

Juhana Filppula

## **SÄHKÖAUTON LATAUSPISTEIDEN KARTOITUKSEN KEHITTÄMINEN**

# **SÄHKÖAUTON LATAUSPISTEIDEN KARTOITUKSEN KEHITTÄMINEN**

Juhana Filppula  
Opinnäytetyö  
Kevät 2022  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

---

Tekijä: Juhana Filppula

Opinnäytetyön nimi: Sähköauton latauspisteiden kartoituksen kehittäminen

Työn ohjaajat: Ismo Pitkänen (OAMK) ja Jaakko Laitila (Insinööritoimisto Planmax Oy)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 63

---

Tämän opinnäytetyön aiheena on sähköautojen lataus ja taloyhtiöille tehtävä sähköauton latauspisteiden kartoitus. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Insinööritoimisto Planmax Oy:n taloyhtiöille tekemiä sähköauton latauspisteiden kartoituksia parantamalla kartoituksen tuloksena syntyvää kartoitusraporttia ja luomalla laskentatyökaluja kartoituksen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi.

Työssä käsitellään sähköautoja yleisesti, sähköautojen akkuja, toimintasädetä ja viranomaismääräyksiä sekä sähköauton latausinfraan rakentamiseen saatavia avustuksia taloyhtiöille, erilaisia lataustapoja, kuormanhallintaa ja sähköauton latauksen vaikutuksia sähkön laatuun. Sen jälkeen työssä käsitellään tarkemmin sähköauton latauspisteiden kartoitusta, sen sisältöä sekä esitellään, kuinka sitä on kehitetty tämän opinnäytetyön aikana. Lopussa esitellään taloyhtiöille erilaisia vaihtoehtoisia latauslaitteita, eri laitevalmistajien palveluita ja niiden kustannuksia.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi yrityksen käyttöön laskentatyökalut liittymän vapaan kapasiteetin määrittämiseen, autopaikkakohtaisen lataustehon laskentaan sekä kustannusarvioihin. Laskentatyökaluista on sisällytetty kuvakaappauksia tähän opinnäytetyöhön, mutta itse laskentatyökalut lähdekoodineen ovat salassa pidettäviä. Opinnäytetyön tuloksena on myös aiempaa selvästi kehittyneempi ja kattavampi kartoitusraportti.

---

Asiasanat: sähköauto, sähköauton lataus, sähköautojen latauspisteiden kartoitus

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Electrical Engineering

---

Author: Juhana Filppula

Title of thesis: Developing Surveying for Electric Vehicle Charging Points

Supervisors: Ismo Pitkänen (OAMK) and Jaakko Laitila (Engineer Office Planmax Oy)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 63

---

As electric vehicles become more common, the need to arrange electric vehicle charge points increases. The process of getting electric vehicle charging points usually starts with a survey done by electrical engineers. This thesis was made to improve the survey of electric vehicle charging points for Engineer Office Planmax Oy.

The basics of electric vehicles, their batteries, range, and regulatory provisions regarding electric vehicles in Finland are explained in the first parts of this thesis. Then the thesis goes into detail of different means of charging electric vehicles, different load distribution methods and the effects of charging electric vehicles to the electric grid. A few interesting points about the future of electric vehicle batteries and their charging are also included in this thesis.

In the last part of this thesis, the survey process for electric vehicle charging points is discussed and the improvements made to the report resulting from the survey are specified. Some screenshots taken from the calculation tools, that have been created to help make the surveying process faster and simpler, are included in this thesis. Calculation tools and their source code are confidential.

---

Keywords: electric vehicle, charging of electric vehicles, survey of charging points

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	SÄHKÖAUTOT .....	8
2.1	Sähköautotyypit.....	8
2.2	Sähköauton akku.....	10
2.3	Sähköauton toimintasäde .....	12
2.4	Viranomais määräykset .....	13
3	SÄHKÖAUTON LATAUS.....	15
3.1	Lataustavat.....	15
3.1.1	Lataustapa 1 .....	16
3.1.2	Lataustapa 2 .....	16
3.1.3	Lataustapa 3 .....	17
3.1.4	Lataustapa 4 .....	18
3.1.5	Langaton lataus .....	20
3.2	Kaksisuuntainen lataus .....	21
3.3	Latausinfra-avustus.....	21
3.4	Kuormanhallinta .....	23
3.4.1	Tavallinen kuormanhallinta .....	23
3.4.2	Dynaaminen kuormanhallinta.....	24
3.5	Suojauksien vaatimukset.....	25
3.6	Sähkön laatu .....	26
4	SÄHKÖAUTON LATAUSPISTEIDEN KARTOITUS TALOYHTIÖILLE .....	28
4.1	Nykyisen sähköjärjestelmän soveltuvuus .....	28
4.2	Sähkökeskusten lämpökuvaus .....	31
4.2.1	Lämpökuvauksen teoriaa .....	31
4.2.2	Hyvä lämpökuva .....	33
4.2.3	Kuvausten suorittaminen.....	34
4.2.4	Lämpökuvausten raportointi.....	34
4.3	Ratkaisuvaihtoehdot.....	35
4.3.1	Lataustavan 2 mukainen ratkaisu .....	35
4.3.2	Lataustavan 3 mukainen ratkaisu .....	36
5	LATAUSLAITTEET .....	38

5.1	Lataustavan 2 mukaisia laitteita .....	38
5.2	Lataustavan 3 mukaisia laitteita .....	40
5.3	Esimerkkejä eri automallien kyvystä ottaa vastaan lataustehoa .....	44
6	KUSTANNUKSET .....	46
6.1	Laitteiden kustannukset .....	46
6.2	Laittevalmistajien palvelukustannukset .....	47
6.2.1	E-Tolpan (eParking) palvelumalli .....	47
6.2.2	Parkkisähkön palvelumalli .....	48
6.2.3	DEFA CloudCharge .....	49
6.2.4	GARO G-CLOUD .....	50
6.2.5	PlugitCloud .....	50
6.3	Kustannusarviot .....	50
6.4	Energiakustannukset .....	54
6.4.1	Helen .....	54
6.4.2	Caruna Espoo .....	55
6.4.3	Vantaan Energia .....	56
7	YHTEENVETO JA POHDINTA .....	57
	LÄHTEET .....	59

# 1 JOHDANTO

Sähköautot ovat kasvattaneet suosiotaan 2010-luvun alun marginaalituotteesta 2020-luvun yhä suosituimmaksi vaihtoehdoksi. Liikenteen sähköistyminen on nopeaa ja siihen ohjataan poliittisella päätöksenteolla. Uuden sähköauton hankintatuki, pienemmät ajoneuvoverot sekä tuki ja velvoitteet latausinfraan rakentamiseen taloyhtiöissä ja työpaikoilla kiihdyttävät sähköautojen yleistymistä. Liikenteen sähköistymisen ja siihen ohjaavan lainsäädännön myötä yhä useammalle taloyhtiölle on ajankohtaista tutkia sähköauton latausmahdollisuutta kiinteistössään.

Taloyhtiöillä latauspisteiden hankinta alkaa useimmiten kartoituksesta. Kartoituksen tuloksena taloyhtiölle toimitetaan kartoitusraportti, jossa esitellään nykyisen sähköjärjestelmän mahdollisuudet sähköauton lataukseen ja esitellään ratkaisuvaihtoehtoja sähköautojen latauspisteiden toteuttamiseksi taloyhtiössä.



Opinnäytetyössä tutustutaan ensin yleisellä tasolla sähköautoihin, niiden akkuihin ja toimintasäteeeseen. Tämän jälkeen esitellään taloyhtiöille erilaisia sähköauton lataustapoja, kuormanhallintaa, ARA-tukea ja tutkitaan yleisimpiä sähköautojen latauksien aiheuttamia vaikutuksia sähköverkkoon. Lopuksi tutustutaan latauspistekartoitukseen, sen tuloksena syntyvään raporttiin ja tässä opinnäytetyössä siihen tehtyihin parannuksiin.

Opinnäytetyö on tehty Insinööritoimisto Planmax Oy:lle, joka tarjoaa sähkötekniisiä suunnittelu-, valvonta- ja muita asiantuntijapalveluita pääsääntöisesti pääkaupunkiseudun alueella, mutta myös muualle Suomeen. Opinnäytetyön aikana syntyneitä laskentatyökaluja ja parannuksia kartoitusraporttiin päästiin testaamaan ja hyödyntämään jo opinnäytetyön aikana tehdyissä sähköauton latauspistekartoituksissa.

## 2 SÄHKÖAUTOT

Sähköautojen määrä kasvaa vauhdilla. Vuoden 2021 lopussa teillämme liikkui 99 910 sähköautoa, joista lähes joka neljäs on täyssähköauto (kuva 1). Sähköautojen määrän lähes kaksinkertaistuminen vuosittain osoittaa sähkön muuttuneen henkilöautoliikenteessä vaihtoehdosta valtavirraksi. Täyssähköisten autojen osuus uusien henkilöautojen rekisteröinneistä oli joulukuussa 24 %. (1, s. 2.)

### Sähköautokannan kehitys

	Q4/2020	1 vuosi	Q4/2021
<b>Sähköautokanta</b>	<b>55 318</b>	<b>+81%</b> <b>+44 592</b>	<b>99 910</b>
<b>Täyssähköautot</b> 	<b>9 697</b>	<b>+136%</b> <b>+13 224</b>	<b>22 921</b>
<b>Ladattavat hybridit</b> 	<b>45 621</b>	<b>+69%</b> <b>+31 368</b>	<b>76 989</b>

KUVA 1. Sähköautokannan kehitys (1, s. 3)

Liikenteen sähköistymisen nopeaa kehitystä ja vaikeaa ennakkointia kuvaa hyvin se, että liikenne- ja viestintäministeriön työryhmä, joka selvitti liikenteen päästövähennystoimia vuonna 2020, nosti hallituksen vuonna 2016 asettaman tavoitteen 250 000 sähköautosta jo 700 000 sähköautoon vuoteen 2030 mennessä (2).

### 2.1 Sähköautotyypit

Täyssähköauto (BEV = Battery Electric Vehicle) on yksinkertaistettuna rakenteeltaan samanlainen kuin polttomoottoriauto. Polttomoottorin tilalla on sähkömoottori, joka saa taajuusmuuttajan avulla energiansa bensatankin tilalla olevasta akustosta (kuva 2). Sähkömoottorin vääntökäyrä on tasai-



nen laajalla kierroslukualueella, joten polttomoottoriauton vaatimaa tyhjäkäyntiä, monivälityssuh-  
teista vaihdelaatikkoa tai mekaanista kytkintä ei tarvita. Tyypillisesti sähköautoissa on alennus-  
vaihte ja tasauspyörästö. (3, s. 11.)

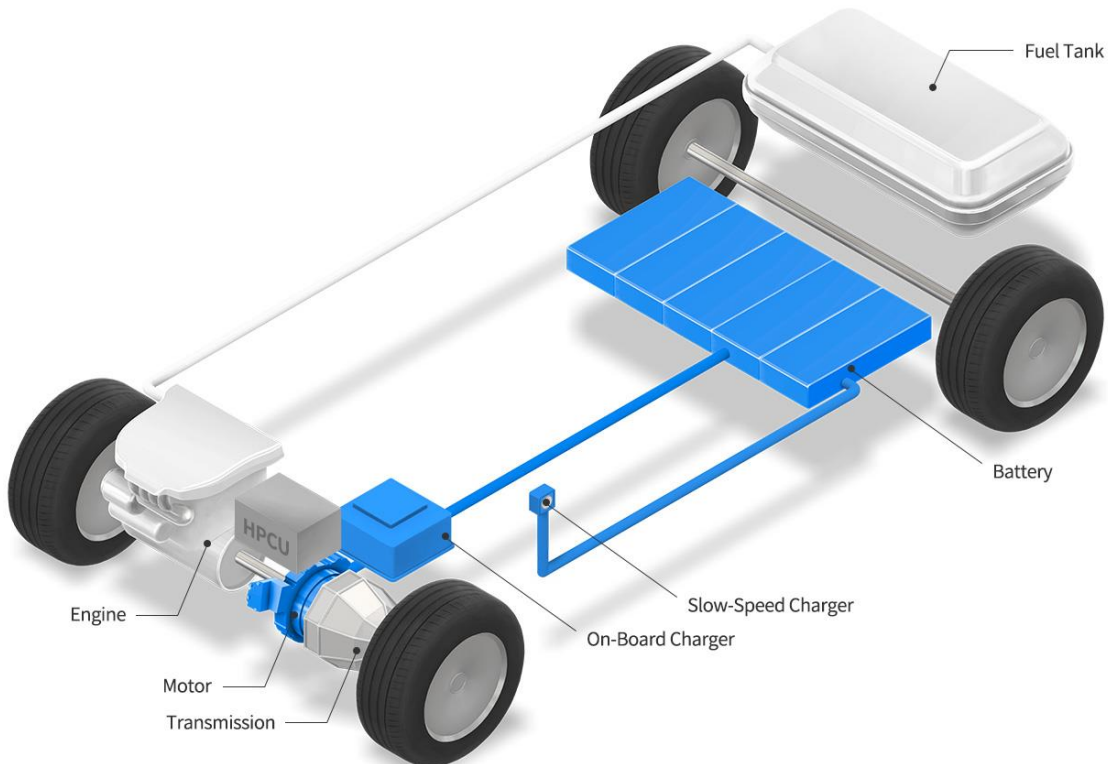
Suomen olosuhteissa on huomion arvoista, että sähkömoottori ei tuota suuria määriä hukkaläm-  
pöä, joka polttomoottoriautoissa osin hyödynnetään ohjaamon lämmittämiseen. Tämän takia säh-  
köautoissa ohjaamo lämmitetään sähkölämmittimellä tai ilmalämpöpumpulla. Näin lämmitykseen  
kuluu osa akuston energiasta, mikä alentaa täyssähköauton toimintamatkaa talvisin. (3, s. 11–12.)  
Vuoden 2021 lopussa Suomessa oli rekisteröity täyssähköhenkilöautoja 22 921 kpl (1, s. 3).



*KUVA 2. Volkswagen sähköauto (4)*

Ladattava hybridi (PHEV = Plug-in Hybrid Electric Vehicle) eroaa täyssähköautosta siten, että siinä  
on sähkömoottorin ja akuston lisäksi polttomoottori ja polttoainetankki (kuva 3). Polttomoottoria  
voidaan käyttää esimerkiksi pitkillä matkoilla akun varauksen loppuessa. Koska sähkömoottorin  
voimakas vääntö on käytössä liikkeellelähdössä, voidaan polttomoottorin työkiertoa optimoida hyö-  
tysuhteen kasvattamiseksi. Polttomoottoria voidaan käyttää akun lataamiseksi ja sammuttaa se  
sitten kokonaan, jolloin auton kokonaishyötysuhde kasvaa. Hybrideillä on näistä syistä polttomoot-  
toriautoja selkeästi alemmat polttoainekulutukset. (3, s. 12–13.)

Kylmässä ilmassa lataushybridien toiminta vaihtelee paljon. Osassa lataushybrideistä polttomoottori käynnistyy sähkömoottorin avuksi heti ilman kylmetessä ja osalla autoista voi ajaa kovillakin pakkasilla pelkällä sähkömoottorilla. (5, s. 3.) Vuonna 2021 Suomessa oli rekisteröity lataushybridihenkilöautoja 76 989 kpl (1, s. 3).



