

Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Mikko Leväharju

# Sähköautojen latausjärjestelmä Triplan pysäköintilaitoksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Talotekniikka  
Insinöörityö  
01.11.2019

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Mikko Leväharju Sähköautojen latausjärjestelmä Triplan pysäköintilaitoksessa 25 sivua 01.11.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	lehtori Matti Sundgren sähkösuunnittelija Arto Saarnio
<p>Insinööritöiden tavoitteena oli koota tietoa sähköautoista, niiden erilaisista lataustekniikoista ja latausjärjestelmän suunnitteluun vaikuttavista vaatimuksista. Työ suoritettiin pääosin kirjallisuustutkimuksena, mutta materiaalia työhön syntyi myös tutustumalla Pasilan Triplan valmistuneen sähköautonlatausjärjestelmän tekniikkaan ja toteutukseen toimiessani urakan sähkövalvojana.</p> <p>Sähköautojen osalta syvennettiin täyssähkö- ja hybridautojen tekniikan eroihin, toimintatavoihin vaikuttaviin asioihin ja yleisimmin käytössä oleviin latauspistokkeisiin. Latausjärjestelmän suunnitteluun liittyviä vaatimuksia varten tutkittiin voimassa olevia standardeja ja ohjeistoja.</p> <p>Insinööritöiden tuloksena syntyi sähköautonlatausjärjestelmän suunnittelun perusteita tiivistäen selvittävä työ, helpottamaan suunnittelun aloitusta. Työssä esitetyt suunnitteluun vaikuttavat vaatimukset ovat itselleni urakan valvontatehtävässä esiin tulleita asioita, joita olen joutunut selvittämään standardeja sekä ohjeistoja tutkimalla.</p>	
Avainsanat	sähköauto, sähköauton lataus

Author Title	Mikko Leväharju Electric Vehicle Charging System at Mall of Tripla car park
Number of Pages Date	25 pages 01 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Electrical Building Services
Instructors	Matti Sundgren, Senior Lecturer Arto Saarnio, Electrical Designer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to gather information about electric vehicles, different technologies of vehicle charging and the regulations affecting the electric vehicle charging systems. The study was carried out mostly by studying topic-related literature, but material for the study was also gathered by getting familiar with the implementation of Tripla's electric vehicle charging system while working as the electrical supervisor of a project.</p> <p>The differences between the technology used in battery electric vehicles and hybrid vehicles, the issues affecting the range, and the most commonly used recharging plugs and sockets were explored in the study. Existing standards and guidelines were examined for the requirements of the charging system design.</p> <p>As a result of this Bachelor's thesis, a concise study of the design principles of electric vehicle charging systems was created to facilitate the start of a design project. This Bachelor's thesis presents also regulations that affect the design.</p>	
Keywords	electric vehicle, electric vehicle charging

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Täyssähkö- ja hybridi ajoneuvojen erot	2
2.1	Täyssähköautot	2
2.2	Hybridiautot	3
2.2.1	Hybridiauto ilman latausmahdollisuutta	3
2.2.2	Ladattava hybridiauto	3
3	Energiankulutus ja toimitusaste	4
4	Julkinen latausverkosto	5
4.1	Julkisen latausverkon vaatimukset	5
4.2	Hallituksen tuet latausverkon kehittämiseksi	6
5	Standardit	7
6	Sähköautojen lataustekniikat	8
6.1	Kevyiden sähköajoneuvojen lataus (lataustapa 1)	8
6.2	Hidas lataus (lataustapa 2)	9
6.3	Peruslataus (lataustapa 3)	10
6.4	Teholataus (lataustapa 4)	12
7	Latausjärjestelmät	13
7.1	Vaatimukset mitoittamiseen ja kuormanhallintaan	14
7.2	Vaatimukset latauksen suojauksille	14
7.3	Vaatimukset mekaanisille ominaisuuksille	16
8	Sähköauton lataus Triplassa	17
8.1	Triplan sähköautonlatausjärjestelmän tekniikka	18
8.2	Latauskeskukset	19
8.3	Latausasemat	20

8.4	Latausjärjestelmän älykäs kuormanhallinta	21
8.5	eParking	22
9	Yhteenveto	23
	Lähteet	24

## Lyhenteet

HEV	Hybrid Electric Vehicle, hybridauto. Auton energialähteenä voidaan käyttää sekä sähkö- että polttomoottoria, mutta lataus ulkopuolisesta lähteestä ei ole mahdollista.
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle, hybridauto, jota voidaan ladata. Auton energialähteenä toimivat akusto, sähkömoottori sekä polttomoottori ja akuston lataus onnistuu myös ulkoisesta teholähteestä.
BEV	Battery Electric Vehicle, täyssähköauto. Auton energialähteenä toimivat käyttövoima-akusto ja sähkömoottori.
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö. Tukee mm. sähköautonlatausjärjestelmien rakentamista.
PWM	Pulse Width Modulation, pulssinleveysmodulaatio. Menetelmä, jossa pulssin suhdetta muuttamalla, voidaan säätää jännitteen keskiarvoa.
AC	Alternating Current, vaihtovirta. Ajan funktiona suuntaansa vaihteleva sähkövirta.
DC	Direct Current, tasavirta. Sähkövirran suunta pysyy muuttumattomana
IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
CAN	Controller Area Network. Automaatioväylä, mitä käytetään mm. ajoneuvoissa
CCS	Combined Charging System. 1 ja 2 tyypin Combo-pistokkeita hyödyntävä pikalataustapa.

## 1 Johdanto

Sähköautojen määrä tulee kasvamaan huomattavasti liikenteessä lähitulevaisuudessa. Suomen hallituksen linjaama poliittinen tavoite on, että vuonna 2030 autokannasta 10 % on hybridi- ja täyssähköautoja eli kaikkiaan noin 250 000 kappaletta [18]. Tämän hetken tilastoja seuraamalla voi huomata, että viitteitä vielä voimakkaammasta kasvusta sähköisen liikenteen suhteen on havaittavissa. Tästä syystä sähköautojen latausjärjestelmien suunnittelussa on tärkeää huomioida muuntojoustavuus ja varautua tulevaisuuden lisääntyviin lataustarpeisiin. Vuonna 2011 EU:n tekemän selvityksen johdosta, pyritään vähentämään liikenteessä syntyvien päästöjen määrää kehittämällä sähköautoilua. Sen perusteella laadittiin EU-direktiivi (2014/94/EU), antamaan perustan lainsäädännön kehittämiseksi sähköautoilulle ja sen lataustarpeille [19].

Tässä insinöörityössä tutkitaan pysäköintilaitoksen sähköautonlatausjärjestelmän suunnittelemista ja toteutusta. Työn on tarkoitus toimia pikaoppaana ja helpottaa sähköautojen latauspisteiden sähkösuunnittelun aloittamista, keräämällä tietoa saatavilla olevista lähteistä yksien kansien väliin. Työssä esitellään lisäksi sähköajoneuvojen eroja, lataustapoja sekä erilaisia lataukseen käytettäviä pistoketyyppejä.

Insinöörityössä tutkittavana kohteena toimii vuonna 2019 Pasilaan valmistuneen Triplan hybridirakennuksen noin 130 000 brm<sup>2</sup>:n pysäköintilaitoksen sähköautonlatausjärjestelmän toteutusurakka, jossa neljään kerrokseen valmistuu yhteensä 279 kpl sähköautonlatauspaikkoja. 143 kpl latauspisteistä on 3,6 kW:n paikkoja ja loput 136 kpl 11 kW:n paikkoja. Urakan rakennuttaja on YIT, ja toimin itse hankkeessa sähkövalvojana.

## 2 Täyssähkö- ja hybridiajoneuvojen erot

Tieliikennekäyttöön tarkoitetut sähköautot jaotellaan hybridi- ja täyssähköautoihin. Hybridiautot käyttävät energiavarastonaan eri voimanlähteitä, yleisimmin sähkö- ja polttomoottorin yhdistelmää. Tässä insinööriyössä hybridiautoista käsitellään sähköverkosta energiansa lataavia plug-in-hybridejä (PHEV) ja polttoaineella sekä jarrutusenergialla akkunsa lataavia hybridiajoneuvoja (HEV). Täyssähköautojen (BEV) akut ladataan sähköllä ja jaottelu autojen välillä suoritetaan lähinnä akun kapasiteetin, eli toimintamatkan mukaan.

