,492 \text{ } \Omega/\text{km}) + (1,418 \text{ } \Omega/\text{km}) \times 0,160 \text{ km} = 0,160 \text{ } \Omega \quad (8)$$

$$Z_{\text{pääkeskus}} = 0,5 \text{ } \Omega$$

$$Z_{\text{askok}} = Z_{\text{as}} + Z_{\text{pääkeskus}} = 0,116 \text{ } \Omega + 0,5 \text{ } \Omega = 0,616 \text{ } \Omega$$

$$I_{\text{lk}} = (0,95 \times 400\text{V}) / (\sqrt{3} \times Z_{\text{askok}}) = (0,95 \times 400\text{V}) / (\sqrt{3} \times 0,616 \text{ } \Omega) = 356 \text{ A} \quad (9)$$

Nähdään, että molemmilla kaapeleilla toteutuu 63 A gG sulakkeen vaatima pienin oikosulkuvirta 320 A.

Jos latausjärjestelmä suunniteltaisiin ilman kuormanhallintaa kohdan 8.3 esitettyjen laskujen mukaisesti latauspisteiden yhteen laskettu kuormitusvirta voisi olla maksimissaan 50 A. Tällöin pääkeskuksessa käytettäisiin 3 x 50 A gG tyyppin sulakkeita syöttökaapelin oikosulkusuojasta varten.

Kirjan D1-2017 taulukosta 43.1 nähdään, että 50 A sulake vaatii kaapelilta kuormitettavuuden kestoa vähintään 55 A. Syöttökaapeli tulee kulkemaan lyhyen matkan seinää pitkin ja suurimman osan matkasta suojaputkessa maassa. D1-2017:n taulukosta 52.1 nähdään, että pinta-asennustapa C:llä 10mm² kuparijohdin kestää kuormitusta 60 A ja 16 mm² alumiinijohdin 62 A. Nämä molemmat täyttävät kaapelin kuormitettavuuden vaatimuksen 55 A. Tälläkin tavalla toteutetun latausjärjestelmän rakentamisessa kannattaisi ajatella pitkälle tulevaisuuteen ja harkita kokoa suuremman syöttökaapelin vetämistä. Kohdassa 8.3 laskettiin, että 50 A latausvirralla saadaan kokonaislataustehoiksi 35 kW, joka tarkoittaa per latauspiste 5 kW lataustehoa, jos kaikki latauspisteet ovat käytössä yhtä aikaa.

Lasketaan molemmilla kaapeleilla, toteutuuko D1-2017 taulukon 41.5 vaatima minimi oikosulkuvirta, joka on 50 A gG-sulakkeella 5 sekunin poiskytkennällä 250 A. D1-201:n taulukosta 41.6 löytyy kaapeleiden likimääräisiä impedansseja, joita käytetään alla olevissa laskuissa. Syöttökaapelin pituus teknisestä tilasta autotalliin on 55 metriä.

Kuparikaapeliksi valitaan MCMK 4x10 + 10 mm² ja lasketaan oikosulkuvirta.

$$Z_{\text{kuparisyöttö}} = 2,246 \text{ } \Omega/\text{km} + 2,246 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$Z_{\text{ks}} = 2 \times 2,246 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0,055 \text{ km} = 0,247 \text{ } \Omega \quad (8)$$

$$Z_{\text{pääkeskus}} = 0,5 \text{ } \Omega$$

$$Z_{\text{kskok}} = Z_{\text{ks}} + Z_{\text{pääkeskus}} = 0,180 \text{ } \Omega + 0,5 \text{ } \Omega = 0,68 \text{ } \Omega$$

$$I_{\text{lk}} = (0,95 \times 400\text{V}) / (\sqrt{3} \times Z_{\text{kskok}}) = (0,95 \times 400\text{V}) / (\sqrt{3} \times 0,68 \text{ } \Omega) = 322 \text{ A} \quad (9)$$