KUVA 3. Hybridiauton rakenne (6)

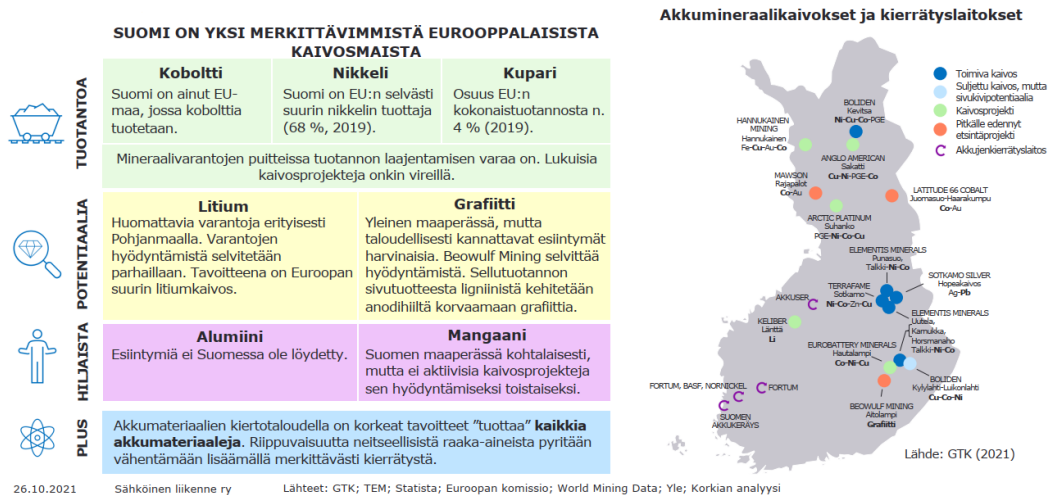
## 2.2 Sähköauton akku

Tänä päivänä ladattavien autojen akut valmistetaan litiumista. Litiumakut ovat tehokkaita, melko halpoja ja ne kestävät paljon enemmän latauskertoja kuin muut akut. Litiumin lisäksi litiumakkujen valmistukseen tarvittavia metalleja ovat nikkeli ja koboltti. Tyypillinen täyssähköauton litiumakku sisältää 50 kiloa nikkeliä, kahdeksan kiloa litiumia ja seitsemän kiloa kobolttia. (7.)

Litiumakkujen tarvitsemat metallit ovat ympäristön kannalta haasteellisia, sillä ne tulevat pääasiassa suurista ympäristöä kuormittavista avolouhoksista. Ympäristön kannalta haitallista on erityisesti koboltti, josta 63 % tuotetaan Kongossa. Kongossa kaivostoimintaan liittyy ympäristöongelmia, lapsityövoiman käyttöä ja muita vakavia ihmisoikeusongelmia. Tulevaisuudessa litiumia ja nikkeliä saatetaan pystyä tuottamaan ilman avolouhoksia, mutta koboltti jäisi silti litiumakkujen ongelmaksi. (7.)

Koska koboltin ja nikkelin hinta on korkea, on joissain automalleissa alettu käyttämään litium-rau-  
tafosfaatti (LFP) -akkuja. LFP-akut ovat huomattavasti edullisempia ja yksinkertaisempia kuin nik-  
keliä ja kobolttia sisältävät akut, mutta häviävät näille energiatiheydessä ja sen myötä toimin-  
tasäteessä. LFP-akkujen teknologia kehittyy kuitenkin koko ajan ja uusimmat akut ovat energiati-  
heydeltään jo nikkeli-koboltti-mangaani-akkujen tasolla. LFP-akkuja käytetään mm. Teslan ja  
Volkswagenin halvemmissä malleissa. (8.)

Litiumakut näyttävät toistaiseksi pysyvän vallitsevana akkuteknologiana, tästä syystä pitäisi li-  
tiumakkujen raaka-aineet pystyä tuottamaan ympäristöystävällisesti. EU:n osuus litiumakkujen  
raaka-aineiden tuotannosta on vain noin 1 % (9, s.29). Kuvassa 4 on esitelty litiumakkujen materi-  
aalien tuotannon kehitysmahdollisuuksia ja nykyisiä akkuminaalikaivoksia sekä akkuminaalien  
kierrätyslaitoksia Suomessa.



KUVA 4. Suomen akkuminaalikaivokset ja kierrätyslaitokset (9, s. 29)

Koska litiumakkujen materiaalit ovat kalliita ja niiden louhinta rasittaa ympäristöä, pyritään raaka-  
aineiden käyttöä tehostamaan. Fortum kertoo pystyvänsä kierrättämään 95 % litiumakkujen arvo-  
metalleista (10) ja Aalto-yliopiston johtamassa NextGenBat-projektissa kehitetään kiinteitä litiumak-  
kuja (11).

Kiinteät akut ovat energitehokkaampia ja paloturvallisempia kuin nykyiset nestemäiset akut. Kiin-  
teissä akuissa raaka-aineita tarvitaan jopa puolet vähemmän kuin nykyisissä akuissa. Kiinteät akut

ovat myös kevyempiä, jolloin kiinteää akkua käyttävällä sähköautolla on pidempi toimintasäde kuin nestemäisellä akulla varustetussa autossa, vaikka akun kapasiteetti olisi sama. (11.)

Yksi mielenkiintoinen vaihtoehto sähköautoissa käytetyille litiumakuille on Broadbit batteriesin kehittämä natriumakku. Natriumakun tärkeimmät raaka-aineet natriumin lisäksi ovat pii, hiili ja rikki. Nämä raaka-aineet ovat yleisiä, halpoja ja niiden tuottamiseksi ei tarvitse perustaa ympäristöä saastuttavia avolouhoksia. Broadbitin natriumakun lataaminen on Broadbit batteriesin mukaan paljon nopeampaa kuin litiumakkujen ja samanhintaisella natriumakulla saadaan sähköautoon yli puolitoinen ajosuorite litiumakkuun verrattuna. Natriumakkujen suurimmaksi ongelmaksi muodostuu niiden vähäinen latauskertojen kesto. Parhaat litiumakut voi ladata jopa 14 000 kertaa, siinä missä Broadbit Batteriesin akku on toistaiseksi ladattavissa vain noin 800 kertaa. Akut kuitenkin kehittyvät jatkuvasti ja natriumakut voisivatkin olla tulevaisuudessa litiumakkuja parempi vaihtoehto. (12.)

### **2.3 Sähköauton toimintasäde**

Sähköauton yksi merkittävimmistä eduista polttomoottoriautoon saavutetaan lataamalla autoa kotona yön yli. Näin joka aamu voi lähteä matkaan ns. täydellä tankilla. Akkua ei ladata joka yö tyhjältä täyteen, vaan yleensä jäljellä on jonkin verran varausta lataukseen kytkettäessä.

Sähköautojen energiankulutus on keskimäärin 10–30 kWh / 100 km. Suunnittelussa käytetään sähköautojen kulutuksena 20 kWh / 100 km. Ladattavien hybridien akustojen kapasiteetti on melko pieni, tyypillisesti 6–10 kWh. Niillä pystyy ajamaan sähköllä korkeintaan 20–70 km akuston koosta ja olosuhteista riippuen. Täyssähköautoissa akustot ovat kapasiteetiltaan 20–100 kWh, joka mahdollistaa noin 100–500 km ajosuoritteen. Suomalaisen autoilijan keskimääräinen päivittäinen ajo-matka on noin 50 km. (3, s. 14–15.)

Koska ilmanvastus kasvaa nopeuden kasvaessa, etenkin korkealla korilla varustetun sähköauton toimintamatka voi pudota jopa puoleen nopeuden kasvaessa 80 km:sta / h 120 km:iin / h. Moottoritienopeudet ja kovat pakkaset vähentävät sähköautojen toimintamatkaa oleellisesti. (3, s. 14–15.)

## 2.4 Viranomaismääräykset

29 lokakuuta 2020 tuli voimaan laki 733/2020, joka koskee rakennusten varustamista sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. Lailla pantiin osaltaan täytäntöön EU:n energiatehokkuudesta annettu direktiivi 2018/844. (13.)

Taloyhtiöitä koskevassa osassa säädetään, että uuteen asuinrakennukseen tai laajamittaisesti korjattavaan asuinrakennukseen, jossa on enemmän kuin neljä pysäköintipaikkaa, on asennettava vähintään latauspistevalmius siten, että jokaiseen pysäköintipaikkaan voidaan myöhemmin asentaa latauspiste (13).

Latauspistevalmiudella tarkoitetaan putkitusta tai muita johtoteitä, joihin voidaan myöhemmin asentaa tarvittava kaapelointi sähköajoneuvojen latauspisteitä varten, tai kaapelointia sähköauton latauspisteitä varten. Latauspisteiden on oltava sellaisia, että ne ovat Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2014/94/EU liitteen II teknisten eritelmien mukaisia normaalitehoisia tai suuritehoisia latauspisteitä, eli lataustavan 3 tai 4 mukaisia. (13.)

Laajamittainen asuinrakennuksen korjaus on lain mukaan sellainen, jossa rakennuksen vaippaan tai rakennuksen teknisiin järjestelmiin liittyvien korjausten jälleenrakentamiskustannuksiin perustuvat kokonaiskustannukset ovat yli 25 % rakennuksen arvosta, rakennusmaan arvo pois luettuna, ja johon on haettava maankäyttö- ja rakennuslain 125 §:n mukainen rakennuslupa (13).

Laki koskee sellaisia rakennuksia, joissa pysäköintipaikat sijaitsevat rakennuksessa ja korjaukset kattavat rakennuksen pysäköintipaikat tai rakennuksen sähköjärjestelmän, tai sellaisia rakennuksia, joiden pysäköintipaikat sijaitsevat kiinteistöllä, jolla rakennus sijaitsee, ja korjaukset kattavat pysäköintipaikat tai pysäköintipaikkojen sähköjärjestelmän (13).

Laissa säädetään myös, että yhden tai useamman asuinrakennuksen pysäköinnin järjestämiseen tarkoitettuun uuteen tai laajamittaisesti korjattavaan pysäköintitaloon on suunniteltava ja asennettava latauspistevalmius siten, että jokaiseen pysäköintipaikkaan voidaan myöhemmin asentaa latauspisteet (13).

Sähköajoneuvojen lataamiseen käytettävissä sähköverkoissa ja niiden suunnittelussa on noudatettava pienjänniteasennuksia käsittelevässä standardisarjassa SFS 6000 esitettyjä perusvaatimuksia. Standardissa SFS 6000-7-722 annetaan erityisvaatimuksia sähköajoneuvojen lataamiseen tarkoitetuille asennuksille. (14.)

Standardissa SFS 6000–7–722 kohdassa 722.312.2.1 sanotaan: ”TN-järjestelmissä liitäntäpistettä pitää syöttää TN-S-järjestelmän ryhmäjohtoilla” (15). Tämä lause aiheutti hämmennystä, sillä tulokitsin sen siten, että TN-C-järjestelmän käyttö latauspisteiden syötössä olisi kielletty. Asian selkeyttämiseksi otin yhteyttä SESKO ry:n Tapani Nurmeen, joka kertoi, että uuteen kommentointikierroksella olevaan SFS 6000 -standardisarjaan on tulossa tuohon kohtaan tarkennus.

Kohta on tarkoitus muuttaa muotoon: **FI**> Ryhmäjohdolla tarkoitetaan Osan 1 Luvun 20 kohdan 826–14–03 mukaan virtapiiriä, joka on tarkoitettu kytkettäväksi suoraan kulutuskojeeseen tai pistorasiaan. Jos latauskeskuksessa on suojalaitteet, ryhmäjohto on keskuksen sisällä oleva lyhyt johto, joka kulkee ylivirtasuojalta ja vikavirtasuojalta pistorasiaan tai latausjohdon pistokkeeseen. Latauskeskusten syöttöä koskevat Osan 4–44 yleiset vaatimukset, joiden mukaan yleensä pitää käyttää TN-S-järjestelmää. Latauskeskusten ketjuttaminen on sallittua esimerkiksi toteutettaessa latausasemia vanhojen autolämmityspistorasioiden tilalle. Vanhoja TN-C-järjestelmiä käytettäessä on otettava huomioon Osan 8–802 vaatimukset nolla- ja suojamaadoitusjohtimien liittämisestä. **<FI** (16.)

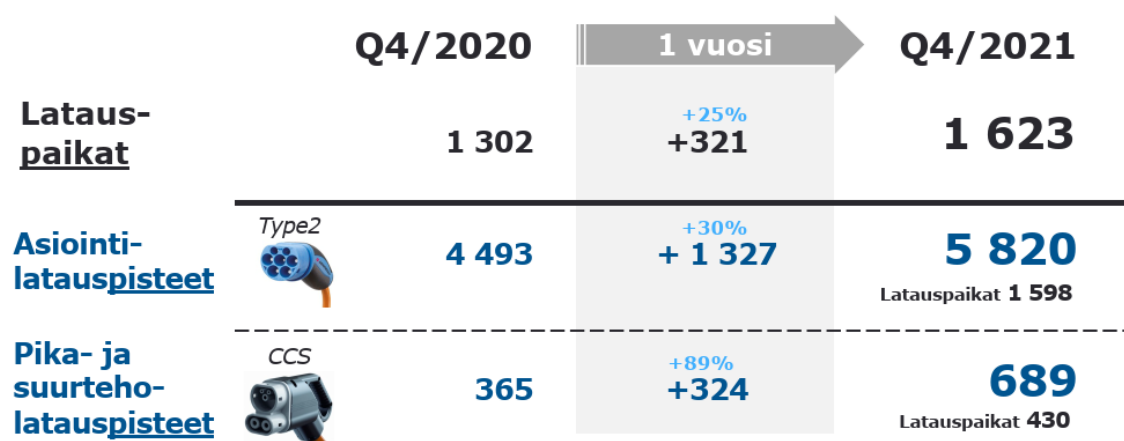
Muita sähköajoneuvojen latausta koskevia standardeja ovat:

- Latausjärjestelmä (IEC 61851 ja SFS-EN 61851)
- Latausaseman syöttö (IEC/HD 60364-7-722 ja SFS 6000-7-722)
- Jakokeskukset (IEC 61439)
- Latauskeskus (IEC 61439-7)
- Sähköajoneuvon pistokytin (IEC 62196 ja SFS-EN 62196)
- Sähköauton pistokytin, yleiset turvallisuusvaatimukset (IEC 62196-1 ja SFS-EN 62196-1)
- Sähköauton vaihtosähköpistokytin, mittalehdet (IEC 62196-2 ja SFS-EN 62196-2)
- Sähköauton pikalatauspistokytin DC ja AC/DC, mittalehdet (IEC 62196-3 ja SFS-EN 62196-3)
- Johdoton latausjärjestelmä (IEC 61980) (17).

### 3 SÄHKÖAUTON LATAUS

Sähköautojen sujuva käyttö edellyttää latausverkoston kehittämistä. Sähköautokannan kasvaessa nopeasti riittävän latauspalvelutason ylläpito ei ole mahdollista ilman merkittäviä investointeja. (1, s. 2.) Henkilöautojen julkisten suurteholatauspisteiden kasvu (kuva 5) vastaa täyssähköautojen määrän kasvua (kuva 1).