### 2.1 Täyssähköautot

Sähkömoottoria ainoana voimanlähteenään käyttävä täyssähköauto, ladataan ulkoisesta sähköjakeluverkkoon yhdistetystä latauspisteestä. Energianlähteenä toimiva auton ajoakku, syöttää energiaa sähkömoottorille taajuusmuuttajan kautta. Täyssähköautossa ei ole monia polttomoottoriauton ominaisuuksia, kuten tyhjäkäyntiä, mekaanista kytkintä tai monivälityssuhteista vaihdelaatikkoa. Sähkömoottorin vääntökäyrä pysyy tasaisena tuottaen suuren ja välittömästi käytössä olevan väännön. Nelivetoisissa sähköautoissa on etu- ja taka-akselilla omat moottorit ja tyypillisesti alennusvaihte ja tasauspyörästö. Ohjaamon lämmitys toteutetaan sähkölämmittimellä tai ilmalämpöpumpulla, auton sähköisen voimalinjan ja sähkömoottorin riittämättömän lämmöntuoton vuoksi. Täyssähköautojen lataukset ovat useimmiten 1-vaiheisia vaihtosähkölatauksia, 3-vaiheisten latausten ollessa mahdollisuuksien mukaan auton hankintahetkellä lisävarusteena valittava optio. [1.]

Lataustehot 1-vaiheisella vaihtosähköllä täyssähköautoissa, yltävät yleensä korkeimmillaan (1 x 32 A) 7,4 kW:n tehoon asti, mutta lisävarustellut autot pystyvät vastaanottamaan vaihtosähköllä jopa (3 x 32 A) 22 kW:n lataustehon. Yksittäismaahantuoduissa täyssähköautoissa saattaa olla peräti (3 x 63 A) 43 kW:n laturi. Latauksen mitoituksen vähimmäisvirraksi määritellään standardissa 6 A, mutta joidenkin automallien osalta 13 A:a pienemmällä virralla lataus ei lähde edes käyntiin. [1.]

Tasasähkölatauksen lataustehot täyssähköautoilla ovat yleensä noin 50–120 kW, mutta Suomeen avataan lähiaikoina ensimmäinen 350 kW:n suurteholatauspiste.



Suurteholatauspisteen koko lataustehoa hyödynnettäessä sähköautoon voi 15 minuutissa ladata noin 300 kilometrin ajomatkan. [6.]

## 2.2 Hybridiautot

### 2.2.1 Hybridiauto ilman latausmahdollisuutta

Lisäämällä polttomootorilla toimivaan autoon pieni akku ja sähkömoottori auton kokonaishyötysuhde kasvaa ja polttoaineenkulutusta saadaan pienennettyä. Sähkömoottorin roottorin pyöriessä vastapäivään auton jarruttaessa, generoituu sähköenergiaa talteen. Toiminto on hyödyllinen etenkin kaupunkiajossa, jolloin jarrutusenergiaa voidaan hyödyntää enemmän, polttoaineenkulutuksen vähentämiseksi. Sähkömoottorin avulla saadaan liikkeelle lähdetessä jo alakierroksilta asti välittömästi käyttöön voimakas ja tasainen vääntömomentti. Silloin polttomootorin vääntöä alakierroksilla voidaan optimoida pienemmäksi sulkemalla imuventtiili myöhemmin, jolloin moottorin hyötysuhde kasvaa. [1.]

Hybridiauton kokonaishyötysuhdetta voidaan kasvattaa myös lataamalla akku ensin polttomootorilla ja sammuttamalla se hetkeksi kokonaan, jolloin sähkömoottori käynnistyy. Tällaiseen toimintaan riittää noin 1 kWh:n akku, jolloin auton valmistuskustannukset saadaan pidettyä alhaisempana. [1.]

### 2.2.2 Ladattava hybridiauto

Ladattavan hybridiauton tehokkaampi sähkömoottori ja suuremman kapasiteetin ajoakku mahdollistavat perinteistä ei-ladattavaa hybridiautoa pidempien matkojen ajamisen pelkästään sähköenergian avulla. Ladattavista hybridiautoista suurin osa ladataan ainoastaan vaihtosähköllä, yleensä enintään 1-vaiheisena (1 x 16 A) 3,7 kW teholla. Latauksen käynnistymisen vähimmäislatausvirta on useimmiten 6 A. Poikkeuksen muodostavat muutamat hybridimallit, joita voidaan ladata suuremmalla, jopa 10 kW:n (3 x 16 A) latausteholla ja vielä tehokkaammalla tasasähkölatauksella. [1.]

### 3 Energiankulutus ja toimintasäde

Sähkömoottorilla ajetaan pakokaasuttomasti ja energiatehokkaasti, moottorin ääni on hiljainen, ja se voi käyttää uusiutuvilla energianlähteillä tuotettua energiaa. Energiatehokkuudeltaan sähköauto on polttomoottoriautoon verrattuna paljon parempi, kulutuksen ollessa tyypillisesti 10–15 kWh/100 km. Dieselauto, joka kuluttaa 5 l/100 km, käyttää energiaa noin 50 kWh/100 km ja kulutukseltaan 8 l/100 km oleva bensiinimoottorinen auto noin 72 kWh/100 km. [4.]

Toimintasäteeltään polttomoottoriautot pääsevät vielä kuitenkin sähköautoja pidemmälle tämänhetkisten akkujen energiavaraston pienen energiatihedyyden vuoksi. Dieselpolttoaineen energiatihedyyden ollessa painoon verrattuna noin 12 kWh/kg ja litiumakun noin 0,1 kWh/kg tarvittaisiin 1 000 km:n toimintasäteelle noin 1 000 kg:n painoinen akku. Akkujen energiatihedyyttä parannetaan kuitenkin jatkuvasti, joten tulevaisuudessa sähköautojen toimintamatkat tulevat olemaan entistä lähempänä polttomoottoriautoja. [4.]

Sähköauton tekniikan kannalta suurimmat ongelmat ovat akuston paino ja sen kalliit valmistuskustannukset. Akkukapasiteetti määrittää sähkömoottorin toimintasäteen. Toimintamatkaa ei voida kuitenkaan pidentää lineaarisesti pelkästään akkukokoa lisäämällä, sillä akkukokoa kasvattamalla myös ajoneuvon massa ja siten myös energiankulutus lisääntyy. [1.]

Saatavilla olevien sähköautojen suurimmat erot ovatkin juuri erilaiset akuston kapasiteetit. Perinteisiin ei-ladattaviin hybridautoihin riittää polttomoottorin lisäksi yleensä noin 1 kWh:n akku, jolla sähkömoottorille saadaan muutaman kilometrin toimintamatka. Pieni akku riittää, koska ei-ladattavan hybridin sähkömoottori on tarkoitettu lähinnä vain jarrutusenergian talteenottoon ja avustamaan liikkeellelähdyssä. Ladattavat hybridautot varustetaan noin 10 kWh:n akulla, jolloin sähköllä ajettu toimintamatka kasvaa olosuhteista riippuen noin 20–50 kilometriin. Nykyaikaisten täyssähköautojen 20–100 kWh:n akulla voi saavuttaa noin 150–500 kilometrin toimintamatkan. Kaikki sähköautot varustetaan myös perinteisellä 12 voltin lyijyakulla apulaitteiden ja elektroniikan sähköjärjestelmiä varten. [1.]

Hyvä ohje sähköautonlatauksen mitoituksen suunnittelussa on, että suurin osa sähköautoista kuluttaa normaalissa ajossa alle 20 kWh/100 km. Vaihteluväliä tälle mitoitukselle voi arvioida tarvittaessa noin 10–30 kWh/100 km. [1.]

Latausasemien standardissa pienimmäksi mahdolliseksi latausvirraksi vaihtosähköllä esitetään 6 A ( $1 \times 6A = 1,38 \text{ kW}$ ). Järjestelmän mitoituksessa on silti huomioitava, että kaikkien sähköautojen lataus ei välttämättä käynnisty standardin mukaisella minimivirralla, joten vähimmäismitoituksessa on käytettävä suurempaa virta-arvoa. Varsinkin Suomen talviolosuhteissa myös pakkasen vaikutus tulee ottaa huomioon suunnittelussa. Kova pakkasen saattaa vaurioittaa litiumakkuja lataustapahtumassa, joten siksi lähes kaikkiin sähköautoihin on asennettu akuston lämmitysjärjestelmä. Kovalla pakkasella lämmitysjärjestelmän ollessa päällä lataus ei välttämättä käynnisty alle 16 A:n virralla. Siksi ulkolatauspaikkojen mitoituksessa on suositeltavaa varmistaa latauksen toimivuus asentamalla vähintään 1 x 16 ampeerin latauspisteet. Mikäli latauspaikka on sisätiloissa yli 0 °C:n lämpötiloissa, rajoitteita pakkasen suhteen ei tarvitse huomioida. [1.]