Alumiinikaapeliksi valitaan AMCMK 4x16 + 10 Cu mm² ja lasketaan oikosulkuvirta.

$$Z_{\text{alumiinisyöttö}} = 2,326 \text{ } \Omega/\text{km} + 2,246 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$Z_{\text{as}} = (2,326 \text{ } \Omega/\text{km}) + (2,246 \text{ } \Omega/\text{km}) \times 0,055 \text{ km} = 0,251 \text{ } \Omega \quad (8)$$

$$Z_{\text{pääkeskus}} = 0,5 \text{ } \Omega$$

$$Z_{\text{askok}} = Z_{\text{as}} + Z_{\text{pääkeskus}} = 0,251 \text{ } \Omega + 0,5 \text{ } \Omega = 0,751 \text{ } \Omega$$

$$I_{\text{lk}} = (0,95 \times 400\text{V}) / (\sqrt{3} \times Z_{\text{askok}}) = (0,95 \times 400\text{V}) / (\sqrt{3} \times 0,751 \text{ } \Omega) = 292 \text{ A} \quad (9)$$

Tässäkin tapauksessa nähdään, että molemmilla kaapeleilla toteutuu 50 A gG sulakkeen vaatima pienin oikosulkuvirta, joka on D1-2017:n taulukon 41.5 mukaisesti 250 A.

Tutkitaan vielä, minkälainen syöttökaapeli latauskeskukselle pitäisi vetää teoreettista tilannetta varten, että kaikilla seitsemällä asukkaalla olisi mahdollisuus ladata yhtä aikaa 22 kW:n teholla.

Latauspisteiden latausteho yhteensä:

$$22 \text{ 000 W} \times 7 \text{ latauspistettä} = 154 \text{ kW}$$

Latauspisteiden kuormitusvirta yhteensä:

$$154 \text{ 000 W} / \sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 0,96 = 231,5 \text{ A} \quad (3)$$

Valitaan D1-2017:n taulukosta 43.1 lähin suurempi gG-tyypin sulakekoko, joka on 250 A. Tämän kokoinen sulake vaatii kaapelilta kuormitettavuuden kestoa vähintään 276 A. Taulukosta 52.1 nähdään, että pinta-asennustapa C:llä 120

mm² kuparijohdin kestää kuormitusta 276 A ja 185 mm² alumiinijohdin 276 A. 55 metrin MCMK 4x120+70 mm² kaapeli maksaa noin 4600 euroa ja AMCK 4x25+16 mm² kaapeli noin 1600 euroa. Nähdään, että pelkästään latauskeskuksen syöttökaapelin hinta aivan eri luokkaa verrattuna järjestelmässä, jossa kokonaislatausteho on maksimissaan 42 kW ja latausteho per latauspiste on 6 kW jos kaikki latauspisteet ovat käytössä. Jälleen kerran on nostettava esille asukkaiden käyttäjäprofiilin määrittelyn tärkeys. Ylitehokkaan latausjärjestelmän rakentaminen tai sellaisen rakentamisen varautumiseen nostaa latausjärjestelmän kustannuksia huomattavasti.

Latauskeskus varustetaan tässä vaiheessa jokaista latauspistettä varten 3 x 16 A gG-tyypin sulakkeilla, joka riittävät maksimissaan 11 kW lataustehoon. Lisäksi latauskeskukseen pitää asentaa tarvittavat vikavirtasuojat ja mahdolliset kWh-mittaukset sekä kommunikaatio- ja kuormanhallintayksikkö. Latauskeskuksen varustelu riippuu siitä kenen valmistajan latausasemat ja kuormanhallintajärjestelmä valitaan. Joillakin valmistajilla on riittävät suojaukset sekä kWh-mittaus asennettuna itse latausasemaan.