#### Latausverkoston kehitys, Latauspaikat ja -pisteet



Tesla Supercharger (78 kpl) – latauspisteet eivät sisälly lukuihin. Pikalatauspisteet CCS-pikalatauspisteiden mukaan

KUVA 5. Latausverkoston kehitys (1, s. 4)

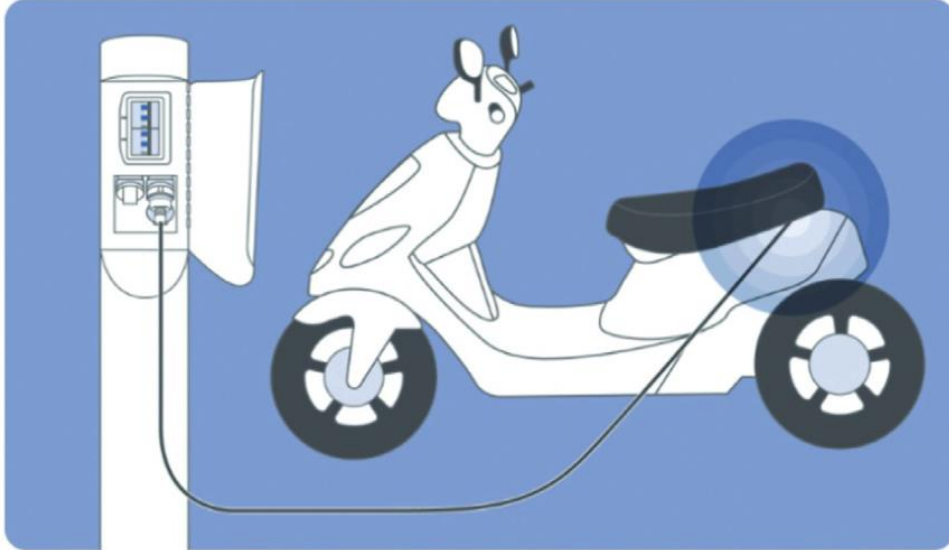
Sähköauton latausjakson pituuteen vaikuttavat akuston kapasiteetti ja varaustaso, akuston lämpötila sekä käytettävissä oleva latausteho. Jos akusto on kylmä, se ei pysty ottamaan suurta tehoa vastaan, joten latauksessa osa energiasta kuluu akuston lämmittämiseen latauksen nopeuttamiseksi. Siksi onkin suositeltavaa säilyttää sähköautoa talvella lämpimässä, jos siihen on mahdollisuus. Akuston varauksen ollessa n. 80 % alkaa lataus hidastua merkittävästi loppua kohden. Sähköautojen kyky vastaanottaa latausta vaihtelee paljon. Vaihtelua esiintyy latausvirran mukaan ja sen mukaan, onko autoa mahdollista ladata vaihtosähköllä (AC) vai tasasähköllä (DC). (3, s. 20.)

#### 3.1 Lataustavat

Tässä luvussa esitetyt lataustavat on sisällytetty hieman tiivistettynä kartoitusraporttiin osana sen kehitystyötä.

### 3.1.1 Lataustapa 1

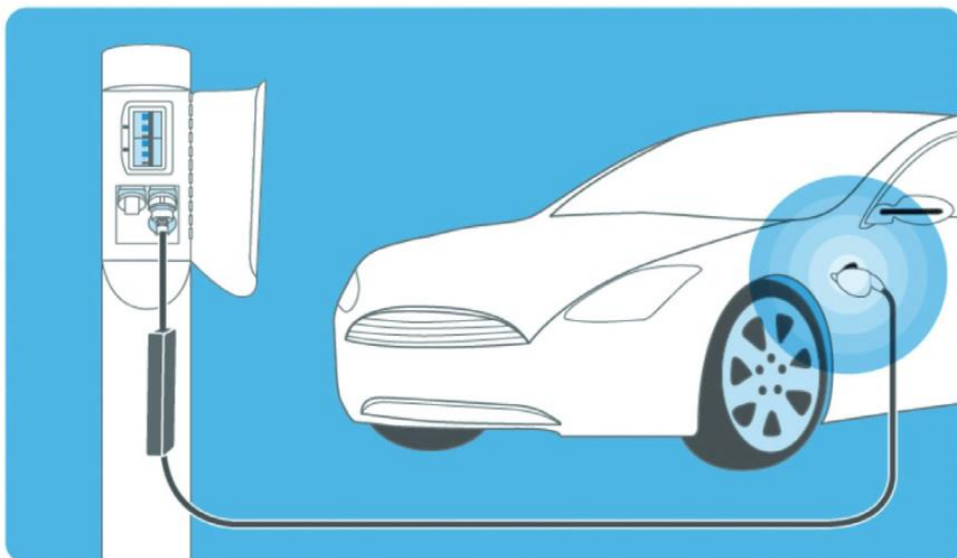
Lataustapaa 1 (Mode 1) käytetään kevyiden sähköajoneuvojen lataukseen. Esimerkkinä voitaisiin käyttää sähköpyörän tai -skootterin latausta sukopistorasiasta (kuva 6). (3, s. 30.)



KUVA 6. Lataustapa 1 (3, s. 30)

### 3.1.2 Lataustapa 2

Lataustapa 2 (Mode 2) tai "hidas yön yli lataus" on ladattavan auton tilapäislataus. Lataus tapahtuu tavallisesta suojakoskettimin varustetusta kotitalouspistorasiasta sähköauton mukana tulleella tilapäislatauskaapelilla (kuva 7). (3, s. 30–32.)



KUVA 7. Lataustapa 2 (3, s. 31)



Koska tavallista sukopistorasiaa ei ole suunniteltu kestävään jatkuvaa kuormitusta suurilla virroilla (kuva 8), standardi SFS-EN 62752 edellyttää, että latausvirta rajoitetaan 8 A:iin (14). Markkinoilla on myös 16 A jatkuvan kuormituksen kestäviä pistorasioita, mutta autolämmitysinfran kaapelointeja ei ole yleensä suunniteltu kestävään näin suuria jatkuvia kuormituksia, joten latausvirta on suositeltavaa rajata 8 A:iin, vaikka käytettäisiinkin lataus- tai teollisuuspistorasioita. Tämän vuoksi hidas yön yli lataus ei sovellu kovin hyvin suurilla akuilla varustetuille täyssähköautoille.

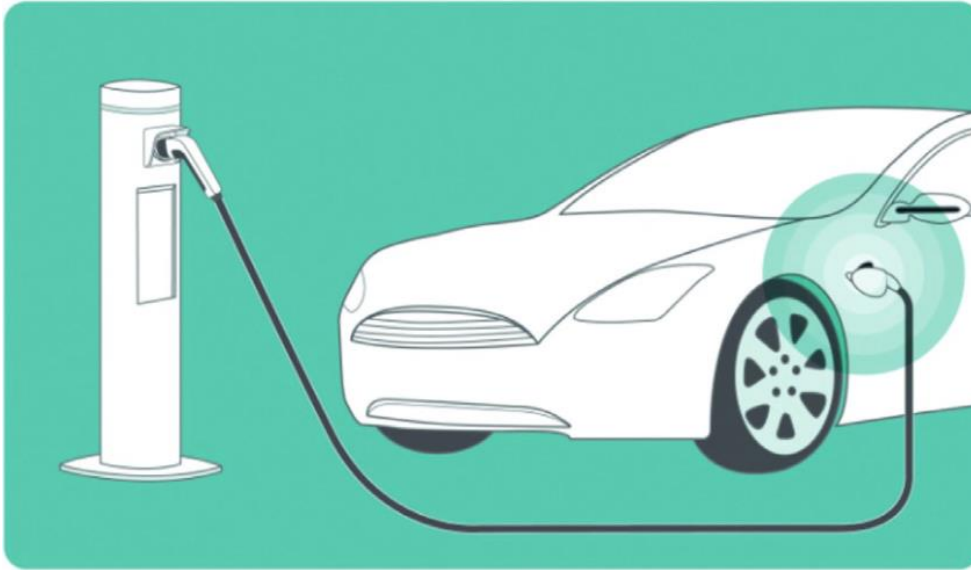


*KUVA 8. Sähköauton latauksen aiheuttaman ylikuormituksen tuhoama kotitalouspistorasia (3, s. 32)*

Koska autolämmityspistorasioiden käyttöä ei suositella sähköauton lataukseen, ja koska taloyhtiöillä on tarve laskuttaa lataussähköstä, on eri valmistajilla latauspistorasiaratkaisuja vastaamaan tähän tarpeeseen. Latauspistorasiakotelot asennetaan olemassa olevien autolämmityskoteloiden tilalle ja ne sisältävät usein myös mahdollisuuden polttomoottorikäyttöisen auton esilämmitykseen ajastimella.

### **3.1.3 Lataustapa 3**

Lataustapa 3 (Mode 3) tai ”peruslataus” on sähköajoneuvon latausta siihen tarkoitettulla kiinteästi asennetulla latauslaitteella, jossa on sähköauton lataukseen tarkoitettu pistorasia tai kaapeli ja pistoke (kuva 9). Latausvirta voi olla 6–63 A. Peruslataus on lataustavoista selkeästi kannattavin ja turvallisin vaihtoehto latauspisteitä suunniteltaessa. Hyviä puolia siinä ovat mahdollisuus rajoittaa latausvirtaa portaattomasti sähköverkon kapasiteetin mukaan sekä suurempi lataustehon kapasiteetti verrattuna lataustapaan 2. (3, s. 33.)



*KUVA 9. Lataustapa 3 (3, s. 34)*

Lataustavassa 3 käytetään yleisimmin standardin SFS-EN 62196-2 mukaista pistoketyyppiä 2 ("Mennekes") (kuva 10). Muut pistoketyypit eivät ole kovin yleisiä Suomessa. (3, s. 33.)

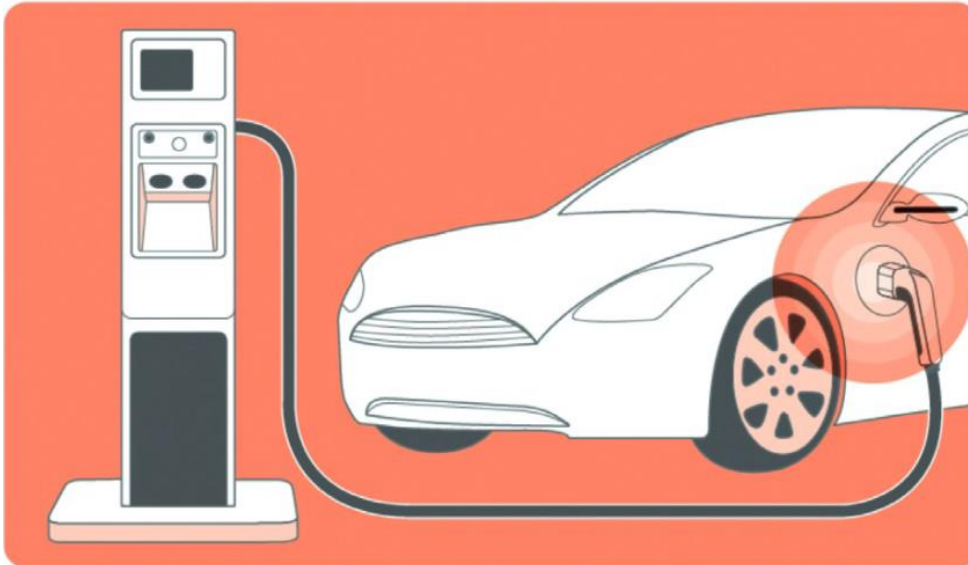


*KUVA 10. Type 2-pistoke ja pistokytkin (3, s. 34)*

Lataustavan 3 mukaisia laitteita on saatavilla useilta sähköalalla tunnetuilta valmistajilta. Esimerkiksi ABB, DEFA, Schneider Electric, Ensto ja GARO tarjoavat latausasemia lataustavan 3 mukaiseen lataukseen.

#### **3.1.4 Lataustapa 4**

(Mode 4) tai "teholataus" on auton latausta auton ulkopuolisella tasavirtalaturilla (kuva 11). Lataustapa soveltuu nopeaan lataukseen julkisilla paikoilla kuten huoltoasemilla tai kauppohenkiläalueilla. Kaikki autot eivät tue teholatausta. (3, s. 35.)



KUVA 11. Lataustapa 4 (3, s. 35)

Lataustavassa 4 käytetään standardin SFS-EN 62196-3 mukaista "CHAdEMO"-pistoketyyppiä (kuva 12) tai pistoketyyppiä "CCS2" (Combo 2)" (kuva 13) (3, s. 35).



KUVA 12. Chademo-pistoketykin ja -pistoke (3, s. 36)



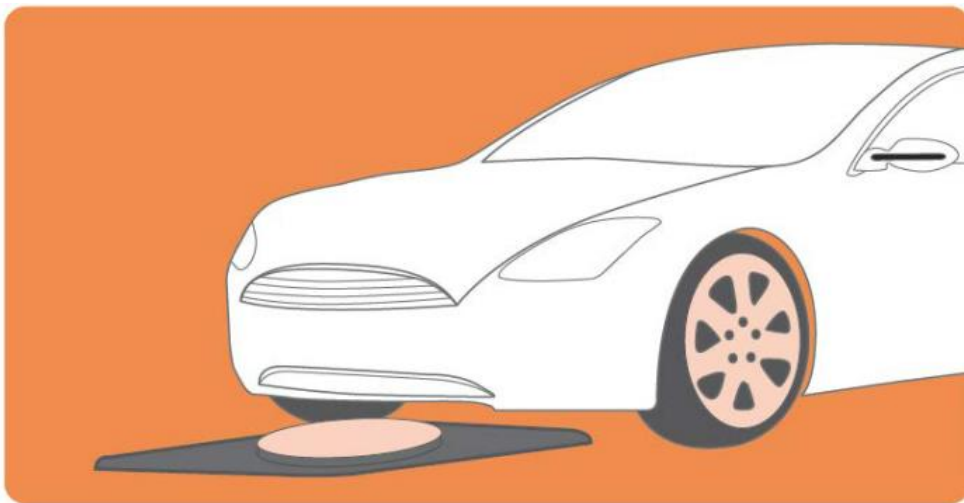
KUVA 13. CCS2 (Combo 2) -pistokekytkin ja -pistoke (3, s. 36)

### 3.1.5 Langaton lataus

Koska sähköautojen toimintamatkat ovat vielä lyhyitä verrattuna polttomoottoriin ajoneuvoihin, kehitetään monia ratkaisuja niiden toimintamatkan pidentämiseksi. Kiinalaiset autovalmistajat tuovat Eurooppaankin akunvaihtoasemia, joilla vaihdetaan tyhjä akku nopeasti täyteen (18). Tätä ei voi kuitenkaan pitää ympäristöystävällisenä ratkaisuna, sillä akkuja ja niiden valmistamiseen käytettyjä materiaaleja, tarvittaisiin entistä enemmän, osa latautumaan ja osa autoihin.

Järkevämpi ratkaisu, joka edistää sähköautojen yleistymistä on sähköauton langaton lataus (kuva 14). Sähköauton langaton lataus toimii samalla tavalla kuin älypuhelimien tai sähköhammasharjan langaton lataus. Sähköauto pysähtyy langattoman latausaseman päälle ja induktiivinen lataus käynnistyy. Latausaseman tuottama virta synnyttää magneettikentän, jota pitkin virta siirtyy sähköauton laturiin ja sitä kautta akustoon. Langaton lataus voisi olla toimiva ratkaisu esimerkiksi sähkökäyttöisten bussien tai taksien toimintamatkan kasvattamiseksi. Koska tällaiset ajoneuvot pysähtyvät useita kertoja päivässä samoille paikoille, niiden toimintamatkaa voidaan pidentää päivän aikana useilla lyhytkestoisilla langattomilla latauksilla. Langattomia latureita on saatavilla myös kotitalouskäyttöön, missä niiden hyöty on lähinnä vaivattomuus latauksessa. (19.)