Tasasähkölatauksen tehollatauspisteet suunnitellaan yleensä siten, että lataustehot riittävät kaikissa kuormitustilanteissa. Pienin mahdollinen latausvirta ei ole tasasähkölatauksessa siksi ongelmana. [1.]

## 4 Julkinen latausverkosto

### 4.1 Julkisen latausverkon vaatimukset

Jakeluinfradirektiivissä (2014/94/EU) on määritelty, että 17.11.2017 alkaen julkiseen käyttöön tarkoitetuissa vaihtovirtaa syöttävissä sähköautonlatauspisteissä on oltava vähintään tyyppin 2 pistorasioita. Direktiivissä määritellään myös, että tasasähkövirtaa syöttävien latauspisteiden tulee olla varustettuina vähintään standardin SFS-EN 62196-3:n mukaisella FF -pistokkeella, josta käytetään myös nimitystä CCS2 (Combo 2). Määräys ei ota kantaa muun tyyppisten pistorasia- ja pistoketyyppien määrään latauspisteissä. [19.]

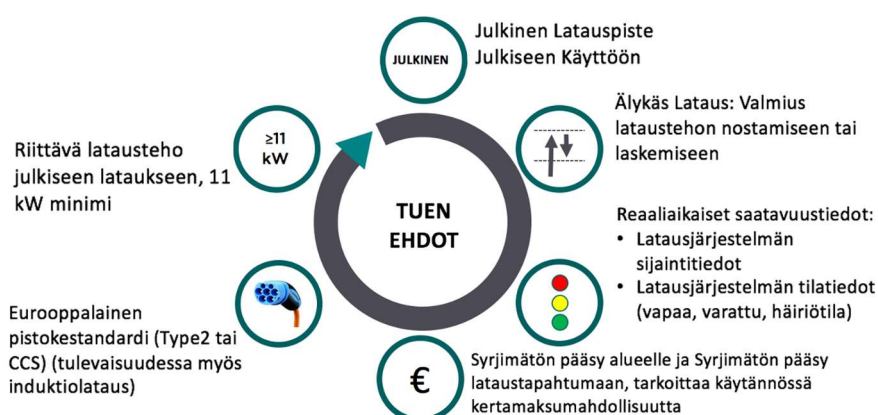
## 4.2 Hallituksen tuet latausverkoston kehittämiseksi

Työ- ja elinkeinoministeriö myöntää tukea sähköautojen julkisen latausinfrastruktuurin kehittämiseen. Päätöksellään DNro 609/526/2016 hallitus toteuttaa Biotalous ja puhtaat ratkaisut -kärkihanketta. [10.]

Infrastruktuurituen myöntämisen tarkoituksena on osaltaan edistää vuoteen 2030 asti suunnitellun kansallisen energia- ja ilmastostrategian toteuttamista sekä tavoitteita pienentää kasvihuonekaasupäästöjä. Koska sähkön käytön kasvu ajoneuvojen energianlähteenä vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä tieliikenteessä, myös typpioksidin ja pienhiukkaspäästöt vähenevät tukiohjelman ansiosta. [11.]

Tripla hankkeelle on haettu julkisille latauspisteille suunnattua tukea, joka asettaa järjestelmän mitoitukselle minimivaatimuksia. Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) myöntämä tuki kattaa 30–35% investoinnin kustannuksista riippuen asennettavien latauspisteiden latausnopeudesta. Triplan pysäköintilaitokseen ei tule pikalatausjärjestelmää, joten tuen suuruus on 30 %. Tuen piiriin tulee ilmoittautua ennen investointia. Tuen ehdot täyttävä latauspiste on julkisessa käytössä ja täyttää EU:n latauspistestandardit. Latauspisteen tulee olla mm. älykkäästi ohjattu ja lataustehon vähintään 11 kW. (kuva 1.) [10.]

Vuosina 2017–2019 ministeriö myöntää sähköautojen julkisiin latauspisteisiin tukea yhteensä 4,8 miljoonalla eurolla. Lisäksi TEM:n tavoitteena on investoida noin 15 M€, jotta nykyinen julkinen latausverkosto saadaan kolminkertaistettua seuraavan kahden vuoden kuluessa. [10.]



Kuva 1. TEM:n julkisen latauksen tuen ehdot [10].

## 5 Standardit

Standardien laatiminen sähköajoneuvojen latauspisteiden osalta, poikkeaa monesta muusta sähköasennuspuolen standardoimisprosessista. Yleisesti asennusstandardeja muutettaessa, taustalla on maailmanlaajuinen IEC-standardisoimisjärjestö, joka laatii ja vahvistaa vaatimukset eurooppalaisiksi standardeiksi, josta edelleen kansallisiksi SFS-standardeiksi (taulukko 1.).

Sähköajoneuvojen lataus kehittyy tällä hetkellä erittäin nopeasti, joten eurooppalainen standardisoimisjärjestö CENELEC muokkaa omia EN-standardejaan useammin, jotta alan vaatimukset ja määräykset päivittyvät samaan tahtiin lataustekniikan nopean kehityksen mukana. Vuonna 2007 tehdyllä CENELECin päätöksellä sähköasennusstandardeja uusitaan suurempina kokonaisuuksina viiden vuoden välein, mutta sähköajoneuvojen lataustekniikan osalta viiden vuoden sykli saattaa olla liian hidas. Päätöstä standardien uusimissyklin nopeuttamisesta ei ole vielä tehty, joten seuraava päivitys nykyiseen vuoden 2017 standardiin tehdään vuonna 2022. Sähköautonlatauksen asennuksia koskevat vaatimukset keskittyvät SFS 6000 sarjan osaan 7-722. [9.]

Taulukko 1. Sähköautojen latauspisteisiin liittyvät standardit [16]

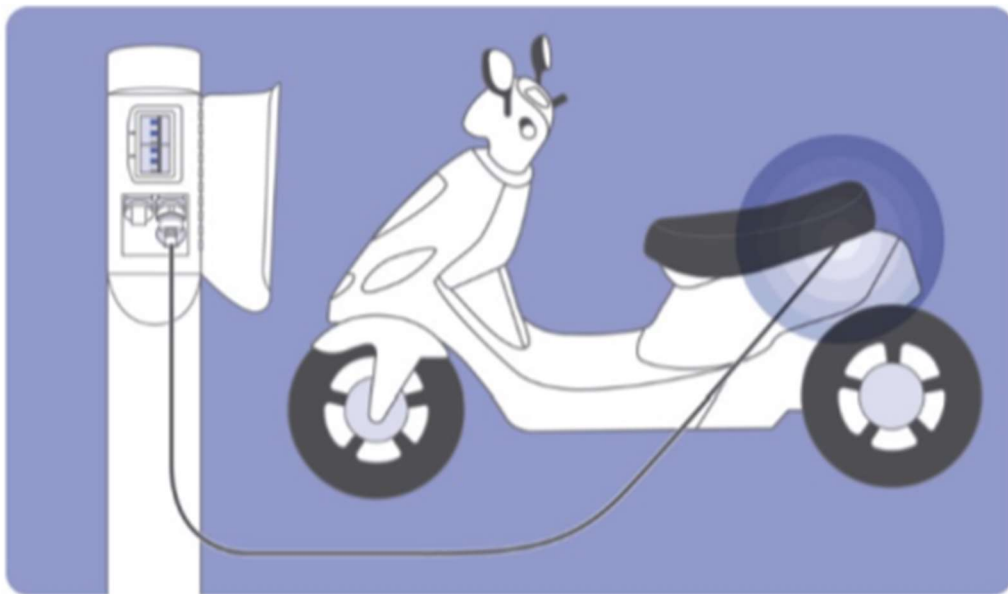
Latauspisteestä autoon:
• Yleiset turvallisuusvaatimukset (SFS-EN 61851-1)
• On- ja off-board-laturin EMC, verkkovaiikutukset (SFS-EN 61851-21)
• DC-latausasema (SFS-EN 61851-23)
• DC-latausasema/EV-kommunikaatio (SFS-EN 61851-24)
• AC-pistokytin (SFS-EN 62196-1 ja -2)
• DC-pistokytin (SFS-EN 62196-1 ja -3)
• Latauskaapeli (SFS-EN 50620) ja Suojalaiteyksikkö (SFS-EN 62752)
• Kiinteä RDC-DD-yksikkö lataustapaan 3 (IEC 62955)
Sähköverkosta latauspisteeseen:
• Latauspisteen asennus ja syöttö (SFS 6000-7-722)
• Lataustolppa (koteloinnit yms.) (IEC/TS 61439-7)
• EMC, immuuteetti ja emissio (SFS-EN 61000-6-2 ja -3)
• Suojaus sähköiskulta (SFS-EN 61140)
• Sähköisten järjestelmien toiminnallinen turvallisuus (SFS-EN 61508)

## 6 Sähköautojen lataustekniikat

Standardisarjassa SFS-EN 61851 esitetään neljä eri sähköajoneuvojen lataustapaa. Lataustavat jakautuvat käyttötarkoituksen, kytkentätavan, tehon ja vaihtosähkö-/tasasähköominaisuuksien perusteella.