8.3.2 Latauspisteiden ryhmäjohtojen mitoitus

Valitun suunnittelutavan hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että ryhmäjohtojen pituuden jäävät suhteellisen lyhyiksi ja niiden asentaminen on erittäin helppoa pintavetona autotallin takaseinää pitkin. Ainoat läpiviennit tulisivat jokaisen latauspisteen kohdalle. Pisin ryhmäjohto tulisi olemaan 20 metrin pituinen. Loput kuusi ryhmäjohtoa olisivat arviolta pituudeltaan 17 m, 14 m, 11 m, 8 m, 5 m ja 3 m. Yhteensä ryhmäjohtoa menisi kaapelointiin 78 metriä. Toinen vaihtoehto on riippuen hankittavista latausasemista, että kaksi asukasta käyttää yhtä kahden latauspistorasian omaavaa latauspistettä. Tällöin latausasemien määrä olisi $2 \times 3 + 1 = 7$ kpl. Ryhmäjohtoja ei tässä tapauksessa tarvitsisi vetää kuin 4 kappaletta.

Kohdassa 8.3 laskettiin, että latauksen huipputeho 63 ampeerille on $P_{63A_{max}} = 41,9$ kW ja todettiin, että näin suurta lataustehoa voidaan käyttää pelkästään kuormanhallinnan kanssa. Samalla laskettiin, että latausteho per latauspiste olisi 6 kW, jos kaikki latauspisteet ovat käytössä. Alla olevassa taulukossa 4

on esitetty käytössä olevien latauspisteiden vaikutus lataustehoon per latauspiste.

Taulukko 4. Latauspisteiden vaikutus lataustehoon.

Latauspisteitä käytössä:	Latausteho per latauspiste:
1 kpl	42 kW
2 kpl	21 kW
3 kpl	14 kW
4 kpl	10,5 kW
5 kpl	8,4 kW
6 kpl	7,0 kW
7 kpl	6,0 kW

Taulukosta 4 nähdään, että käytettävissä oleva latausteho yhdellä ja kahdella latauspisteellä on reilusti enemmän kuin mitä suunnittelun lähtökohdaksi määriteltä 150 km ajomatkaa varten tarvitaan. Tätä asiaa miettiessä on hyvä muistaa, että suurin osa ladattavista hybrideistä kykenee tällä hetkellä vain vaihtosähkölataukseen 1-vaiheisena enintään 3,7 kW teholla. Sähköautot kykenevät tällä hetkellä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta vaihtosähköllä 1-vaiheisina 7,4 kW lataustehoon ja 3-vaiheisina 22 kW lataustehoon. Otetaan kuitenkin huomioon tekniikan kehittyminen lähitulevaisuudessa ja mitoitetaan latauspisteiden ryhmäjohtot 22 kW latausteholle.

Latauskeskuksen latausasemien lähdöt varustetaan 32 A gG-tyyppin sulakkeilla. Ryhmäjohtojen asennustapa määrää tarvitseeko käyttää kuormitettavuuden korjauskertoimia. Jos kaapelit asennetaan yhteen kerrokseen esim. kiinnikkeillä, D1-2017:n taulukon 52.11 mukaan 7 johdon korjauskerroin olisi 0,79.

Korjauskertoimella korjattu kuormitettavuus:

$$32 \text{ A} / 0,79 = 40,5 \text{ A}$$

Valitaan kaapeli D1-2017 taulukosta 52.1 asennustavan C eli asennus seinällä mukaan. 6 mm² kuparikaapelin kuormitettavuus on maksimissaan 43 A, joten kyseinen kaapeli kestää vaadittavan kuormituksen, jossa on huomioitu korjauskerroin. Todellisuudessa kaapelien asennus voidaan toteuttaa niin, että

korjauskerrointa ei tarvitse huomioida. Tällöin D1-2017 taulukon 52.1 asennustavan C eli asennus seinällä mukaan riittäisi 4 mm² kuparikaapeli, jonka kuormitettavuus on maksimissaan 34 A.