Langaton lataus toimii samalla periaatteella myös ajon aikana, kun tiehen parin sentin syvyydelle asfalttiin asennetaan latauslevyjä. Näin auton akkuja voidaan ladata ajon aikana pienentäen auton tarvitseman akun kokoa. Tällainen ajon aikana tapahtuva langaton lataus on kuitenkin vielä kallista rakentaa. (19.)



KUVA 14. Langaton lataus (20, s. 13)

### 3.2 Kaksisuuntainen lataus

Kaksisuuntaisella latauksella tarkoitetaan sitä, että sähkö voi liikkua kahteen suuntaan. Auton akkua voidaan käyttää energiavarastona ja sillä voidaan tarjota energiaa takaisin kotiin tai sähköverkkoon. Jos esimerkiksi sähköauton omistajalla on kotonaan aurinkosähköjärjestelmä, hän voisi ladata sähköauton akkuun aurinkoenergiaa ja auringonpaisteen loppuessa auto voisi palauttaa sähkön kotitalouden käyttöön. Tällä tavoin sähköauto voisi pienentää kotitalouden sähkölaskua. Tästä käytetään termiä V2H (vehicle-to-home). (21.)

Toisaalta sähköauto voisi myydä aurinkoenergialla tuotetun, tai halvalla yösähköllä akkuun ladatun sähkön takaisin sähköverkkoon sähkön hinnan ollessa korkea. Tästä käytetään termiä V2G (vehicle-to-grid). (21.)

Sähköautoissa on merkittävä potentiaali sähköjärjestelmää ajatellen. Sähköauto sisältää suuren ja nopeasti energiaa luovuttavan akuston, joka voi olla kätevä väliaikainen energiavarasto. Kun energiantuotanto muuttuu ympäristöystävällisemmäksi (mutta tuotannoltaan epätasaisemmaksi) tuuli- ja aurinkoenergiaksi, on järkevää tasoittaa sähköntuotantoa yleistyvien sähköautojen akkuun varatulla energialla. (21.)

Toistaiseksi kaksisuuntainen lataus ei kuitenkaan ole kuluttajalle kovinkaan kannattavaa, sillä siitä saatu taloudellinen hyöty on kuluttajalle pieni ja se kuluttaa sähköauton akun rajallisia latauskertoja. Tulevaisuudessa energiayhtiöt saattavat kuitenkin lisätä kannustimia sähköauton akun käyttöön väliaikaisena energiavarastona.

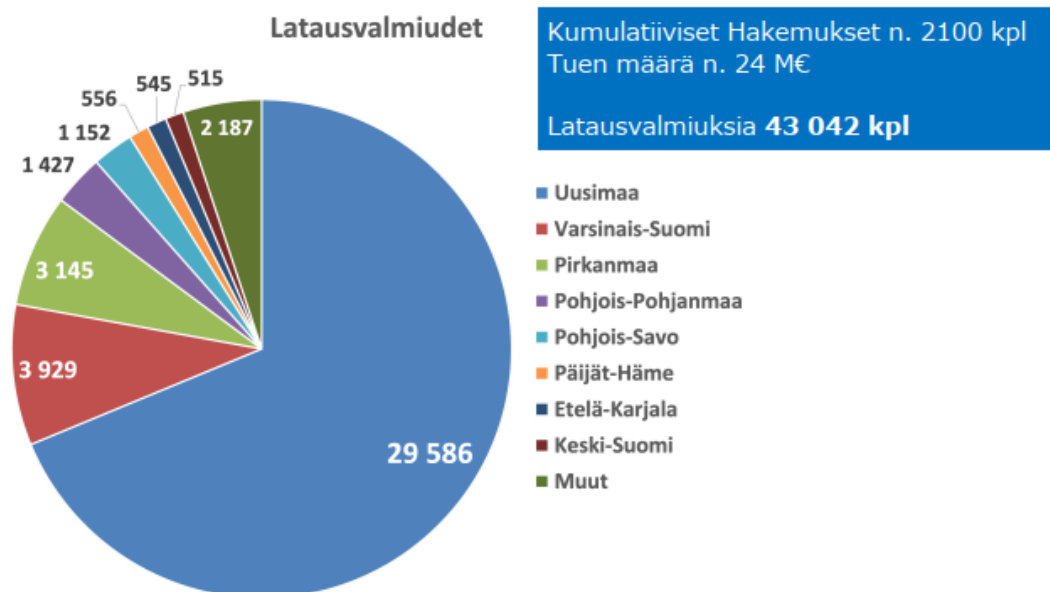
### 3.3 Latausinfra-avustus

Sähköauton latauspisteiden hankkimiseen liittyviä päätöksiä tehdessä kannattaa muistaa, että asuinrakennuksen omistavien yhteisöjen, esimerkiksi taloyhtiöiden, on ollut mahdollista hakea vuodesta 2018 alkaen avustusta asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA:lta. Avustus kattaa tällä hetkellä 35 % sähköautojen latauspisteiden edellyttämien kiinteistön sähköistysjärjestelmiin tehtävien muutosten kustannuksista. Tuki ei edellytä itse latausaseman asentamista, vaan pelkkä kaapelointivaraus latausasemalle riittää. Jotta latauslaitteelle on mahdollista hakea ARA:lta avustusta, on latauslaitteen tultava taloyhtiön omistukseen. Osakashankinnoiksi jätettäviä latauslaitteita ARA

ei tue. (22, s. 4.) Vuoden 2020 alusta ARA tarjosi myös 50 % kuluista kattavaa tehotukea, mikäli toteutettiin vähintään 11 kW:n latausvalmius. Tehotuki kuitenkin poistui vuodelle 2022. ARA-tuella on toteutettu vuoteen 2022 mennessä 43 042 latauspistevalmiutta (kuva 15) (1, s. 14).

Vuoden 2022 alusta ARA-tuelle on tullut seuraavat muutokset:

- Avustusprosentti on 35 %. Avustuslaskennassa huomioidaan kulut enintään 4 000 euroon asti latausvalmiutta kohti.
- Kaapeloinnin tulee olla 11 kW / 3 vaihetta mukaisesti kaikille valmiuksille, muu sähköjärjestelmä tarpeen mukaan. Käytännön latausteho voi siis aluksi olla alhaisempi ja sitä voi kasvattaa tarvittaessa myöhemmin.
- Vain 11 kW:n tehoa tukeva tyyppin 2 koskettimella varustettu latauslaite on avustuskelpoinen. Tämä koskee myös aiemmin myöntävän päätöksen saaneiden hankkeiden jälkihan- kintoja.
- Hankkeet voi jaksottaa, kuitenkin vähintään viisi latausvalmiutta toteutuskertaa kohden.
- Alle viisipaikkaiset taloyhtiöt voivat saada avustusta, jos ne tekevät valmiudet kaikille au- topaikoilleen.
- Pysäköintiyhtiöt ovat avustuskelpoisia, jos ne toteuttavat asemakaavan mukaista asukas- pysäköintiä omakustanneperiaatteella. Pysäköintiyhtiö voi toteuttaa latausinfraa käyttäjien tarpeen mukaan. (22, s. 3–5.)



KUVA 15. ARA-tuella toteutetut latausvalmiudet maakunnittain (1, s. 14)

### 3.4 Kuormanhallinta

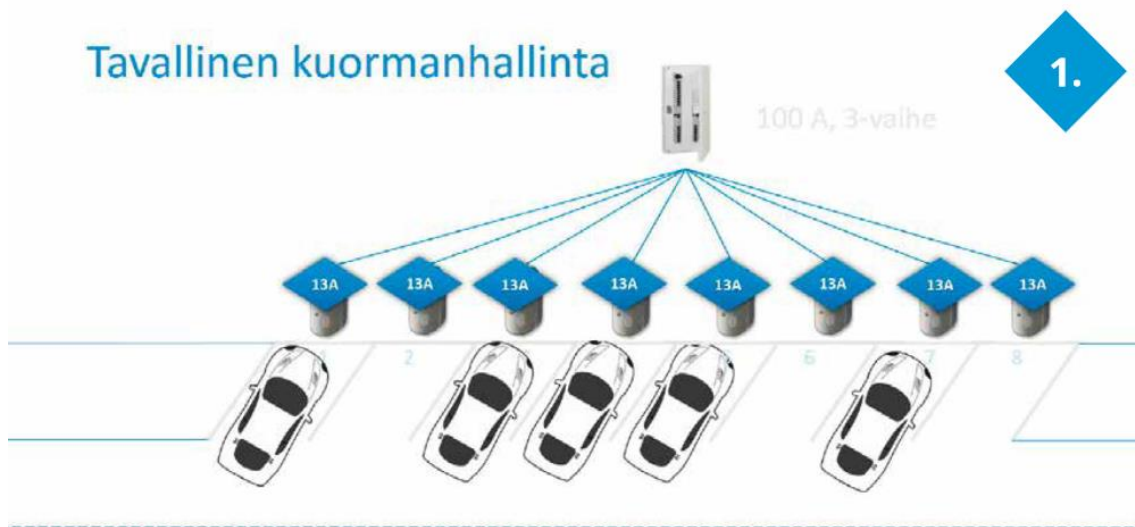
Koska sähköautoja ladataan yleensä yön yli samanaikaisesti, tulee niitä syöttävien ryhmäjohtojen mitoituksessa käyttää tasauskerrointa 1. Latausjärjestelmien keskinäistä tasauskerrointa voidaan kuitenkin pienentää käyttämällä kuormanhallintajärjestelmää. Kuormanhallinnalla tarkoitetaan sitä, että sähköauton latauksia ohjaamaan asennetaan järjestelmä, joka rajoittaa latausasemien antamaa latausvirtaa silloin, kun kiinteistön muu sähkönkäyttö on suurta. Kuormanhallinta voidaan jakaa kahdenlaisiin järjestelmiin: tavallinen ja dynaaminen kuormanhallinta. (3, s. 40.)

Kuormituksen valvonnalle ei ole olemassa omaa standardia. Periaatteena on, ettei runkojohto, tai muu edeltävä verkko voi ylikuormittua vaarantaen jakelun kaikille ajoneuvoille. Mahdollisia toteutustapoja kuormituksen valvontaan on erilaisia: virtareleet, virtamittaukset tai ohjelmallinen eli pilvipohjainen menetelmä. Latausten ohjauksessa tulee noudattaa standardisarjaa SFS-EN 61851, jolloin taataan latausjärjestelmän yhteensopivuus sähköautojen kanssa. (3, s. 41.)

#### 3.4.1 Tavallinen kuormanhallinta

Tavallinen kuormanhallinta rajoittaa kuorman kuormittavimman tilanteen mukaan kaikille latausasemille riippumatta yhtäaikaisesti käytössä olevien latausasemien määrästä. Näin jokainen latausasema voi antaa ainakin vähäisen määrän latausvirtaa ladattavalle ajoneuville. Tavallisessa kuormanhallinnassa varataan turhaa kapasiteettia niiden latausasemien käyttöön, jotka eivät ole käytössä (kuva 16). Tavallisella kuormanhallinnalla ei myöskään helposti pystytä rajoittamaan sähköautojen latauksen kuormaa silloin, kun kiinteistön muu sähkönkäyttö on suurta. (23, s. 7.)

## Tavallinen kuormanhallinta



KUVA 16. Tavallinen kuormanhallinta, jossa varataan latauskapasiteettia turhaan paikoille, joilla ei ladata autoa (23, s. 7)

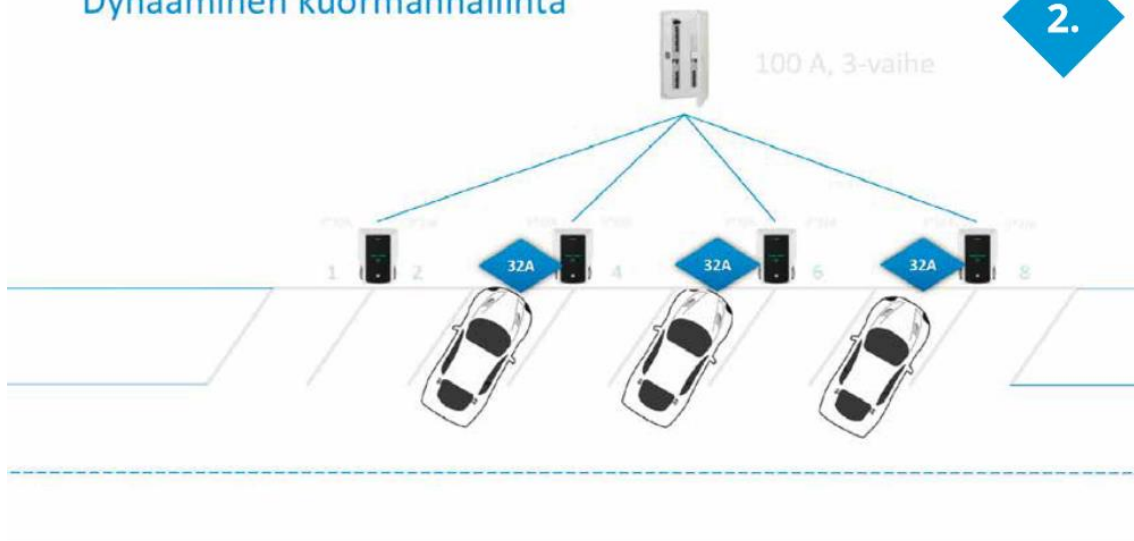
### 3.4.2 Dynaaminen kuormanhallinta

Dynaaminen kuormanhallinta voidaan toteuttaa joko yksitasoisena tai monitasoisena. Yksitasoista kuormanhallintaa käytettäessä ei tarvitse lisätä komponentteja keskuksiin, vaan latausasemille määritetään yksi kokonaisteho, jonka latausasemat jakavat keskenään tarvitseville latausasemille. Monitasoinen kuormanhallinta toteutetaan lisäämällä latausjärjestelmään virtamittauksia, tyypillisesti ainakin kiinteistön sähköliittymälle. Tällöin voidaan latausasemien välille jakaa aina käytössä todellisuudessa oleva kapasiteetti. Monitasoinen dynaaminen kuormanhallinta mahdollistaa sähköliittymän kapasiteetin täysimääräisen hyödyntämisen.

Dynaaminen kuormanhallintajärjestelmä tasaa suurinta sallittua enimmäiskuormaa automaattisesti kaikkien yhtä aikaa käytössä olevien latausasemien kesken huomioiden myös kiinteistön muu samanaikainen sähkönkäyttö (kuvat 17 ja 18). Dynaamisen kuormanhallinnan avulla kiinteistössä voi olla käytössä samanaikaisesti useampi tehokas latauspiste ja silti voidaan noudattaa kiinteistön sähköjakelujärjestelmän asettamia rajoja. (23, s. 7.)