### 6.1 Kevyiden sähköajoneuvojen lataus (lataustapa 1)

Lataustapaa 1 (kuva 2.) käytetään lähinnä kevyiden sähköajoneuvojen, kuten sähkömojojen- ja moottoripyörien, sähköpyörien sekä kevyiden nelipyörien lataamiseen vaihtosähköllä. Kyseisiin kevyisiin sähköajoneuvoihin tarkoitettua laturia syötetään korkeintaan 16 A:n ja 250 V:n hyväkuntoisesta yksivaiheisesta Schuko-pistorasiasta tai normaalista kolmivaiheisesta korkeintaan 480 V:n pistorasiasta, jotka on suojattu kiinteään asennukseen kuuluvalla 30 mA:n vikavirtasuojalla. [2.]

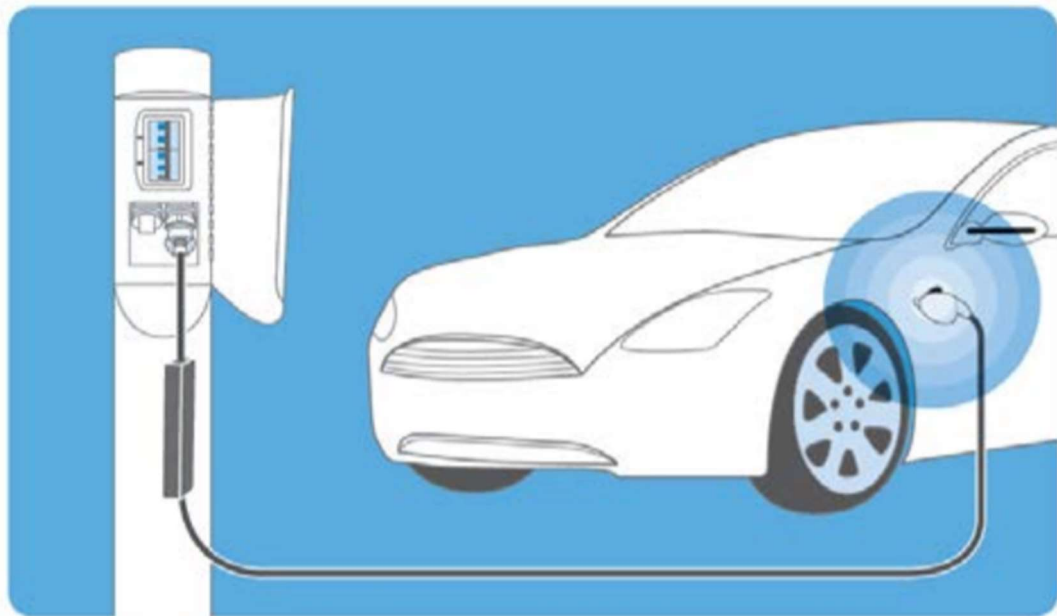


Kuva 2. Lataustapa 1 [16]

## 6.2 Hidas lataus (lataustapa 2)

Hitaassa lataustavassa (kuva 3.) sähköajoneuvon liittämiseen latauspisteeseen käytetään latausjohdossa standardin SFS-EN 62752 vaatimusten mukaista ohjaus- ja suoja-laiteyksikköä, joka sisältää kommunikaatiomodulin lisäksi vikavirtasuojan. Vikavirtasuoja katkaisee jännitteen, johtimen menevän ja palaavan virran ollessa suuruudeltaan erilaiset. Tällöin käyttäjä on turvattu sähköiskulta myös tilanteessa, jossa pistorasiasta puuttuu vikavirtasuoja. Lisäksi laite hallitsee ajoneuvon lataustapahtumaa pulssisuhdemoduloidulla (PWM) signaalilla, joka viestittää ladattavalle ajoneuvolle saatavilla olevan latausvirran määrän. [1.]

Kuten lataustavassa 1, ajoneuvoa syötetään yksi- tai kolmivaiheisesta pistorasiasta, kuten esimerkiksi auton lämmityspistorasiakotelosta, mutta edellytyksenä on, että ajoneuvon pitkäaikaisesti kotitalouspistorasiasta ottama latausvirta on rajoitettu standardin mukaisesti 8 ampeeriin. Huomioitavaa on myös, että vakuutusyhtiöillä voi olla omia asetuksia ja vaatimuksia kotitalouspistorasian käytössä sähköauton lataukseen. Kolmivaiheisessa teollisuuspistorasiassa latausvirran rajoitusta ei ole, vaan sitä voidaan kuormittaa mitoitusvirrallaan pitkiä aikoja. [2.]



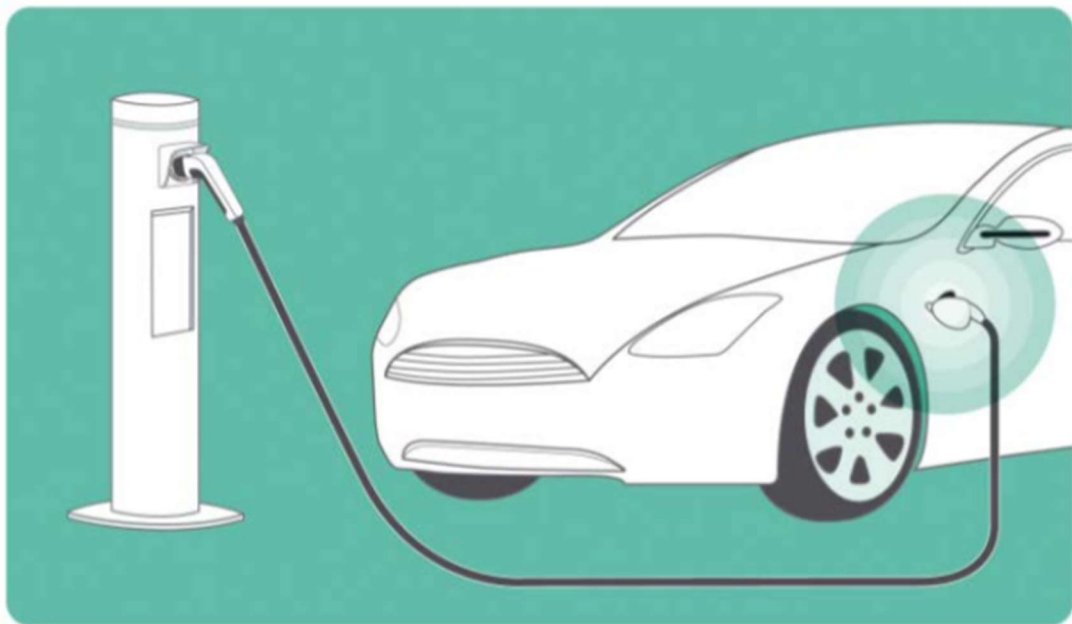
Kuva 3. Lataustapa 2 [16]

### 6.3 Peruslataus (lataustapa 3)

Lataustapa 3 (kuva 4.) eli peruslataus on suositeltavin sähköautojen lataustapa, jossa sähköajoneuvo ladataan kiinteästi asennetulla latauslaitteella, jossa on lataukseen tarkoitettu pistorasia tai kaapeli ja pistoke. Peruslatauslaitteiden koskettimet eivät ole jännitteellisiä, ennen ajoneuvoon kytkemistä. [1.]