Lasketaan, toteutuuko valitulla 6 mm² kokoisella kaapelilla D1-2017 taulukon 41.5 vaatima pienin oikosulkuvirta, joka on 32 A gG-tyyppin sulakkeella 0,4 sekunin poiskytkennällä 270 A. D1-2017:n taulukosta 41.6 (s. 96) löytyy kaapelien likimääräisiä impedansseja, joita käytetään alla olevissa laskuissa. Lasketaan oikosulkuvirran toteutuminen pisimmän ryhmäjohton mukaan, jonka pituus olisi 20 metriä.

Ryhmäjohdoksi latauspisteelle valitaan kuparikaapeli MMJ 4x6 + 6 mm² ja lasketaan oikosulkuvirta.

$$Z_{\text{kuparij}} = 3,660 \Omega/\text{km} + 3,660 \Omega/\text{km}$$

$$Z_{\text{rs}} = 2 \times 3,660 \Omega/\text{km} \times 0,02 \text{ km} = 0,146 \Omega \quad (8)$$

$$Z_{\text{kskok}} = 0,656 \Omega \text{ (Tämä on laskettu kohdassa 8.3.2)}$$

$$I_{\text{lk}} = (0,95 \times 400\text{V}) / (\sqrt{3} \times Z_{\text{kskok}} + Z_{\text{rs}}) = (0,95 \times 400\text{V}) / (\sqrt{3} \times 0,656 \Omega + 0,146 \Omega) = 273 \text{ A} \quad (9)$$

Laskelma osoittaa, että valitulla kaapelilla toteutuu 32 A gG-tyyppin sulakkeen vaatima pienin oikosulkuvirta 0,4s poiskytkennällä, joka on D1-2017:n taulukon 41.10 mukaan 270 A.

8.3.3 Latausasemat

Latausasemien valintaan vaikuttaa muutama reunaehto. Tärkein reunaehto, että hankittavissa laitteissa on mahdollisuus kuormanhallintaan, jotta kaikissa tilanteissa voidaan tarvittaessa hyödyntää aina maksimaalista kiinteistön liittymässä tarjolla olevaa lataustehoa. Kuormanhallinnan järjestelmä olisi järkevää hankkia samalta toimittajalta kuin latausasemat, jotta laitteiden yhteensopivuuden kanssa ei tule ylimääräistä työtä laitteiden käyttöönoton aikana. Lisäksi latausasemia ja kuormahallintaa voitaisiin käyttää ja seurata tarvittaessa etänä valmistajan sovelluksella joko mobiililaitteella tai tietokoneella. Tämä edellyttää, että hankitaan laitteet, joissa on tuki etäyhteyteen. Tunnistautuminen latausasemalle on oltava mahdollista vähintään RFID:llä, mutta mahdollisesti

myös etänä älylaitteella. Toinen tärkeä reunaehto on hankittavien latausasemien määrä. Jos kaksi asukasta pystyisi käyttämään yhtä latausasemaa, jossa on latausmahdollisuus kahdelle sähköautolle, latauslaitteita tarvitsee hankkia vain 3 + 1 kpl = yhteensä 4 kpl. Asiaa vaikeuttaa se, että autotallissa jokainen autopaikka on erotettu omaksi paikaksi verkkorakenteisilla sivuseinillä. Tästä johtuen autotalli ei ole sivusuunnassa läpikuljettava vaan jokainen asukas pääsee vain omalle autopaikalleen. Lisäksi yhden latausaseman sijoittaminen kahdelle käyttäjälle sopivaan paikkaan voi aiheuttaa hankaluuksia. Eri valmistajien sähköautoissa latauspistokkeen sijoituspaikka voi olla lähes missä tahansa, auton edessä, takana tai jommassa kummassa sivussa. Tämä voi johtaa siihen, että osa latauspisteiden käyttäjistä joutuisi peruuttamaan auton autotalliin tai hankkimaan pitkän latauskaapelin. Lisäksi autopaikkojen verkkorakenteisia sivuseiniä pitäisi poistaa sen verran, että molemmat käyttäjät pääsisivät vaivatta käsiksi yhteiseen latausasemaan. Tätä ratkaisua on syytä miettiä ja keskustella taloyhtiössä, kun latausjärjestelmän hankitaa ruvetaan suunnittelemaan.