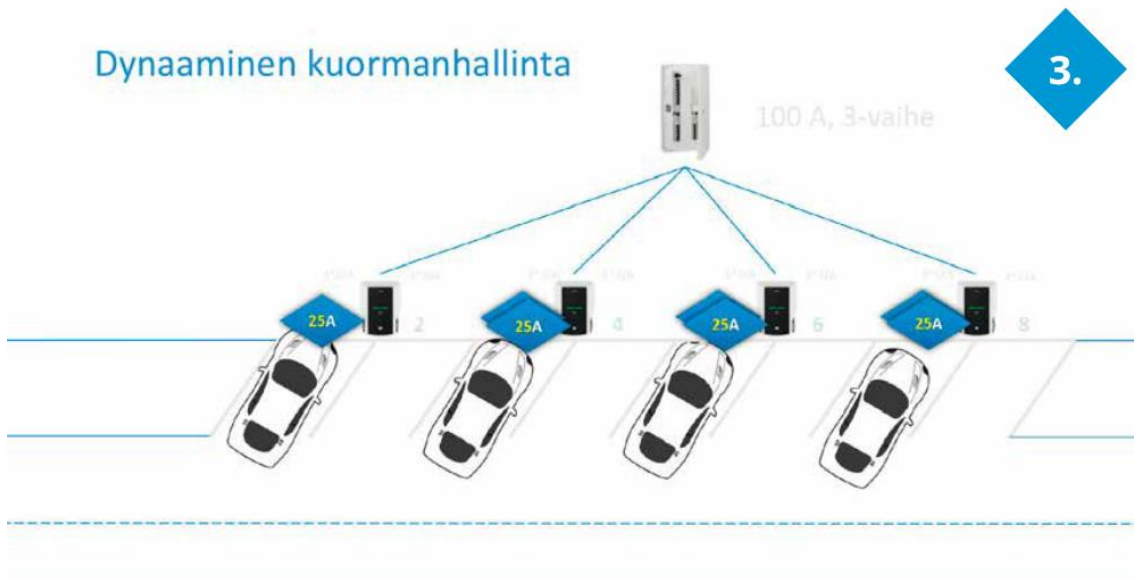


## Dynaaminen kuormanhallinta



KUVA 17. Dynaaminen kuormanhallinta, lataavat autot eivät ylitä sallittua virtarajaa ja jokainen auto voi ladata latauslaitteen täydellä teholla (23, s. 7)

## Dynaaminen kuormanhallinta



KUVA 18. Dynaaminen kuormanhallinta, lataaville autoille jaetaan käytettävissä oleva latauskapasiteetti (23, s. 7)

### 3.5 Suojauksien vaatimukset

Kaikki latauspisteet on suunniteltava omaksi virtapiirikseen, eli oman ylivirta- ja vikavirtasuojan taakse. Samaan piiriin voidaan kytkeä lisäksi ainoastaan pistorasia, joiden pääasiallinen käyttötarkoitus on ajoneuvon lämmittäminen. Tällä varmistetaan, etteivät muut lataukset häiriinny yhden latauksen häiriössä. (3, s. 42.)

Jokainen latauspiste tulee suojata vähintään 30 mA:n A-tyyppin vikavirtasuojalla. SFS-EN 62196:n mukaisia pistorasioita tai pistokkeita latausasemissa käytettäessä tulee jokainen latauspiste suojata joko B-tyyppin vikavirtasuojalla tai A-tyyppin vikavirtasuojalla yhdistettynä 6 mA:n tasasähkövikavirran poiskytkävän laitteen kanssa. Tavalliselle kotitalouspistorasialle riittää A-tyyppin vikavirtasuojaja (3, s. 42.)

Vaatimukset vikavirtasuojauksen osalta ovat siis tiukemmat käytettäessä sähköajoneuvon lataukseen tarkoitettua lataustavan 3 mukaista latausasemaa kuin ne ovat käytettäessä tavallista kotitalouspistorasiaa. Tämä johtuu siitä, että kotitalouspistorasiasta lataustavan 2 mukaisesti ladattaessa käytetään ajoneuvon ja pistorasian välillä tilapäislatauskaapelia, joka sisältää myös yli 6 mA tasasähkövirran suojauksen standardin IEC/EN 62752 mukaisesti. (3, s. 42.)

### **3.6 Sähkön laatu**

Sähköautojen yleistyessä niiden lataaminen voi aiheuttaa sähköverkkoon sähkön laatuun vaikuttavia häiriöitä. Sähköauton latauksessa käytetään hakkuriteholähteitä, jotka aiheuttavat haitallisia yliaalloja. Yliaalloiksi kutsutaan kaikkia verkon jännitteitä ja virtoja, jotka ylittävät taajuudeltaan verkon normaalin taajuuden. Yleisimmät harmoniset yliaallot ovat kolmas, viides, seitsemäs ja yhdestoista yliaalto. Nämä saavat nimensä taajuuksistaan, jotka ovat verkkotaajuuden monikertoja. Kolmas 150 Hz, viides 250 Hz ja niin edelleen. (24, s. 26–27.) Mikäli kohteeseen voi muodostua huomattavia yliaalloja, ne täytyy ottaa huomioon kaapelien mitoituksessa, erityisesti nollajohtimen osalta. (25, s. 279.)

Erityisesti yksivaihelatausten aiheuttama kolmas harmoninen yliaalto voi olla vaarallinen. Tästä syystä sähköautojen latauspiireissä ei ole suositeltua käyttää TN-C-järjestelmää, sillä mahdolliset haitalliset yliaallot kertautuvat nollajohtimeen, TN-C-järjestelmässä yhdistettyyn PEN-johtimeen. (24, s. 32–33.) TN-C-järjestelmän käyttö sähköauton lataukseen on kuitenkin sallittua Suomessa, jos latausasemissa ei ole erityisiä tiedonsiirtokaapeleita. TN-C-järjestelmää käytettäessä tulee noudattaa standardin SFS 6000-8-802 vaatimuksia nolla- ja suojamaajohtimien liittämistä. (16; 26, s. 152)

Saksassa VDE-AR-N 4100 -standardi antaa lukuarvot latauspisteiden liittymispisteen suurimmalle sallitulle harmonisten yliaaltojen suhteelle. Jos latauslaitteita tulee kohteeseen enemmän, tulee Saksassa tehdä selvitys sähkön laadun osalta yhdessä verkkoyhtiön kanssa. (27.) Isossa-Britanniassa on suunnitteluopas, jossa on niin ikään arvot sallitulle yliaaltojen osuudelle sähkön laadun osalta kuormia verkkoon liitettäessä (28, s. 22).

Suomessa ei sähkökäyttäjän itse omaan sähköverkkoonsa aiheuttamiin yliaaltomääriin tai niiden vaikutuksiin oteta kantaa standardeissa. Standardin SFS-50610 ja Energiateollisuuden yliaaltojen rajoittamissuosituksen antamia suositusarvoja voidaan kuitenkin käyttää oman sähköverkon sähköisen tilan arvioinnin perusteena. Suositeltavat rajat on annettu suhteessa referenssivirtaan. (24, s.42–44).

Referenssivirta on sulakepohjaisessa liittymässä pääsulakkeen nimellisvirta. Referenssivirran ollessa 25–200 A saa virran harmoninen kokonaissärö olla enintään 10 % referenssivirrasta. Referenssivirran ollessa yli 200 A saa virran harmoninen kokonaissärö olla enintään 8 % referenssivirrasta, mutta kuitenkin vähintään 20 A sallitaan. Tällöin lisäksi yksittäisen, alle yhdennentoista yliaallon osalta, sallitaan enintään 7 % virran harmoninen kokonaissärö referenssivirrasta. (24, s. 42–44.)

Uusien sähköautojen sisäisten latureiden aiheuttamat yliaallot ovat standardien mukaisesti vähäisiä, ja yksittäinen latauslaite ei täten aiheuta ongelmia. Tulevaisuudessa ongelmia saattaa syntyä isoilla autoparkitusalueilla, kun ladataan kymmeniä, jopa satoja, sähköautoja samanaikaisesti. Tämän vuoksi on suositeltavaa varustaa isojen parkitusalueiden tai pysäköintihallien sähköauton latauskeskukset vähintään yliaaltosuodatuksen tilavarauksin. (29, s. 7.) On myös suositeltavaa tarkastaa sähkön laatu kohteen valmistuttua, jos on syytä epäillä merkittävää sähkön laadun heikkenemistä.

## 4 SÄHKÖAUTON LATAUSPISTEIDEN KARTOITUS TALOYHTIÖILLE

Tyypillinen kohde, johon kartoituksia tehdään, on 5–40-vuotias taloyhtiö, jonka asukkaat harkitsevat hankkivansa tai ovat hankkineet sähköautoja. Taloyhtiön hallitus esittää lataustarpeen isännöitsijälle ja isännöitsijä tilaa hallituksen hyväksynnällä asiantuntijoilta kartoituksen, jonka tarkoituksena on selvittää ratkaisuvaihtoehdot sähköauton lataukseen kohteessa ja tuoda helpotusta sähköauton latauspisteiden hankkimiseen liittyvään päätöksentekoon. Taloyhtiöiden on hyvä tietää, että hankkeen toteutuessa myös kartoitus on ARA-tukikelpoinen.

Kartoitus pohjautuu kohdekäyntiin, saatavilla oleviin sähköpiirustuksiin ja verkkoyhtiöltä saatuihin tietoihin energiankulutuksesta. Kartoituksesta laaditaan taloyhtiölle raportti, joka sisältää kuvailun nykyisen sähköjärjestelmän soveltuvuudesta sähköauton lataukseen, yleistä tietoa sähköauton latauksesta ja kuormanhallinnasta, erilaisia toteutusvaihtoehtoja, niiden hyvät ja huonot puolet sekä kustannusarviot.

### 4.1 Nykyisen sähköjärjestelmän soveltuvuus

Kartoitusraportin ensimmäisessä osiossa tutkitaan, mahdollistaako nykyinen sähköjärjestelmä sähköauton latauksia. Osiossa selvitetään myös mahdollisten muutosten ja lisäysten tarve sähköjärjestelmään latauspisteiden rakentamiseksi. Raportin tässä kohdassa esitellään nykyiset sähkökeskukset ja niiden ominaisuudet sekä kerrotaan nykyisen autolämmitysinfran ominaisuuksista.

Sähköverkkoyhtiöltä saatujen energiankulutustietojen perusteella määritetään taloyhtiön nykyisen sähköjärjestelmän vapaa kapasiteetti ja lasketaan vapaan kapasiteetin ja kohteen autopaikkojen määrän perusteella autopaikkakohtainen latausteho, sekä selvitetään montako latauspistettä sähköjärjestelmä nykyisellään mahdollistaisi. Tähän käytetään tässä opinnäytetyössä laadittua Excel-taulukkoa, johon syötetään kohteen autopaikkojen määrä, sähköverkkoyhtiöltä saadut keskimääräinen keskihuipputeho ja korkein keskihuipputeho sekä sähköliittymän sähkönsiirtokapasiteetti, joka pohjautuu pääsulakekokoon (kuva 19).

Keskimääräinen keskihuipputeho tarkoittaa sähköverkkoyhtiön mittaamien kulutustietojen tuntikohtaisten keskiarvotehojen keskiarvoa. Korkein keskihuipputeho tarkoittaa kulutustietojen korkeinta

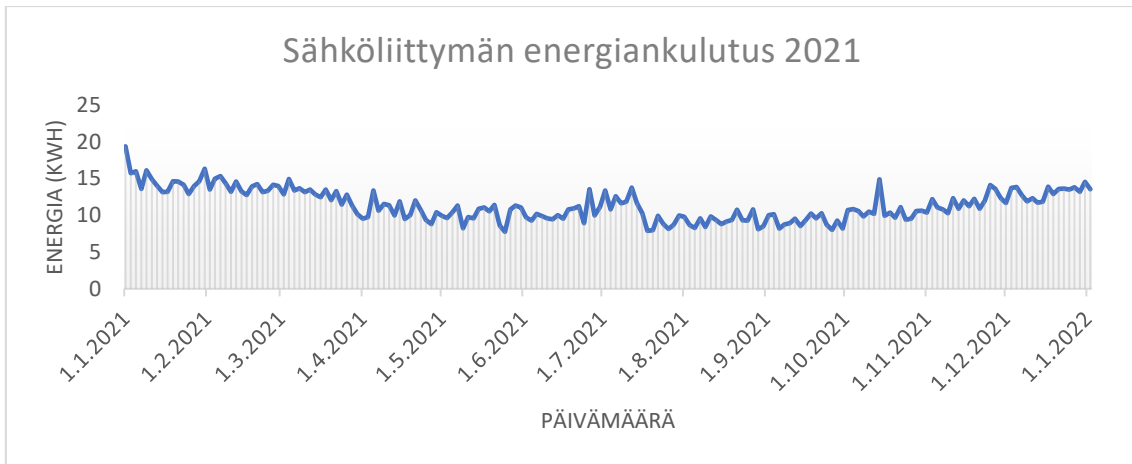
tuntikohtaista keskiarvotehoa. Hetkittäiset huipputehot ylittävät kuitenkin reilusti nämä arvot. Koska hetkittäiset huipputehot vallitsevat vain lyhyen aikaa, voidaan sähköliittymän sähköauton latausta varten vapaana oleva kapasiteetti määritellä sähköverkkoyhtiön ilmoittaman korkeimman keskituntitehon mukaan edellyttäen, että kiinteistöön asennetaan kuormanhallintajärjestelmä, jolla latausvirtaa rajoitetaan keskimääräisiä keskituntitehoja korkeampien tehuippujen aikana.

<b>Syötettävät tiedot</b>				
Pääsulakkeet	3x160 A	Mukautettu arvo	217 kW	
Sähköliittymän korkein keskituntiteho	24 kW			
Sähköliittymän keskimääräinen keskituntiteho	69 kW			
Autopaikat	44			
<b>Liittymän vapaa kapasiteetti</b>				
		Infralla ladattavissa olevat kilometrit (korkeimman keskituntitehon aikaan)		
Sähköliittymän nimellinen siirtokyky	110 kW	1 h aikana	430 km	
Vapaa kapasiteetti korkeimman keskituntitehon aikaan	86,0 kW	10 h aikana	4300 km	
Vapaa kapasiteetti keskimääräisen keskituntitehon aikaan	41,0 kW			
<b>Latausteho/autopaikka (kaikilla autopaikoilla ladataan)</b>				
		<b>Latausteho/autopaikka (puolella autopaikoista ladataan)</b>		
Korkeimman keskituntitehon aikaan	2,0 kW	Korkeimman keskituntitehon aikaan	3,9 kW	
Keskimääräisen keskituntitehon aikaan	0,9 kW	Keskimääräisen keskituntitehon aikaan	1,9 kW	
<b>Ladattavissa olevat ajokilometrit/autopaikka (korkeimman keskituntitehon aikaan)</b>				
Lataus kaikilla autopaikoilla	10 km (1 h aikana)	98 km (10 h aikana)		
Lataus puolella autopaikoista	20 km (1 h aikana)	195 km (10 h aikana)		
<b>Vapaan kapasiteetin mahdollistamat samanaikaiset lataukset (korkeimman keskituntitehon aikaan)</b>				
Latausteho	1,8 kW	3,6 kW	11 kW	22 kW
	47	23	7	3

*KUVA 19. Taulukko, jolla lasketaan vapaa kapasiteetti, autopaikkakohtainen latausteho, autopaikkakohtaisen lataustehon mahdollistama ajosuorite sekä vapaan kapasiteetin mahdollistamat samanaikaiset lataukset*

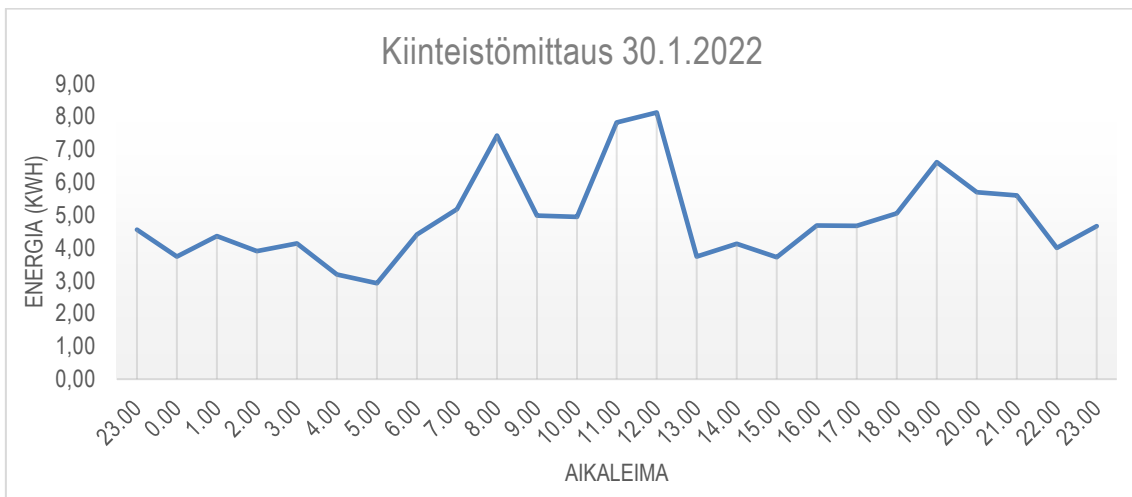
Excelin teossa ajatukseni oli, että kaikki kartoitusraportin ensimmäisessä osassa tarvittavat tiedot tuotaisiin kerralla selkeästi näkyviin, ilman että tarvitsee palata takaisin muuttamaan arvoja.