Lataustapahtumassa sähköajoneuvossa sijaitsevaa laturia syötetään vaihtosähköllä, korkeimmillaan 63 A:n latausvirralla. Yleisimmin käytetään standardin SFS-EN 62196-2 mukaista 3-vaiheista tyypin 2 sähköautopistoketyyppiä (kuva 5.), jolloin saavutetaan maksimissaan 43 kW:n latausteho. Toinen pistoketyyppi peruslataustavalle 3 on 1-vaiheinen tyypin 1 pistoketyyppi (kuva 6.). [2.]

Kytettäessä kaapeli kiinni ajoneuvoon, pistokytkimet lukittuvat mekaanisesti latauslaitteeseen sekä vastakkeeseen, proximity pilot -nastan ja suojamaan välisen vastuksen muodostuessa [1]. Lukittuminen estää jännitteisen pistokkeen tahattoman irtoamisen lataustapahtuman ollessa käynnissä.



Kuva 4. Lataustapa 3 [16]





Kuva 5. 3-vaiheinen lataustavan 3 Tyypin 2 pistoke ja pistokytkin [11]



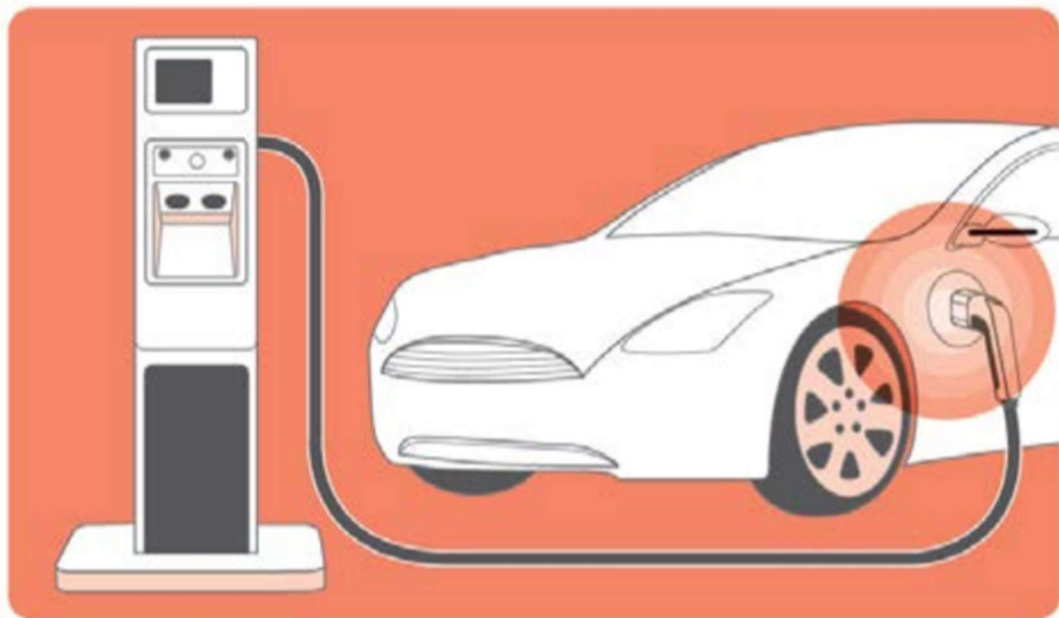
Kuva 6. 1-vaiheinen lataustavan 3 Tyypin 1 pistoke ja pistokytkin [11]

#### 6.4 Teholataus (lataustapa 4)

Teholatauksesta käytetään myös nimitystä ”pikalataus”. Lataustavassa 4 (kuva 7.) ajoneuvon ulkopuolella oleva tasasähkölaturi syöttää autoon suurimmillaan satoja ampeereita virtaa lataustehojen ollessa 22–150 kW [2]. Teholatauksessa käytetään yleisimmin CHAdeMo- (kuva 8.) tai CCS-standardin (kuva 9.) mukaisia latausliittimiä.

Latausasema ja auto kommunikoivat keskenään jatkuvasti joko CHAdeMO-teholatauksen CAN-väylän tai CCS-teholatauksessa käytetyn PLC-standardin avulla. Latausasema määrittelee autolle syötetyn latausvirran suuruuden, autossa olevan akun latausta valvovan BMS (battery management system) -järjestelmän avulla, säätäen lähtöjännitteensä siten, että akkuun kulkee juuri auton haluama virtamäärä. [1.]

Lain 478/2017 määrittelemissä julkisissa latausasemissa tulee olla standardin SFS-EN 62196-3 mukainen tyyppiä FF oleva ajoneuvopistoke ja/tai standardin SFS-EN 62196-2 tyyppiä 2 oleva pistorasia tai ajoneuvopistoke. Lisäksi laki velvoittaa, että julkisissa sähkökäyttöisten ajoneuvojen latauspisteissä tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää älykäitä latausjärjestelmiä. [3.]



Kuva 7. Lataustapa 4 [16]



Kuva 8. CHAdeMo-standardin mukainen teholatausliitin [11]



Kuva 9. CCS (Combo) -standardin mukainen teholatausliitin [11]

## 7 Latausjärjestelmät

Latausjärjestelmien toteutustapa vaihtelee käyttötarkoituksensa ja -ympäristönsä mukaan. Tässä opinnäytetyössä käsittelen vain pysäköintilaitokseen suunniteltavan latausjärjestelmän vaatimuksia, rakennetta ja ohjausta.

Kaikissa pienjännitesähköasennuksissa Suomessa, tulee sähköturvallisuuslain nojalla käyttää velvoittavana standardina standardisarjaa SFS 6000. Sähköautojen latausjärjestelmiä kyseisessä standardisarjassa koskee osa SFS 6000-7-722.

## 7.1 Vaatimukset mitoitukseen ja kuormanhallintaan

Mikäli latausjärjestelmässä ei käytetä älykästä valvovaa ja ohjaavaa kuormanhallintaa, tulee latauspistettä suoraan syöttävien ryhmäjohtojen sekä latauspisteitä syöttävän jakelun mitoituksessa käyttää tasauskerrointa 1. Latausjärjestelmien keskinäistä tasauskerrointa voidaan pienentää lisäämällä järjestelmään kuormanhallintaa. Kuormanhallintaa ei välttämättä pystytä toteuttamaan kaikkien laitteiden välillä, mikäli järjestelmässä yhdistellään erilaisia latausasemia. [1.]

Sähköautojen latausjärjestelmän ohjaukselle on oma standardisarjansa SFS-EN 61851, jota tulee noudattaa ohjauksen yhteensopivuuden varmistamiseksi autojen kanssa. Kuormitusten ohjaukset ja valvonnat tulee olla aina varmistettuna omalla reservillä ja turvajärjestelmillä toimintahäiriöiden sattuessa. Ajoneuvojen jakelun vaarantuminen runkojohdon tai muun edeltävän verkon ylikuormituksen takia, on estettävä toimivilla turvajärjestelmillä. Jakelun eri portaissa voidaan virtareleiden, virtamittauksien ja/tai ohjelmallisten menetelmien, kuten pilvipalvelujen avulla toteuttaa ja varmistaa järjestelmän toimivuus. [1.]

## 7.2 Vaatimukset latauksen suojauksille

Jotta varmistetaan ettei yhdessä ajoneuvon latauksessa syntyneessä häiriössä aiheuteta häiriötä muille latauksessa oleville ajoneuvoille, latausjärjestelmään liittyvä latauspiste on suunniteltava ja asennettava omaksi virtapiirikseen, jota suojaa oma yli- ja vikavirtasuojaja. Ajoneuvon lämmityksen saa kytkeä samaan piiriin latauspisteen kanssa. [8.]

Jokaisen virtapiirin suojaksi tulee asentaa vähintään 30 mA:n A-tyypin vikavirtasuojaja. Latausasemiin asennettavat Standardin SFS-EN 62196:n mukaiset pistorasiat tai pistokkeet tulee suojata joko B-tyypin vikavirtasuojalla tai A-tyypin vikavirtasuojalla yhdistettynä IEC 62955:n mukaisen 6 mA:n tasasähkövirran poiskytkävän laitteen kanssa. Latauskeskuksiin on huomioitava tilavaraukset mahdollisille vikavirtasuojille, mikäli latausjärjestelmää ei tunneta, sillä latausasemissa ei aina ole vikavirtasuojia valmiina. [8.]