8.3.4 Kustannusarvio

Sähköautojen latausvalmiuden saaminen jokaiselle seitsemälle asunnolle vaatii huomattavan investoinnin. Alla olevassa taulukossa 5 on laskettu kustannusarvio latausjärjestelmälle. Laskelmassa käytetyt alv 24% hinnat eivät perustu tarjouksiin vaan toimittajien WWW-hinnastoihin tai hinta-arvioihin.

Taulukko 5. Latausjärjestelmän kustannusarvio.

Kustannus:	Määrä:	Hinta:
Järjestelmän suunnittelu ja tarjouskyselyt	1 kpl	700 €
Latauskeskuksen syöttökaapelin sulakkeet ja asennus pääkeskukseen	1 kpl	260 €
Latauskeskuksen syöttökaapelin kaapeliojan kaivuu	1 kpl	620 €
Latauskeskuksen syöttökaapeli, suojaputki ja asennus	55 m	1 120 €
Latauskeskus, sulakelähdöt, vikavirtasuojat ja asennustyö	1 kpl	6 200 €
Ryhmäjohdot latauspisteille ja kaapelivedot	78 m	1 184 €
Latausasema	7 kpl	6650 €
Latausaseman asennus, kytkentä ja käyttöönotto	7 kpl	1 960 €
Kuormanhallintajärjestelmä, asennus ja käyttöönotto	1 kpl	2 000 €
	Yhteensä	20 694 €

9 YHTEENVETO

Ladattavien hybridien ja täyssähköautojen määrä lisääntyi vuonna 2019 erittäin voimakkaasti. Vuonna 2020 sähkökäyttöisten autojen määrän odotetaan lisääntyvän räjähdysmäisesti. Julkinen latausverkko kehittyy nopealla tahdilla, ja valtio on ohjannut siihen resursseja sekä varoja. Täyssähköautoille on saatavilla hankintatuki, ja asuinrakennuksille myönnetään avustusta latausinfraan rakentamiseen. Kaikilla näillä toimilla on päästä kansalliseen tavoitteeseen, jolla kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt puolitetaan vuoteen 2030 mennessä. Autojen osalta ollaan tällä hetkellä tilanteessa, että useilta valmistajilta on tullut tai on tulossa paljon uusia ladattavia hybridi- ja täyssähköautomalleja. Autojen tekniikka kehittyy nopealla vauhdilla, ja hinnat laskevat kiristyvän kilpailun takia. Henkilöautoliikenteen kehittyminen sähköiseen suuntaan näyttää väistämättömältä, joten siihen on hyvä varautua.

Selvitystä tehdessä huomasin, että sähköautoihin ja niiden lataamiseen on jo olemassa paljon standardeja ja suosituksia. Asioita on mietityt niin EU- kuin kansallisella tasolla. Standardeihin tutustumisen jälkeen latauslaitteiston suunnittelu on sähkötekniisesti selkeää ja ongelmattonta. Oli mielenkiintoista huomata, miten rajallinen kapasiteetti kiinteistön sähköliittymässä on suhteessa sähköautojen lataamiseen tarvittavaan sähkötehoon. Parilla latausasemalla, jossa on suosituksen mukainen latausteho, ylitetään jo koko kiinteistön historiassa ollut huipputeho. Sähköliittymän rajallisuus tuo latausjärjestelmän suunnitteluun haasteita. Pitää miettiä ja määrittää käyttäjäprofiilit sekä asettaa reunaehdot latausjärjestelmälle, jonka mukaan suunnittelu tehdään. Käyttäjäprofiileita miettiessä huomasin nopeasti, että erilaisia lataustilanteita on todella paljon, eikä niihin kaikkiin ole edes käytännössä mahdollista varautua teknisesti. Käyttäjäprofiilit ja muut reunaehdot määrittävät suunniteltavan latausjärjestelmän kapasiteetin.