Sähköliittymän kulutustiedot esitetään raportissa kehitysehdotuksen mukaisesti graafisessa muodossa viivakaavioina. Kaavioilla rytmitetään raportin tekstiä mielekkäämmäksi lukea ja kaaviot ovat havainnollistavampia kuin pelkät luvut. Viivakaaviosta voidaan esimerkiksi nähdä, että sähkönkulutus on talvisin kesää suurempaa (kuva 20).



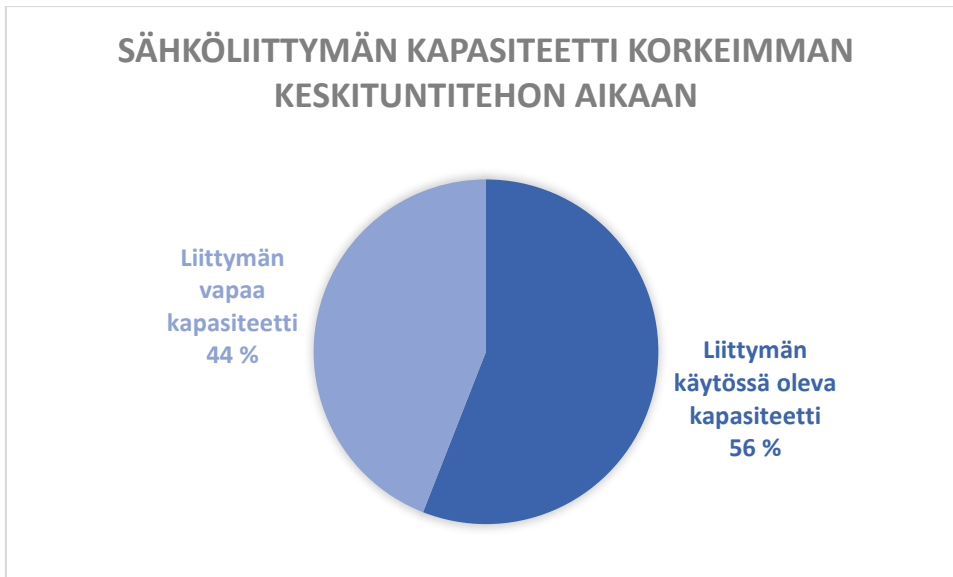
KUVA 20. Esimerkkikohteen sähkönkulutus vuonna 2021

Myös kiinteistömittauksen kulutustiedot esitetään viivakaaviona (kuva 21). Kaaviolla havainnollistetaan esimerkiksi, kuinka aamuisin polttomoottoriautojen esilämmitys nostaa kiinteistökeskuksen energiankulutusta.



KUVA 21. Esimerkkikohteen kiinteistökeskuksen energiankulutus 30.1.2022

Sähköliittymän vapaa kapasiteetti sähköverkkoyhtiön ilmoittaman korkeimman keskituntitehon aikaan esitetään ympyräkaaviona (kuva 22).



*KUVA 22. Esimerkkikohteen sähköliittymän vapaa kapasiteetti sähköverkkoyhtiön ilmoittaman korkeimman keskituntitehon aikaan*

Kohteen liittymiskaapelin ja pääkeskuksen nimellisvirran perusteella selvitetään, voidaanko pääsulakekokoa nostaa ilman liittymiskaapelien tai sähköpääkeskuksen uusimista sähköjärjestelmän kapasiteetin kasvattamiseksi. Lopullisen päätöksen siitä, onko pääsulakekoon korottaminen mahdollista, antaa sähköverkkoyhtiö.

## **4.2 Sähkökeskusten lämpökuvaus**

Kehittämissuositusten mukaisesti yritys alkoi tarjota sähkökeskusten lämpökuvausta osana kohdekäyntejä. Keskusten lämpökuvausta suositellaan SESKO:n sähköajoneuvojen lataussuosituksessa (14), sillä vanhojen keskusten kunto on hyvä tarkastaa, ennen kuin niitä aletaan kuormittaa sähköautojen latauksilla. Lämpökuvaamalla pystytään helposti selvittämään keskusten kunto ja huomaamaan mahdolliset viat ennen vaaratilanteita.

### **4.2.1 Lämpökuvauksen teoriaa**

Lämpökamerat eivät mittaa lämpötilaa, vaan kohteesta tulevaa kokonaislämpösäteilyn määrää tietyllä aallonpituudella. Kaikki asiat, joiden lämpötila on yli 0 K, säteilevät lämpöä. Kamera muuttaa lämpösäteilyn lämpökuvaksi ja asteiksi kameran näytölle. Lämpökamera mittaa siis kohteen pinnasta tulevan lämpösäteilyn määrää. Lämpö voi siirtyä kohteen pinnalle lämpösäteilyn (infrapuu-

nasäteily), konduktion (johtuminen) tai konvektion (siirtyminen) avulla. Lämpökameran kuvaa tulkitessa on hyvä muistaa, että lämpö pyrkii luonnostaan siirtymään kuumemmasta kylmempään. Näin ollen jos keskuksessa vaikkapa muovieristeinen johdin näyttää kuumalta ja sen päässä oleva kirkas metalliliitin näyttää kamerassa kylmältä, on liitin todellisuudessa varmastikin vähintään yhtä kuuma ja vika on emissiokertoimen asettelussa. (30, s. 9–16.)

Kohteen emissiokerroin on materiaalin ominaisuus ja se kertoo kohteen kyvystä säteillä lämpöenergiaa. Emissiokerroin on luku, joka on jotain nollan ja yhden välillä. Käytännössä kaiken lämpösäteilyn heijastavaa ( $\epsilon=0$ ) tai ei ollenkaan lämpösäteilyä heijastavaa ( $\epsilon=1$ ) materiaalia ei ole, vaan emissiokerroin on aina jotain näiden väliltä. (30, s. 17.) Koska kappale, jonka emissiokerroin on pieni, heijastaa helposti lämpöä muista lähteistä, on parempi lämpökuvausta suorittaessa käyttää koko ajan samaa emissiokerrointa (esim.  $\epsilon=0,95$ ) ja etsiä kuvattavasta kohteesta kohta, jonka emissiokerroin on tätä vastaava, esimerkiksi johtimen eriste, teippi tai maalattu pinta.

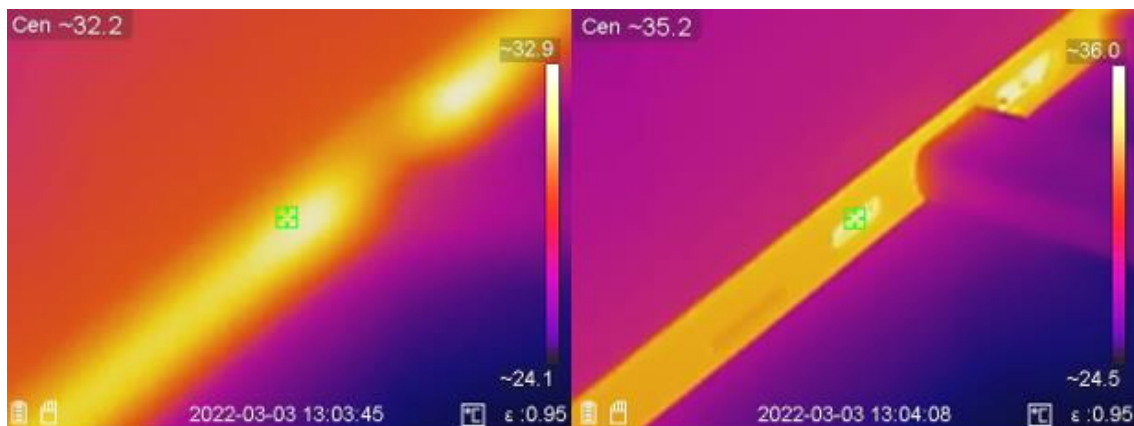


## 4.2.2 Hyvä lämpökuva

Hyvän lämpökuvan perusedellytyksiä ovat:

- oikea tarkennus
- oikea lämpötila-alue
- oikea kuvausetäisyys
- järkevä väripaletti.

Tarkennus on lämpökuvauksen tärkein työvaihe, sillä jo tallennetun kuvan tarkkuutta ei voida jälkikäteen muuttaa. Tarkennus vaikuttaa lämpötiloihin ja lämpökuvan terävyyteen. Tarkennus suoritetaan kohtaan, jossa on suurin lämpötilaero. (30, s. 31.) Kuvassa 23 on kaksi kannettavasta tietokoneesta otettua kuvaa. Vasemmassa kuvassa tarkennus on tehty väärin ja oikeassa oikein. Kuvasta voidaan nähdä, että oikein tarkennettua kuvaa on paljon helpompi tulkita ja mitattu lämpötila on todellisuudessa korkeampi kuin miltä se epätarkassa lämpökuvassa näyttää.



KUVA 23. Tarkennuksen vaikutus lämpökuvaan

Lämpökameran aluevalintana voidaan käyttää manuaalista tai automaattialuevalintaa. Automaattialuevalinta toimii yleensä melko hyvin. Automaattialuevalintaa käytettäessä kamera skaalaa oman mitta-alueensa lämpökuvassa näkyvän kuumimman ja kylmimmän kohdan mukaisesti. Tämän vuoksi lämpökuvassa näkyy aina jotain kuumaa ja kylmää. Tämän vuoksi on tärkeää aina sisällyttää lämpökuvaan lämpötila-asteikko, jotta kuvan lämpötilaeroja voidaan tulkita oikein. (30, s. 33.)

Lämpökuvat kannattaa aina ottaa niin läheltä kuin se on kuvauskohde huomioiden järkevää ja turvallista. Käytetty kuvausetäisyys tulee näkyä joka kuvan kohdalla lämpökuvausraportissa, jotta kohdetta mahdollisesti uudestaan kuvatessa ei kuviin tule muutoksia etäisyyden muutoksen takia.

Kuvissa voidaan käyttää väripalettia, joka on helposti tulkittavissa. Tähän ei ole yksiselitteistä ohjetta, vaan väripaletti tulee valita tapauskohtaisesti. (30, s. 34.)

#### **4.2.3 Kuvausten suorittaminen**

Koska sähkölaitteistoista ei voida havainnoida vikoja ilman kuormitusta, sähkölaitteistojen lämpökuvaukset kohdistuu aina virrallisiin järjestelmiin. Sähkölaitteistoja kuvattaessa tulee siis aina huomioida sähkötyöturvallisuus. Kuvattavan laitteiston tulee olla kuormitettu normaalisti tai vähintään 40 % maksimikuormituksesta ja kuormituksen on pitänyt olla päällä vähintään puolen tunnin ajan. Kuvattavien kohteiden kuormitusvirrat mitataan ja raportoidaan aina. Koska kuormitusvirta vaikuttaa neliöllisesti lämmittävään tehoon, on pienelläkin virran muutoksella suuri vaikutus lämpötilaan. Kuvia tulkitessa on aina huomioitava, miten lämpötila nousisi, jos laitteistoa kuormitettaisiin maksimikuormituksella. (30, s. 78–80.)

Lämpökuvauksessa tutkittavat kohteet käydään järjestelmällisesti läpi etsien mahdollisia lämpötilapoikkeamia. Kun havaitaan suuria lämpötilaeroja esimerkiksi samanlaisten komponenttien välillä, tarkastellaan kohtaa tarkemmin. Samanlaisten komponenttien lämpötiloja verratessa ei tarkoilla lämpötila-arvoilla ole niinkään väliä, vaan lämpötilaeroilla. (30, s. 80.)

Kuvia ei oteta kohtisuoraan kohteeseen nähden, vaan vinossa kulmassa ja tarvittaessa käyttäen heijastusten estoon suoja, jotta vältetään kuvaajan tai muun lämpösäteilyn aiheuttamilta vääristymiltä (30, s. 87).

#### **4.2.4 Lämpökuvauksen raportointi**

Lämpökuvauksista laaditaan raportti, jossa on aluksi yleiskuva kohteesta ja kohteen tiedot. Raporttiin merkitään käytetty kuvauslaitteisto ja lämpökuvauksen suorittaja sekä kuormitusvirrat. Tämän jälkeen esitetään lämpökuvat poikkeamista ja korjausehdotukset mahdollisiin vikoihin. Jokaisesta poikkeamasta tulee olla mitattuna myös kuormitusvirrat. Kuvista pitää pystyä päättämään vikaantunut kohta. Lämpötila-asteikon ja väripaletin tulee olla sellaiset, että kuvat eivät anna asiakkaalle väärää kuvaa laitteiston tilasta, vaan kuvien oikea tulkinta on helppoa. Kaikkien kuvien kohdalle merkitään kuvausetaisyys. (30, s. 103–105.)

### 4.3 Ratkaisuvaihtoehdot

Raportin tässä osassa esitellään kohteeseen soveltuvia ratkaisuvaihtoehtoja. Tyypillisessä kohteessa vaihtoehtoja on kaksi: joko uusitaan nykyiset autolämmityspistorasiakotelot uusilla latauspistorasiakoteloilla tai rakennetaan uusi autolämmitysinfrasta erillään oleva lataustavan 3 mukainen latausinfra. Pääsääntöisesti yrityksen suosituksena on toteuttaa uusi keskinopea latausinfra, sillä se on kestävämpi ratkaisu ja sähköauton pääasiallinen lataustapa.