Sähköauton latauksen yhdessä vikatilanteessa on mahdollista, että auton akku syöttää virtaa jännitteettömän verkon suuntaan, ja siksi latauspisteeseen tulee asentaa vian

estävä suojaus (kuva 10.) [1]. Mikäli sähkönsyöttö sähköajoneuvosta verkon suuntaan on haluttu tapahtuma, esimerkiksi kun halutaan käyttää auton akkua sähköyhtiön sähkövarastona, on se sallittua vain standardissa SFS-EN 62196 vaaditulla pistorasia- tai pistokemallilla varustetuissa latausasemissa [7]. Lataustapojen 3 ja 4 latausasemien pistotulpan kytkeminen tai irrottaminen tulee olla sähköisesti tai mekaanisesti estetty, mikäli pistorasia tai pistoke ei ole kytketty irti syötöstä [8].



Kuva 10. Varmennustarkastuksessa testataan suojiin toiminta vikatilanteessa [17]

### 7.3 Vaatimukset mekaanisille ominaisuuksille

Mikäli pistorasia tai latauspiste sijoitetaan ulkotiloihin, on kotelointiluokan oltava vähintään IP44. Standardissa vaaditaan, että latauspisteen pistorasian alimman osan asennuskorkeus tulisi olla välillä 0,5–1,5 m ja pistorasia tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle pysäköintipaikkaa. Optimaalisin sijoituspaikka yksittäiselle latauspisteelle on pysäköintiruudun vasemmassa nurkassa. Mikäli sähköajoneuvojen latausaseman sijoituspaikan lähistöllä on räjähdysvaaralliseksi luokiteltu tila, tulee asennuksessa noudattaa vähintään 10 metrin turvaetäisyyttä tilasta. [1.]

Sähköajoneuvojen latauspisteiden suojaus tulee toteuttaa vähintään keskimääräisen iskun (AG2) varalta. Toteutustapoja ovat mm. liitäntäpisteen asennuksen asento ja sijoitus siten, että iskun todennäköisyys pienenee sekä asentamalla latausaseman eteen esteitä tai tolppia mekaanisena suojauksena tai varustamalla liitäntäpiste vähintään SFS-EN 62262:n mukaisella luokan IK07 kotelolla. [1.]

Rajoitetun pääsyn alueisiin ja paikkoihin, kuten Triplan pysäköintilaitokseen, asennettavien latausasemien tulee kestää IK07-luokan ulkoinen isku, mutta suosituksena on IK08-kestoisuuden asennus [1]. Triplan asennettujen Satmatic Oy:n latauspisteiden iskunkestoisuus on luokkaa IK10.

Latausaseman syöttö- ja ohjauskaapelointi tulee suojata mekaanisilta vaurioilta ja estetävä niiden joutuminen auton yliajamiksi tai muuten puristettavaksi [1]. Triplan pysäköintihallissa seinäasennus ei ollut suurimmassa osassa latauspisteistä mahdollista, joten latausaseman asennus on tehty yleisimmin maahan kiinnittämällä ja kaapelit kulkevat sähköhyllysten muodostamilla johtoreiteillä katonrajassa keskuksille (kuva 11.). Yksi vaihtoehto on suojata syöttökaapelit asennusputkella, jonka valinnassa on huomioitava ulkoiset rasitukset.



Kuva 11. Latausasemien johtotiet on toteutettu tikashyllyjä käyttäen [17]

## 8 Sähköauton lataus Triplassa

Triplan viisikerroksisessa pysäköintilaitoksessa on noin 2 300 pysäköintipaikkaa, joista sähköautojen latauspaikkoja yhteensä 279 kpl neljässä kerroksessa. Sähköautonlatauspaikat sijaitsevat kerroksissa siten, että ensimmäisessä P1 pysäköintikerroksessa on ainoastaan tavallisia pysäköintipaikkoja ilman latausmahdollisuutta ja kaikki latauspisteet sijaitsevat kerroksissa P2–P5. Kerrosten P2–P4 latauspaikat on varattu kauppakeskuk-  
selle sekä toimistoille, ja alin kerros P5 on asuntojen latauspaikoille, joita on 143 kpl. Latausasemien pistorasiana käytetään kaikissa latauspisteissä tyypin 2 pistorasiaa.

Kauppakeskukselle ja toimistoille varatut autonlatauspisteet ovat 3 x 32 A:n johdonsuo-  
jalla varustettuja ja 22 kW:n tehoon kykeneviä asemia, mutta suuren kuorman aikaan dynaamisella kuormanohjauksella säädetty antamaan kullekin pistorasialle vähintään 11 kW.



Asunnoille tarkoitetuille latauspisteille on mitoitettu hitaampi 3,6 kW:n latausteho, sillä autot voivat olla latauksessa pidempiä aikoja. Normaalisti täys- tai hybridisähköauton akuston lataaminen täyteen 3,6 kW:n latausteholla kestää auton mallista riippumatta alle 10 h, joten yön yli ladatessa Triplan pysäköintilaitokseen asunto-osakkaille suunniteltujen latauspisteiden tehon pitäisi olla riittävä.

Lataustehojen riittävyyden suunnittelussa on arvioitava pysäköintilaitosta käyttävien, Triplan asuinkiinteistön asukkaiden, Pasilaan autonsa jättävien työssäkäyvien ihmisten ja kauppakeskukseen asioimaan tulevien ihmisten, päivittäisiä ajotottumuksia. Motiva Oy:n tekemän suomalaisten ajotottumuksia kartoittaneen tutkimuksen mukaan, ihmiset ajavat nykyään autoillaan noin 40–50 kilometriä vuorokaudessa [13]. Kun tiedetään haluttu toimintasäde, Triplan latauspaikkojen lukumäärä, pysäköintilaitoksessa asioivien ihmisten keskimääräinen latausaika ja sähköauton keskimääräinen kulutus 0,2 kWh/km, voidaan latausjärjestelmälle varattava kokonaisteho laskea kaavalla:

$$P_{\text{säh,autot}} = \frac{n_{\text{autot}} \times 0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \times s_{\text{toimintasäde}}}{t_{\text{latausaika}}}$$

<b>P<sub>säh,autot</sub></b>	latausjärjestelmälle varattava kokonaisteho (kW)
<b>n<sub>autot</sub></b>	kyseisen mitoituksen automäärä (kpl)
<b>s<sub>toimintasäde</sub></b>	haluttu toimintasäde latauksen aikana (km)
<b>t<sub>latausaika</sub></b>	keskimääräinen latausaika (h)
[1.]	

## 8.1 Triplan sähköautonlatausjärjestelmän tekniikka

Triplan pysäköintilaitoksen sähköautonlatausjärjestelmän latauslaitteiden toimittajaksi valittiin Satmatic Oy, joka on yksi Suomen johtavista rakentajista sähkö- ja automaatiotekniikan alalla. Toimipisteet sijaitsevat Ulvilassa ja Keravalla työllistäen lähes 100 henkilöä. Satmatic Oy on osa pörssiyhtiö AS Harju Elekteriä. [14.] Satmatic Oy:n aliura-koitsijana toimiva Tehomen Oy toteutti sähköautonlatausjärjestelmän latauslaitteiden asennuksen, ja pysäköinti- ja lataustapahtuman operaattoriksi valittiin tamperelainen IGL-Technologies Oy eParking.fi palvelullaan.