Kapasiteettia on myös tärkeä miettiä, koska kapasiteetti ja tehokkuus kulkevat käsi kädessä investoinnin hinnan kanssa. Onko järkevää ja perusteltua investoida 15 000 euroa enemmän, jotta maksimaalinen latausteho on käytettävissä kaikissa latauspisteissä myös kiinteistön muun sähköverkon huippukuormituksen hetkinä? Uskon, että tämän selvityksen perusteella taloyhtiön osakkailla on riittävästi tietoa käytettävissä, miten sähköautoiluun tulee varautua ja minkälaisia investointeja tarvitaan.

LÄHTEET

1. Ballis, M, 2017. The History of Electric Vehicles Began in 1830. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.thoughtco.com/history-of-electric-vehicles-1991603> [viitattu 31.1.2020].
2. Wikipedia. 2020. Kriéger Company of Electric Vehicles. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Kri%C3%A9ger_Company_of_Electric_Vehicles [31.1.2020].
3. Yle. 2015. Sähköautoilla huristeltiin jo 100 vuotta sitten. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-8042447> [viitattu 31.1.2020].
4. The Fascinating History of Tesla and General Motors EV1. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://medium.com/pushtostart/the-fascinating-history-of-tesla-and-the-general-motors-ev1-f00e4af62f78> [31.1.2020].
5. Wikipedia. 2020. Sähköautojen historia. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6autojen_historia [viitattu 31.1.2020].
6. Helsingin Sanomat. 2020. Suomen autokanta sähköistyy vauhdilla. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000006366689.html> [17.1.2020].
7. Valtioneuvosto. 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/3506436/Valtioneuvoston_selonteko_kansallisesta_energia-+ja+ilmastostrategiasta_vuoteen+2030.pdf [viitattu 17.1.2020].
8. LiikenneFAKTA. 2020. Liikenteen kasvihuonepäästöt ja energiankulutus. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/paastot_ja_energiankulutus [viitattu 17.1.2020].
9. Vero. 2019. Luontoisedut verotuksessa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/47886/luontoisedut-verotuksessa3/> [viitattu 17.1.2020].
10. VihreäKaista. 2016. Millainen on sähköautojen verotus? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://vihreakaista.fi/fi-fi/article/sahko/sahkoauton-verotus/413/> [viitattu 17.1.2020].
11. Veronmaksajat. 2020. Autovero. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.veronmaksajat.fi/Asunto-ja-auto/Autovero/> [viitattu 17.1.2020].
12. Finlex. 2018. Laki autoverolain muuttamisesta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180570> [viitattu 17.1.2020].

13. Traficom. 2020. Ajoneuvoveron rakenne ja määrä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/ajoneuvoveron-rakenne-ja-maara> [viitattu 17.1.2020].
14. Traficom. 2020. Sähköauton hankintatuki. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/sahkoauton-hankintatuki> [viitattu 21.1.2020].
15. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. 2020. Avustus sähköautojen latausinfraan rakentamiseen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ara.fi/latausinfra-avustus> [viitattu 21.1.2020].
16. SESKO. 2019. Sähköajoneuvojen lataussuositus. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.sesko.fi/files/1098/Lataussuositus_2019_2019-05-27.pdf [viitattu 23.1.2020].
17. ST 51.90. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. 2018. Sähkötieto ry. [viitattu 23.1.2020].
18. Teknologiateollisuus. 2019. Sähköisen liikenteen tilannekatsaus Q4/2019. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://emobility.teknologiateollisuus.fi/sites/emobility/files/inline-files/S%C3%A4hk%C3%B6inen%20liikenne%20tilannekatsaus%202019%20Q4%2020200130%20jaettava.pdf> [viitattu 31.1.2020].
19. Latauspisteet. 2020. Sähköautojen latauspisteet kartalla. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://latauskartta.fi/> [viitattu: 24.1.2020].
20. EUR-Lex. 2014. Euroopan parlamentin ja neuvoston Direktiivi 2014/94/EU. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0094> [viitattu 24.1.2020].
21. PluginCars. 2013. European Commission Backs Menneks Type 2 Electric Car Plug. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.plugincars.com/european-commission-wants-act-help-evs-126265.html> [viitattu 3.2.2020].
22. PLUGIT. 2020. Latauspistoketyypit Sähköautoille. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://latauslaitteet.fi/artikkelit/latauspistoketyypit-sahkoautoille/> [viitattu 3.2.2020].
23. Ensto. 2020. Ensto lyhyesti. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/yhtio/yritys/ensto-lyhyesti/> [viitattu 3.2.2020].
24. Ensto. 2020. Sähköauton lataus – eFiller. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkoauton-lataus/efiller/> [viitattu 3.2.2020].