#### 4.3.1 Lataustavan 2 mukainen ratkaisu

Yksinkertaisin ja kustannustehokkain vaihtoehto sähköauton latausten mahdollistamiseksi on vaihtaa nykyiset autolämmityspistorasiat sähköauton latauksen kestäviin latauspistorasioihin. Autopaikkakohtainen latausteho on 1,8–3,6 kW kaapeloinnista ja vapaasta kapasiteetista riippuen.

Olemassa olevia autolämmitysinfran kaapelointeja ei suositella käytettäväksi sähköauton lataukseen, jos ne ovat TN-C-järjestelmän mukaisia (24, s. 32–33). TN-C-järjestelmän mukaisen autolämmitysinfran kaapelointien käyttö sähköauton lataukseen ei ole kuitenkaan kiellettyä ja kaapelointeja voidaan hyödyntää, jos latauslaitteisiin ei tule tiedonsiirtokaapeleita. Asennettaessa latausasemia TN-C-järjestelmän mukaiseen autolämmitysinfraan tulee noudattaa standardin SFS 6000–8–802 vaatimuksia nolla- ja suojamaajohtimen liittämistä. (16; 26, s. 152.)

Useat valmistajat tarjoavat sähköauton lataukseen ja polttomoottorikäyttöisten autojen esilämmitykseen suunniteltuja yhdistelmärasioita. Yksinkertaisimmillaan latausrasiat sisältävät pistorasian, joka on suunniteltu kestävästi jatkuvaa kuormitusta vähintään 8 A:n virralla sekä kWh-mittarin, jolla voidaan seurata lataussähköön käytettyä energiaa. Yleensä rasiat sisältävät myös vikavirta- ja ylivirtasuojauksen.

Osa valmistajista tarjoaa kuormanhallinta- ja etälaskutuspalveluita. Ilman etälaskutuspalveluita joudutaan jokaisen sähköauton lataajan käyttämä lataussähkö laskuttamaan manuaalisesti aseman kWh-mittarin perusteella. Kohteissa, joissa kapasiteettia sähköauton lataukseen ei ole paljon, on tarpeen käyttää kuormanhallintapalveluja. Kuormanhallinnalla mahdollistetaan useat samanaikaiset sähköauton lataukset ilman sulakkeiden palamista.

### 4.3.2 Lataustavan 3 mukainen ratkaisu

Lataustavan 3 mukaisessa ratkaisussa rakennetaan kokonaan uusi latausinfra, jonka suurin autopaikkakohtainen latausteho on vähintään 11 kW. Tämä mahdollistaa sen, että hanke on kelvollinen saamaan ARA-tukea. Suomen olosuhteissa on hyvä huomioida, että osa lataustehosta kuluu talvella akun esilämmittämiseen. Jos latausteho on pieni, ei kovilla pakkasilla itse lataus käynnisty välttämättä ollenkaan. 11 kW:n kolmivaiheinen lataus tarjoaa luotettavan latauksen myös kovilla pakkasilla.

Sähköauton latauspisteitä syötetään yleensä sähköauton latauksen ryhmäkeskuksesta, joka sijoitetaan esimerkiksi autopaikoitusalueelle. Kohteissa, joissa sähköpääkeskuksella ei ole vapaita lähtöjä sähköauton latauksen ryhmäkeskuksen syöttämiseen, voidaan lisätä laajennusosa sähköpääkeskukselle. Jos pääkeskus on uusimisiässä, suositellaan pääkeskuksen uusimista tai vähintään sen kunnon tarkistamista esimerkiksi lämpökuvaamalla ennen sen kuormittamista sähköauton latauksilla.

Sähkön syöttö latausasemille sähköauton latauksen ryhmäkeskukselta toteutetaan autopaikoitusalueella esimerkiksi AMCMK-kaapeleilla. Jos latauspisteitä toteutetaan sisätiloihin, esimerkiksi autotalleihin tai jos sähköauton latauksen ryhmäkeskus sijoitetaan sisätiloihin, on käytettävä standardin SFS 6000 mukaisesti vähintään Eca-paloluokan kaapeleita. Lisäksi jos asiakas vaatii halogeenittömyyttä, suositeltavin paloluokka on Dca-s2, d2, a2. Autohallikohteissa voidaan käyttää sähkönsyöttöön paloluokan Dca-s2, d2, a2-kaapeleita, virtakiskoja tai lattakaapeleita. (31.) Usean varakuutusyhtiön edellytyksenä korvaukselle palotilanteissa on, että ne sisätilat, jossa sähköauton lataus tapahtuu, on varustettava etähälyttävällä paloilmoitinjärjestelmällä.

Tiedonsiirtoyhteys voidaan käytettävästä järjestelmästä riippuen toteuttaa joko langattomasti tai tiedonsiirtokaapeleilla. Latausasemat sijoitetaan autopaikoitusalueilla yleensä uusiin pylväisiin, joihin voidaan joissain tapauksissa kiinnittää myös olemassa olevat lämmityspistorasiakotelot (kuva 24).



*KUVA 24. Latausasemat ja autolämmityspistorasiakotelo kiinnitettyinä samaan pylvääseen*

Autohallikohteissa latausasemat kiinnitetään seiniin tai betonipylväisiin tai niiden kiinnittämiseksi voidaan lisätä teräspylväitä tai tikashyllyjä pystyyn (kuva 25).



*KUVA 25. Eri vaihtoehtoja latausasemien kiinnittämiseen autohallikohteissa*

Lataustavan 3 mukaiset latausjärjestelmät pitää rajallisen latauskapasiteetin takia varustaa lähes aina dynaamisella kuormanhallintajärjestelmällä. Taloyhtiö voi valita haluamansa latauslaitteen.

## 5 LATAUSLAITTEET

Ennen raportin kehitystyötä raportissa esiteltiin vain yksi latauslaite lataustapaa kohden. Tässä luvussa esitellään muutaman sähköalalla tunnetun valmistajan latauslaiteratkaisut taloyhtiöiden latauslaittevalinnan helpottamiseksi.

### 5.1 Lataustavan 2 mukaisia laitteita

Lataustavan 2 mukainen ratkaisu on esimerkiksi eTolpan 8MMO459eTolppakWh lämmitys- ja latausasema (kuva 26). Asema soveltuu auton lämmitykseen ja lataukseen 1,8 kW:n latausteholla. Se sisältää kaksi maadoitettua pistorasiaa, yhden eTolppa-kellon, kaksi 10 A / 30 mA johdonsuojavikavirtayhdistelmää ja kaksi MID-energiamittaria. (32.) MID-energiamittarit täyttävät Euroopan parlamentin ja neuvoston asettaman mittauslainedirektiivin vaatimukset.

eTolpan etuna on sen tarjoama asemien etälaskutus. Etälaskutuspalveluiden ja kuormanhallinnan mahdollistamiseksi tarvittava tietoliikenneyhteys voidaan eTolpalla toteuttaa langattomasti esimerkiksi aseman selkäpuolelle asennettavalla Xodem-tukiasemalla. Xodem-tukiasema kommunikoii langattomasti autopaikoitusalueelle asennettavien eTolppa-asemien kanssa lukien mm. latauspistekohtaiset kWh-mittarointitiedot ja välittäen kuormanhallintajärjestelmän ohjauskäskyjä asemille.



KUVA 26. 8MMO459eTolppakWh lämmitys- ja latausasema (32)

Toinen lataustavan 2 mukainen ratkaisu on Hybriditolppa (kuva 27). Hybriditolppa on yksinkertainen ratkaisu taloyhtiöille. Asema sisältää kaksi sukopistorasiaa, valintakytkimen (lataus/lämmitys), digitaalisen ajastimen ja kaksi kWh-mittaria. Hybriditolpasta on saatavilla tolppaan ja seinään asennettavat mallit. Hybriditolppa ei tarjoa laskutuspalveluita, joten sähköauton lataukseen kulutettu energia joudutaan laskuttamaan manuaalisesti aseman kWh-mittarin perusteella. Hybriditolppa ei tarjoa myöskään kuormanhallintajärjestelmää. (33.)



*KUVA 27. Hybriditolppa (33)*

Olemassa olevasta GARO:n autonlämmityskotelosta voidaan vaihtaa etulevyt sähköauton latauksen mahdollistaviin GARO KL216-etolppakWh-etulevyihin. Tämä on kustannuksiltaan selvästi edullisin vaihtoehto, jos kohteessa on GARO:n autonlämmityskotelot. Etulevyt sisältävät kaksi maadoitettua pistorasiaa, yhden etähallittavan eTolppa-kellon, kaksi johdonsuoja-vikavirtayhdistelmää ja kaksi MID-energiamittaria (kuva 28). Myöskään GARO ei tarjoa pistorasiakotelomalleilleen energianlaskutuspalvelua tai kuormanhallintajärjestelmää, joskin sen KL216-latausasema on yhteensopiva eTolpan kuormanhallinnan ja etälaskutuspalveluiden kanssa. (34.)



KUVA 28. GARO KL216-e TolppakWh-etulevy sähkö- ja hybridautojen lataukseen

## 5.2 Lataustavan 3 mukaisia laitteita

Lataustavan 3 mukaisesta ABB:n Terra AC -latausasemasta on saatavilla yksivaiheinen 7,4 kW ja kolmivaiheinen 22 kW lataustehon mahdollistava laite. Latausasemaa on saatavilla varustettuna Type 1 tai Type 2 -kiinteällä latauskaapelilla tai Type 2 -pistorasialla (kuva 29). Latausasemassa on sisäänrakennettuna DC-vuotovirran valvonta sekä ylivirta-, maasulku- ja ylijännitesuojaukset. Laite myös sisältää sisäisen energiamittarin, joka mahdollistaa tavallisen kuormanhallinnan. Yhdistettynä ulkoiseen energiamittariin tai ohjaukseen laitetta voidaan käyttää dynaamiseen kuormanhallintaan. Laitteessa on Ethernet-, Bluetooth- ja WIFI/4G-yhteydet. Laitetta voidaan käyttää joko ABB:n oman taustajärjestelmän kanssa tai kolmannen osapuolen taustajärjestelmien kanssa. (35.)

ABB:n oma taustajärjestelmä tarjoaa latausasemien hallinnointimahdollisuuden, kuten käyttäjien sekä latausasemien hallinnoinnin, raportoinnin sekä tavallisen tai dynaamisen kuormanhallinnan. ABB:n oma taustajärjestelmä ei tarjoa laskutuspalveluita. Vielä toistaiseksi ABB:n taustajärjestelmä on maksuton, mutta taustajärjestelmä muuttuneeksi tulevaisuudessa. Yksittäisen latausaseman hallintaan voi käyttää ChargerSync-sovellusta. Sovelluksella voidaan ohjata latauslaitetta ja seurata kulutustietoja. ChargerSync-sovellus on ilmainen eikä ABB:lla ole suunnitelmia sen muuttamisesta maksulliseksi. (36.)





KUVA 29. ABB Terra AC -latausasema (35)

DEFA eRange IQ-latausasemaa on saatavilla 7,4 kW tai 11 kW lataustehon mahdollistavana mallina: Type 2 -pistorasialla tai Type 2 -kiinteällä latauskaapelilla (kuva 30). IQ Facility -mallista on myös 22 kW:n versio. Laitteessa on sisäänrakennettu dynaaminen kuormanhallinta ja se sisältää MID-energiamittarin ja RFID-lukijan. Suojauksena laitteessa on tyyppin A vikavirtasuojaja DC-vuotovirtasuojaja. IQ voidaan yhdistää internetiin WIFI- tai LAN-yhteydellä. IQ on liitettävissä DEFA:n CloudCharge-sovellukseen, jolloin on mahdollista seurata sähkönkulutusta, vastaanottaa virheilmoituksia ja ohjata laitetta mobiililaitteella. (37.)



KUVA 30. DEFA eRange IQ -latausasema (37)

Schneider Electric EVlink Smart Wallbox on latausasema, joka on mahdollista saada 2,3–22 kW:n latausteholla varustettuna joko kiinteällä Type 2 -latauskaapelilla tai Type 2- tai Type 1 -pistorasialla (kuva 31). Latausasemalla voidaan toteuttaa energianmittaus yhdistettynä käyttäjän tunnistukseen, lataustietojen raportointi ja laskutus sekä kuormanhallinta. Kuormanhallinta voidaan toteuttaa laitteella joko kuormanpudotustoiminnolla, joka aktivoituu 24 VDC kosketintiedolla tai dynaamisena erillisellä EcoStruxure Charging Expert kuormanhallinnan ohjauslaitteella. Latausasema on saatavilla RFID-lukijalla tai avainlukituksella ja se voidaan varustaa WIFI-moduulilla, 4G-modeemilla tai Ethernet-yhteydellä. EVlink Smart Wallbox vaatii erikseen asennettavan B-tyyppin vikavirtasuojan. (38.)



KUVA 31. Schneider Electric EVlink Smart Wallbox -latausasema (38)

Ensto One -latausasema on mahdollista saada 3,6–22 kW:n latausteholla, varustettuna kiinteällä Type 2 -latauskaapelilla, Type 2 -pistorasialla ja ylimääräisellä kellokytkimellä varustetulla sukopistorasialla (kuva 32). Ensto One sisältää sisäänrakennetun DC-vuotovirran valvonnan, Type A -yhdistelmäsuojan, MID-energiamittarin ja RFID-lukijan. Laitteen säätö onnistuu Bluetooth-yhteydellä mobiilisovelluksesta. Laite tarjoaa valmiuden pilvipohjaiseen kuormanhallintaan ja energiankulutuksen raportointiin ja laskutukseen. Kuormanhallinta vaatii Ethernet-yhteyden latausasemille. (39.)

Ensto ei tarjoa pilvipohjaisia järjestelmiä, mutta laitetta voidaan käyttää esimerkiksi Plugit- tai eParking-kuormanhallintapalveluiden kanssa. Laitteen nykyinen versio ei tue monitasoista kuormanhallintaa, mutta vuoden 2022 aikana laitteesta ilmestyy uusi versio, jossa tämä ominaisuus on. (40.)



KUVA 32. Ensto One -latausasema (39)

GARO GLBDC-latausasemia on saatavilla 3,7–22 kW:n latausteholla. Latausasema on saatavilla varustettuna Type 2 tai Type 1 -latauspistorasiolla tai kiinteällä Type 2 -latauskaapelilla (kuva 33). Asema on varustettu DC-tasavirtavalvonnalla sekä A-tyyppin vikavirtasuojalla. Joissain malleissa vikavirtasuoja asennetaan laitteen syöttöön. Latausasemat voidaan varustaa lisävarusteina WIFI-moduulilla tai RFID-lukijalla. Latausasemat ovat yhteensopivia dynaamisen kuormanhallintajärjestelmän kanssa. Dynaamisen kuormanhallintajärjestelmän rakentaminen vaatii kWh-mittarin asentamista keskukseen sekä järjestelmään liitettävien asemien ketjuttamista parikaapelilla. (41.)



KUVA 33. GARO GLBDC-T222FC -latausasema (41)

Parkkisähkön erikoisuutena on sen pikaliitin-kaapelointijärjestelmä, joka mahdollistaa latausaseman nopean vaihtamisen uudelleen. Autopaikoille asennetaan pikaliitintolpat ja autopaikan haltija voi hankkia latausaseman helposti silloin, kun se on kunkin autopaikan haltijalle ajankohtaista. Latauslaitteet tukevat käyttäjäkohtaista mittarointia ja kiinteistökohtaista tehonhallintaa. Jotta sähköliittymän kapasiteetti voidaan kokonaisuudessaan hyödyntää, täytyy ns. ”tyhvät” rasiat varustaa Parkkisähkön Älyschukoilla. Muussa tapauksessa ne huomioidaan kuormanhallinnassa ohjelmallisesti latauskapasiteettia rajoittamalla. Parkkisähkö tarjoaa myös mahdollisuutta vuokrata latausasemat ostamisen sijaan. (42.)