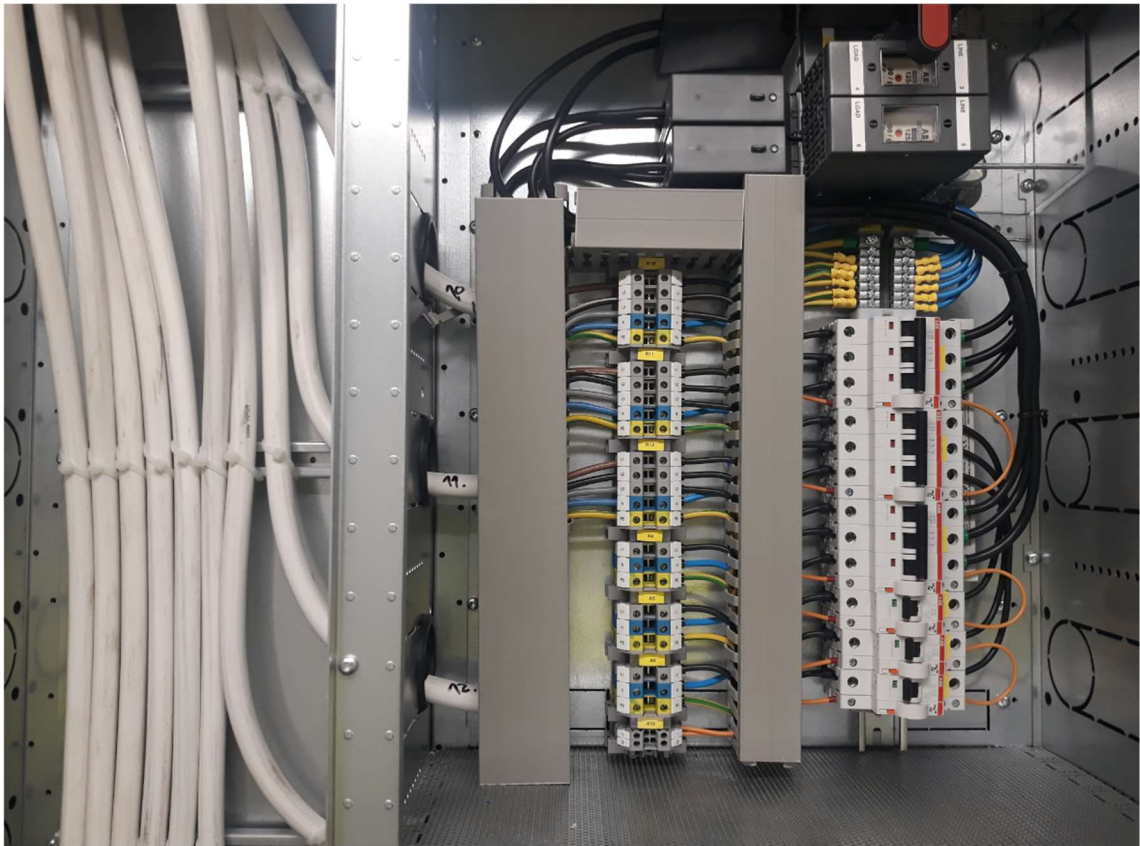
## 8.2 Latauskeskukset

Satmatic Oy:n 400A/400V:n latauskeskusten kotelot ovat Finelcomp Oy:n kennokeskuk-sia, joihin Satmatic Oy rakentaa sähköjärjestelmät komponenteista (kuva 13.). Pysäköin-tilaitoksen nousukeskukset ovat mallia SAT8-CNC ja täyttävät standardin SFS-EN 61439 määräykset. Latauskeskusten syöttö on kaapeloitu pysäköintilaitoksen kahdelta pääkeskukselta P1- ja P3-kerroksista, käyttäen AMCMK 4x185/57 -syöttökaapeleita. Sähköauton latauksen nousukeskukset on nimetty siten, että tunnuksesta selviää sijain-tipaikka pysäköintilaitoksessa (esim. PY-SNK1-P4) (kuva 12.).

Muuntojoustoa, eli tulevaisuuden lisääntyviä lataustarpeita on myös huomioitu, raken-nuttamalla pysäköintilaitokseen taloteknisesti valmiita tyhjiä tiloja, mahdollisesti myö-hemmin lisättäville sähköautonlatauskeskuksille. Tyhjiä tiloja tarpeen mukaan lisättäville keskuksille on pysäköintilaitoksen eri kerroksissa yhteensä 5 kpl. Kiinteistön pääkeskuk-siin on varattu vapaat kytkentäpaikat latauskeskusten nousukaapeleille.



Kuva 12. Satmaticin sähköautonlatauskeskus PY-SNK1-P4 Triplassa [17]



Kuva 13. Latauskeskukseen asennettuja komponentteja [17]

### 8.3 Latausasemat

Pääosin sähköauton latausasemat pysäköintilaitoksessa ovat Satmaticin valmistamia alumiiniprofiilisia 2 x 11 kW:n (3 x 32 A) ja 2 x 3,6 kW:n (3 x 16 A) malleja (kuva 14.). Pieni osa latausasemista on pysäköintipaikan sijainnin takia yksipuoleisia. Latausasemissa on mm. Modbus kWh -mittarit, latauksen ja järjestelmän tilan indikoiva RGB-led-valo, betonijalusta ja B-tyyppin vikavirtasuojaus. Tolpan molemmilla puolilla kyljissä, on Phoenix Contact Oy:n valmistamat Type 2 Mode 3 -pistorasiat, jotka mekaanisesti lukitsevat latauskaapelin pistokkeen lataustapahtuman ajaksi. Tehon dynaaminen hallinta toteutetaan OCPP1.6-rajapinnalla ja datayhteys kaapelilla. Latausaseman etulevyssä on asiakkaille ohjeistus lataustapahtuman suorittamiseen ja maksamiseen. [14.]



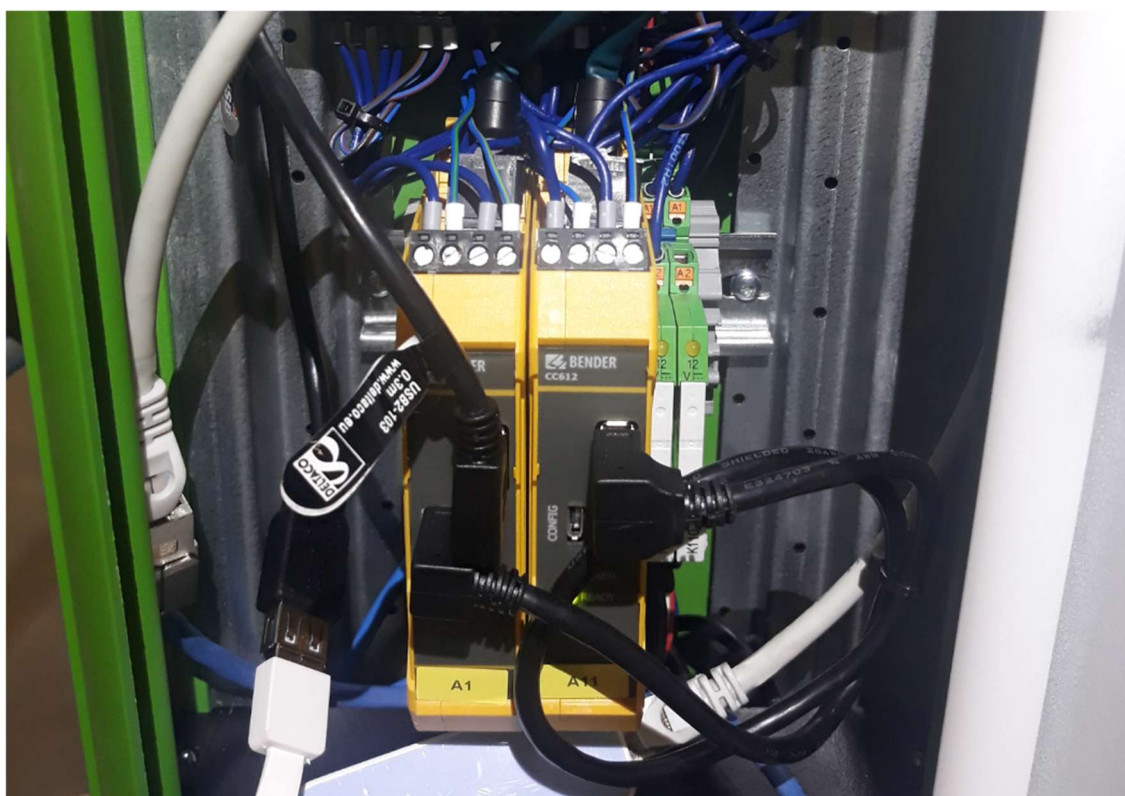
Kuva 14. Sähköauton latausasema pysäköintilaitoksessa [17]

#### 8.4 Latausjärjestelmän älykäs kuormanhallinta

Älykästä kuormanhallintajärjestelmää tarvitaan valvomaan ja ohjaamaan latausjärjestelmän käyttämää virtaa. Mikäli autonlataustapahtumassa johtojen kuormituksen virta-arvot ovat vaarassa ylittyä, ohjaa järjestelmä latauksia pienemmälle teholle.

Kuormanhallinnassa tapahtuva älykäs ohjaus perustuu latausaseman ajoneuvolle lähettämästä signaalista johtuvaan virranjakelun säätymiseen sähköajoneuvon oman latausjärjestelmän ja latausaseman välillä. Ajoneuvon laturi ottaa latausaseman toimittamaa virtaa niin paljon kuin sitä on mahdollista saada. Poikkeuksena on, että jotkut autot eivät suostu käynnistämään lataustapahtumaa, mikäli niiden latausjärjestelmä ei havaitse siihen vähimmäisvirta-arvoksi ohjelmoitua virtamäärää.