25. Ensto. 2020. Sähköauton lataus – Wallbox. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkoauton-lataus/wallbox/> [viitattu 3.2.2020].
26. Ensto. 2020. Sähköauton lataus – Pro. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkoauton-lataus/pro/> [viitattu 3.2.2020].
27. Ensto. 2020. Sähköauton latauspalvelu – EV Manager. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/sahkoauton-lataus/sahkoauton-latauspalvelu-ev-manager/> [viitattu 3.2.2020].
28. Ensto. 2020. Sähköauton latauspalvelu – Lisäpalvelut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/services/sahkoautojen-latauspalvelut/lisapalvelut/> [viitattu 3.2.2020].
29. Sähköautojen latausjärjestelmien suunnittelijan opas. 2019. Ensto. [viitattu 3.2.2020].
30. Garo. 2020. Garo yrityksenä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://garo.fi/yritys/> [viitattu 4.2.2020].
31. Garo. 2020. Pistorasiaelementti. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://garo.fi/tuoteryhma/pistorasiaelementti/> [viitattu 4.2.2020].
32. Garo. 2020. Peruslataus GLBDC. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://garo.fi/tuote/glbdc-t274fc-a/> [viitattu 4.2.2020].
33. Garo. 2020. Peruslataus LS4. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://garo.fi/tuote/l4m-t222wo/> [viitattu 4.2.2020].
34. Satmatic. 2020. Satmatic yrityksenä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.satmatic.fi/Satmatic> [viitattu 4.2.2020].
35. Satmatic. 2020. eTolppa järjestelmä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.satmatic.fi/eTolppa/ekauppa/g110/> [viitattu 4.2.2020].
36. Satmatic. 2020. Lataus- ja lämmitysasemat 8MM0466S. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.satmatic.fi/Lataus_ ja_ lammitysasema_Lata/ekauppa/p8MMO466S/ [viitattu 4.2.2020].
37. Satmatic. 2020. Latausasemat 8MM03106K2. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.satmatic.fi/Latausasema_3_6kW_kiinte_a_kaap/ekauppa/p8MMO3106K2/ [viitattu 4.2.2020].
38. Satmatic. 2020. Latausasemat 22 kW 8MMO15311. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.satmatic.fi/Latausasema_2x22kW_3_32A_Type/ekauppa/p8MMO15311/ [viitattu 4.2.2020].
39. Defa. 2020. Tietoa DEFA:sta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.defa.com/fi/tietoa-defa/> [viitattu 4.2.2020].

40. Defa. 2020. Defa homeCLU. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.defa.com/fi/sahkoauton-lataus/homeclu/> [viitattu 4.2.2020].
41. Defa. 2020. Sähköautojen latausratkaisu taloyhtiöille. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.defa.com/content/uploads/Documentation/EV-Charging/Marketing-materials/DEFA_e-mobility_taloyhtioesite_v2-1.pdf [viitattu 4.2.2020].
42. Defa. 2020. Sähköauton lataus kotona. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.defa.com/fi/sahkoauton-lataus/kotiin/> [viitattu 4.2.2020].