Kuormituksen valvonta- ja ohjaustapoja voidaan toteuttaa puolittamalla latausteho runkojohdon virtareleen ohjauksen perusteella tai ohjaamalla muita kuormia pois päältä autonlatauksen ajaksi. Toinen tehonohjauskeino on dynaaminen ohjaus, jossa latausasemien tehoja lasketaan portaittain, mikäli kuormitus saavuttaa sille asetetun rajan. Portaat tulee säätää vähintään 6 A suuruisiksi [1]. Triplan pysäköintilaitoksen tehonohjaus on toteutettu dynaamisesti siten, että yhden 3 x 32 A:n latauspistorasian maksimiteho on jopa 22 kW, jos lataus tapahtuu pienen kuorman hetkellä, mutta suuren kuorman aikana tehoa saa vähintään 11 kW. Kuormanohjauksen älynä toimivat latausasemaan asennetut Bender CC612 -latausohjausmoduulit (kuva 15.). Asuntojen latauspaikkojen 3,6 kW:n latausasemat ovat ilman älykästä ohjausta, minkä vuoksi tehoa ei pystytä säätämään tilanteen mukaan.



Kuva 15. Satmaticin latausasemassa lataustapahtumaa ohjaavat Bender CC612 -moduulit [17]

## 8.5 eParking

Pysäköintilaitoksen sähköautojen latauslaitteiden operaattoriksi valittiin eParking.fi. eParking.fi on tamperelaisen IGL-Technologies Oy:n palvelu, jolla operoidaan

pysäköinti- ja lataustapahtumia. IGL-Technologies Oy:n toiminta on kohdentunut etenkin kiinteistöjen latausratkaisuihin ja pysäköinnin yhteydessä tapahtuvaan sähköauton lataukseen. [15.]

Sovelluksen eParking.fi kautta kerättyä dataa voidaan hyödyntää paremmin käyttäjäkokemuksen luomisessa. Lataustapahtumasta tulevaa tietoa hyödyntämällä järjestelmälle saadaan parempaa tuottoa latausjärjestelmän haltijan näkökulmasta, ja käyttäjälle sovellus mahdollistaa sähkönkulutuksen reaaliaikaisen mittauksen kautta laskutuksen kulutuksen mukaan. eParking.fi mahdollistaa myös toiminnan verkon kuormituksen mittauksen sekä rajoittamiseen. [16.]

## 9 Yhteenveto

Sähköautoista, niiden toimintasäteestä ja latauksesta käydään paljon keskustelua, mutta aloittaessani insinöörityöni kirjoittamisen virallista ohjeistusta ja tietoa oli kohtalaisen vähän julkaistu. Huhtikuun alussa 2019 osallistuin Sähköinfon järjestämään ensimmäiseen koulutukseen sähköisestä liikenteestä, ja pian sen jälkeen julkaistiin ensimmäinen ST-käsikirja, joka käsitteli sähköautoja ja niiden latausjärjestelmiä laajasti. Tällä hetkellä on saatavilla jo kohtalaisen runsaasti tietoa myös suunnittelun vaatimuksista, erilaisista valtion tuista ja sähköautonlatausjärjestelmien tekniikasta yleisesti.

Tähän insinöörityöhön kootut standardien vaatimukset ja eri lähteistä kootut ohjeet luovat hyvän pohjan esimerkiksi sähköautojen latausjärjestelmän urakan suunnittelu tai valvontatehtävien aloittamiseen. Kyseisen urakan alusta loppuun käyneenä olen mielestäni osannut kerätä insinöörityöhöni kaiken tarvittavan tiedon toimivan järjestelmän valmiiksi saattamiseksi pysäköintilaitokseen.

Tällä hetkellä Triplan pysäköintilaitoksen jo avauduttua käyttäjilleen ja opinnäytetyöni valmistuttua, voin sanoa oppineeni itse paljon sähköautoista ja sähköautonlatauksesta ja toivon, että opinnäytetyöni toimii hyvänä tiedonlähteenä myös muille aiheesta kiinnostuneille.



## Lähteet

- 1 Sähköautot ja latausjärjestelmät. 2019. ST-käsikirja 41. Espoo: Sähkötieto ry. Tulostettu 4.6.2019
- 2 Sähköajoneuvojen lataussuositus. 2019. Verkkoaineisto. Sesko ry. <[https://www.sesko.fi/files/1098/Lataussuositus\\_2019\\_2019-05-27.pdf](https://www.sesko.fi/files/1098/Lataussuositus_2019_2019-05-27.pdf)>. Luettu 4.8.2019
- 3 Laki 478/2017 liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta.
- 4 Sähköautot. 2019. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaasti/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot)>. Luettu 20.8.2019
- 5 Suomen tehokkain sähköautojen latausasema. 2019. Verkkoaineisto. Kesko Oy. <<https://kesko.fi/media/uutiset-ja-tiedotteet/uutiset/2019/ionity-ja-k-ryhma-avaavat-suomen-tehokkaimman-sahkoautojen-latausaseman-neste-k-paimioon/>>. Luettu 28.9.2019
- 6 Jokela, Marko 2017. Sähköä autoon ja sähköautosta verkkoon. Verkkoaineisto. Moottori.fi. <<https://moottori.fi/sahkoa-autoon-ja-sahkoautosta-verkkoon/>>. Luettu 29.9.2019
- 7 Erikoistilojen- ja asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. 2017. SFS 6000-7-722. Sesko ry.
- 8 Sähköisen liikenteen vaikutus sähköalalle. Sähköinfo Oy:n kurssi. 2019.
- 9 Yritysten investointituki sähköautojen julkisille latauspisteille. 2019. Verkkoaineisto. Korkia Oy. <<http://lataustuki.fi/>>. Luettu 16.10.2019
- 10 Sähköisen liikenteen julkisen lataus- ja biokaasun jakeluinfran tuki. 2019. Verkkoaineisto. TEM. <[https://tem.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/asetus-mahdollistaa-sahkoisen-liikenteen-julkisen-lataus-ja-biokaasun-jakeluinfran-tukemisen](https://tem.fi/artikkeli/-/asset_publisher/asetus-mahdollistaa-sahkoisen-liikenteen-julkisen-lataus-ja-biokaasun-jakeluinfran-tukemisen)>. Luettu 16.10.2019
- 11 Latauspistoketyypit sähköautoille. 2019. Verkkoaineisto. Plugit Oy. <<https://plugit.fi/fi-fi/article/etusivu/latauspistoketyypit-sahkoautoille/135/>>. Luettu 20.10.2019
- 12 Henkilöliikenteen määrä. 2018. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/perustietoa\\_liikenteesta/henkiloliikenteen\\_maara](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/perustietoa_liikenteesta/henkiloliikenteen_maara)>. Luettu 18.10.2019

- 13 Tietoa yrityksestä. 2019. Verkkoaineisto. Satmatic Oy. <<http://www.Satmatic.fi>>. Luettu 8.10.2019
- 14 Tietoa yrityksestä. 2019. Verkkoaineisto. IGL-Technologies Oy. <<http://igl.fi/tripla/>>. Luettu 20.10.2019
- 15 eParking sovellus. 2019. Verkkoaineisto. IGL-Technologies Oy. <<https://eparking.fi/>>. Luettu 20.10.2019
- 16 Vesa Juha. 2018. Sähköautojen latausjärjestelmiä koskeva standardointi. Verkkoaineisto. <[https://www.sesko.fi/files/1051/Sahkoautojen\\_latausjarjestelmat\\_perusesitys\\_2018dec.pdf](https://www.sesko.fi/files/1051/Sahkoautojen_latausjarjestelmat_perusesitys_2018dec.pdf)>. Luettu 13.10.2019
- 17 Leväharju Mikko. 2019. Kuva-aineisto.
- 18 Pihlatie Mikko, Paakkinen Marko, Laurikko Juhani, Laurikkala Mikko, Ylén Peter, Peltola Vesa, Petri Pylysy. 2019. Sähkö- ja kaasuautojen kustannustehokkaat edistämiskeinot - GASELLI loppuraportti. Verkkoaineisto. Valtioneuvoston kanslia. <[http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161364/3-2019-GASELLI\\_loppuraportti\\_.pdf](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161364/3-2019-GASELLI_loppuraportti_.pdf)>. Luettu 11.11.2019
- 19 Euroopan unionin julkaisutoimisto (direktiivi 2014/94eu). <<https://publications.europa.eu/fi/publication-detail/-/publication/d414289b-5e6b-11e4-9cbe-01aa75ed71a1/language-fi>>. Luettu 10.9