Parkkisähkön valikoimassa on Alfenin valmistama kaksiporttinen 22 kW:n latausasema (kuva 34). Latausasema sisältää suurikokoisen LED-näytön, RFID-tunnistimen, MID-energiamittarin, DC-vuotovirran valvonnan sekä B-tyyppin vikavirtasuojan. (43.)



KUVA 34. Alfen Eve Double Pro-line (43)

### 5.3 Esimerkkejä eri automallien kyvystä ottaa vastaan lataustehoa

Sähköauton kyky ottaa vastaan latausta vaihtelee eri automallien välillä paljon. Ennen latauslaitteen hankkimista on syytä ottaa selvää, kuinka korkeaa lataustehoa auto kykenee vastaanottamaan auton sisäistä laturia käytettäessä, eli lataustavalla 2 tai 3. Taulukossa 1 on esitetty joidenkin automallien korkeimpia mahdollisia lataustehoja auton sisäistä laturia käytettäessä. Joistain autoista on useita samannimisiä malleja, joten niiden automallien kohdalla on useita lukuja.

TAULUKKO 1. Automallien korkeimpia mahdollisia lataustehoja auton sisäistä laturia käytettäessä (44)

Automalli	Latausteho auton sisäisellä laturilla
Audi Q7 e-tron	7,2 kW
BMW I3	7,4/11 kW
BMW 530e	3,6 kW
Citroen e-C4	7,4/11 kW
Fiat 500e	7,2 kW
Ford Kuga PHEV	3,6 kW
Hyundai IONIQ Electric	7,2 kW
Kia EV6	11 kW
Mazda MX-30	6,6 kW
Mercedes-Benz C300de	7,4 kW
Mercedes-Benz EQC	7,4/11 kW
Mitsubishi Outlander PHEV	3,6 kW
Opel Mokka-e	11 kW
Peugeot e-208	7,4/11 kW
Renault Zoe	22 kW
Skoda Suberb iV	3,6 kW
Tesla Model 3	11/16,5 kW
Tesla Model S	11/16,5/22 kW
Toyota Prius Plug-in	2/3,3 kW
Volvo XC60 T8 Plug-in	3,3 kW
Volkswagen ID.3 Standard	7,2 kW
Volkswagen ID.4	11 kW

Kuten taulukosta 1 voidaan nähdä, vaihtelee korkein mahdollinen latausteho automallien välillä paljon. Uudemmat automallit pystyvät yleensä ottamaan vastaan korkeampaa lataustehoa kuin vanhat ja täyssähköautot kykenevät ottamaan vastaan korkeampaa lataustehoa kuin lataushybridit.

## 6 KUSTANNUKSET

Taloyhtiöille yksi tärkeimmistä kriteereistä latauspisteiden hankinnassa on kustannukset. Tässä luvussa on esitelty näitä kustannuksia laitteiden ja taustapalveluiden osalta. Luvussa on esitelty myös kartoitusraporttiin sisältyvät kustannusarviot ja pääkaupunkiseudun verkkoyhtiöiden hinnastot.

### 6.1 Laitteiden kustannukset

Taulukoissa 2 ja 3 on esittelemieni laitteiden hintoja, jotka on saatu laitevalmistajilta. Hinnat ovat arvioita ja lopullinen hinta voi vaihdella mm. laitteen ostokanavan ja haluttujen ominaisuuksien mukaan. Kuten taulukosta nähdään, ovat esitellyt laitteet melko samanhintaisia. Lataustavan 2 mukaisten laitteiden asennus maksaa n. 100 €/kpl ja lataustavan 3 mukaisten laitteiden n. 500 €/kpl. Nämäkin taulukot on tehty taloyhtiöille latauslaitevalinnan helpottamiseksi.

TAULUKKO 2. Lataustavan 2 mukaisten laitteiden kustannuksia

Latausasema	Hinta (alv 24 %)
eTolppa 8MMO459eTolppakWh	650 €
Hybriditolppa	650 €
GARO KL216-eTolppakWh-etulevy	350 € (ei koteloa)

TAULUKKO 3. Lataustavan 3 mukaisten laitteiden kustannuksia

Latausasema	Hinta (alv 24 %)
ABB Terra AC	1 000 €
DEFA eRange IQ	1 000 €
Schneider Electric EVlink Smart Wallbox	1 000 €
Ensto One	1 000 €
GARO GLBDCM-T222FC	900 €
Parkkisähkö Alfen Type 2 asennettuna	1 984 € + 5 € palvelumaksu kuukaudessa

## 6.2 Laitevalmistajien palvelukustannukset

On tärkeää, että sähköautonlatauksesta aiheutuvat käyttökustannukset voidaan kohdentaa niille osakkaille, jotka sähköautoja lataavat. Siksi on tärkeää, että lataukseen käytettävä energia mitataan autopaikkakohtaisesti.

Latausasemaksi kannattaa valita asematyyppi, joka sisältää itsessään kWh-mittauksen. kWh-mittaus voi olla joko latauspistekohtaisesti paikallisesti luettava mittaus tai etänä luettava väyläpohjainen mittaus, joka on mahdollista liittää esimerkiksi pilvipalveluun, jossa palveluntarjoaja lukee kWh-mittauslukemat etänä ja laskuttaa sähköautoa lataavaa osakasta käytön mukaisesti. Tässä osiossa on esitelty eri laitevalmistajien tarjoamia palveluita ja niiden hinnat.

### 6.2.1 E-Tolpan (eParking) palvelumalli

#### Maksaminen ja laskutus

eParking perusmaksu sisältää käyttäjien laskutuspalvelun, ylläpitopalvelun sopimuksen mukaisesti ja sen käytön, kaikki ohjelmistot, pääkäyttäjätunnukset, palvelimien ylläpidon sekä ylläpitäjän tuen.

#### Hinnoittelu (sis. alv 24 %)

- Schuko-lataus 2,48 € / kk / autopaikka.
- Minimilaskutus 62 € / kk (yht. kaikilta autopaikoilta).

Mahdollinen lämmitys- tai lataustolppien huolto ja fyysinen ylläpito tehdään erillisellä sopimuksella.

## 6.2.2 Parkkisähkön palvelumalli

Parkkisähkön palvelumallissa Parkkisähkö tekee kiinteistön kanssa sopimuksen sähköverkon käytämisestä ja laskuttamisesta. Tämän jälkeen kiinteistön käyttäjä tilaa latauspalvelun ja siihen sisältyvän latauspisteen Parkkisähköltä. Parkkisähkö toimittaa latauslaitteen ja RFID-tunnisteen käyttäjälle ja mittaroi ja laskuttaa kulutetun sähkön käyttäjältä. Sitten Parkkisähkö palauttaa kulutetun energian hinnan kiinteistölle.

Maksu tapahtuu takautuvasti kuukausiveloituksena e-laskuna tai korttiveloituksena. Taloyhtiö voi määrittää sähkön kWh-hinnan, jonka Parkkisähkö veloittaa käyttäjältä ja hyvittää taloyhtiölle. Lisäksi Parkkisähkö veloittaa käyttäjältä sähkön laskutuslisänä 0,02 € / kWh. Palvelussa on asiakas-kohtainen aloitusmaksu sekä toimitusmaksu, jonka suuruus riippuu kohteen sijainnista. Parkkisähkön latauslaitteiden ja älymoduulien käytöstä maksetaan myös kuukausittaista palvelumaksua.



### 6.2.3 DEFA CloudCharge

CloudCharge on ohjelmistoratkaisu sähköautojen lataamiseen, hallintaan ja maksamiseen. CloudCharge sisältää portaalin järjestelmän kokonaisvaltaiseen hallintaan esimerkiksi taloyhtiölle sekä puhelinsovelluksen käyttäjille. Latausaseman statuksen seuranta, latauksen keskeytys ja aloitus sekä resetointi onnistuvat etänä.

#### **Maksaminen ja laskutus**

CloudChargessa on mahdollista määrittää hinta joko kWh-perusteisesti, tuntiveloituksena, hinta kutakin latausta kohti tai asteittain nouseva hinta. Maksutavaksi voi valita joko maksukortin tai laskun. Kaikki maksusuoritukset tulevat suoraan järjestelmän haltijan tilille. kWh-perusteinen laskutus vaatii energiamittareilla varustetut latauslaitteet.

#### **Laskutusmalli**

Kuukausilaskutusta hallinnoi Arvato. Lasku lähetetään suoraan asiakkaalle käyttäjätietojen perusteella, esimerkiksi taloyhtiössä suoraan osakkaalle. Laskutusta käytetään usein silloin, kun latausasemien käyttäjät käyttävät asemia säännöllisesti kuten taloyhtiöissä tai liiketiloissa. Laskutuspalkio on 3 € / lasku.

Luottokorttilaskutus toteutetaan Stripen kautta. Käyttäjä tunnistautuu CloudCharge-sovelluksen kautta lataajaksi ja lataus velotetaan suoraan käyttäjän luottokortilta jokaisen lataustapahtuman jälkeen. Lataustapahtumasta vähennetään käsittelykulut (9 % maksusta). Loput tilitetään latausjärjestelmän omistajalle, esimerkiksi taloyhtiölle.

#### **CloudChargen hinnasto**

Tilauksen vuosimaksu sisältäen kaikki palvelut, myös laskutuspalvelun, on 45 € (alv 24 %) / vuosi/ latauspiste. Yhteys toteutetaan olemassa olevan internetyhteyden kautta. Asiakas, esimerkiksi taloyhtiö, määrittelee lataajalta laskutettavan energiahinnan käytettäessä kWh-perusteista laskutusta.

#### 6.2.4 GARO G-CLOUD

GARO tarjoaa G-Cloud-pilvipalvelua sähköautojen latauksen kulutustietojen keräämiseen. Palvelu tarjoaa selkeän latauksen valvonnan, RFID-käsittelyn, tietoa energiankulutuksesta, tilastotietoja käyttäjän ja ajanjakson osalta sekä raportteja kulutustapahtumista. Palvelun ominaisuuksia ovat:

- Ei tarvita erillistä operaattoria hallinnoimaan laskutuspalvelua.
- Tarjoaa selkeän lataustapahtumien valvonnan.
- Mittaa jokaisen yksittäisen RFID-tunnisteen energiankulutuksen yhdestä tai useasta latausasemasta alueella.
- Admin-käyttäjä, esimerkiksi isännöitsijä, voi hakea käyttäjäkohtaiset kulutustiedot pilvipalvelusta.
- Yksittäinen kuluttaja puolestaan näkee ainoastaan omia kulutustietojaan.
- Soveltuu GLBDC- ja GTB Twin -latausasemille. (45.)

#### Hinnasto

Palvelun käyttöönotto- ja liittymismaksu on 372 € / ryhmä (enintään 32 latauspistettä / ryhmä). Kuukausimaksu on 3,72 € / latauspiste / kk. Minimilasku on 37,2 € / kk. Esitetyt hinnat sisältävät alv 24 %. (45.)

#### 6.2.5 PlugitCloud

PlugitCloud on pilvipalvelu, joka mahdollistaa älykkään latauksen ja tukitoiminnot. Palvelun avulla onnistuu mm. latauksen maksaminen, monitorointi, etähallinta, asiakaspalvelu, roaming sekä mahdolliset integraatiot osana isompaa verkostoa. Sovelluksen avulla jokainen käyttäjä saa tiedon omista latauksistaan ja taloyhtiö kokonaiskäytöstä. (46.) Palvelun hinta on 3,5 € / käyttäjä ja laskutuslisä on 10 % laskusta. Plugit toteuttaa kuormanhallinnan aina paikallisesti. Kuormanhallinta toteutetaan kohteesta riippuen joko yksi- tai monitasoisena. (47.)

### 6.3 Kustannusarviot

Kun kohteeseen soveltuvat ratkaisuvaihtoehdot on esitelty, annetaan raportissa kustannusarviot eri vaihtoehtojen rakentamiseen. Kustannusarvio sisältää esitetyn vaihtoehdon kustannukset eriteltyinä.

Lataustavan 2 mukaisen ratkaisun kustannusarvioon sisältyvät yleensä sähköauton latauksen mahdollistavat yhdistelmärasiat ja niiden vaihtotyö, kuormanhallinnan komponentit, esimerkiksi eTolpan Xodem-reiitin, ja tarvittaessa ryhmäkohtaisten ja kiinteistömittauksen sulakekoon kasvatamisen (kuva 35).

(KUSTANNUSARVIOT ALV 24 %)

**VAIHTOEHTO 1, NYKYISET AUTOLÄMMITYSRASIAT KORVATAAN A2213-44-002 ETOLPPA- ASEMILLA**

”HIDAS YÖN YLI LATAUS”, 1,8 KW

KUSTANNUSARVIO ALV 24 %

**A2213-44-002-eTolppa -asemat**

Sekä polttomoottorikäyttöisen auton esilämmittämiseen että sähköautonlataukseen soveltuvia. Lämmitys-/lataus tapahtuu schuko-pistorasiasta, joka kestää jatkuvaa kuormitusta 16 A virralla. Latausvirta rajoitetaan kuitenkin 8 A:iin. Yksi asema sisältää pistokkeet 2 autopaikkaa varten. Asemat vaihdetaan nykyisten autolämmityskoteloiden tilalle hyödyntäen autolämmitysverkoston nykyisiä kaapelointeja. Kustannusarvio sisältää myös vaihtotyön.

**26 kpl A2213-44-002-eTolppa-asemia  
YHTEENSÄ 19 500 € tai (750 €/kpl)**

**Kuormanhallintajärjestelmää sekä etälaskutusta ja -hallintaa varten tarvittavat laitteet**  
eTolpan Xodem-reiitin autopaikoitusalueelle

**1000 €**

**LATAUSINFRA YHTEENSÄ**

**20 500 €**

*KUVA 35. Esimerkkikohteen kustannusarvio lataustavan 2 mukaiseen ratkaisuun*

Tyypillisesti 11 kW:n latausvalmiutta jokaiselle autopaikalle ehdottaessa kustannusarvio (kuva 36) sisältää:

- työt sähköpääkeskushuoneessa, kuten sähköpääkeskuksen uusimisen tai komponenttien lisäyksen nykyiseen sähköpääkeskukseen
- sähköauton latauksen ryhmäkeskuksen, kaapeloinnin ja tolpat 11 kW:n latausasemille sähköauton latauksen ryhmäkeskukselta
- suunnittelun, rakennuttamisen ja valvonnan
- 11 kW:n lataustehon mahdollistavat latausasemat

Loppusumma on esitetty latausasemien kanssa ja ilman, sillä hanke voidaan toteuttaa siten, että latausasemat ovat taloyhtiön omistuksessa tai siten, että latausasemat jäävät osakashankinnaksi.

## 11 KW LATAUSVALMIUS JOKAISELLE AUTOPAIKALLE

VAIHTOEHTO 1, LATAUSINFRA JA NYKYISTEN SÄHKÖPÄÄKESKUKSEN JA LIITTYMISKAAPELIEN UUSIMINEN	KUSTANNUSARVIO ALV 24 %
<b>Työt sähköpääkeskushuoneessa</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sähköpääkeskuksen ja liittymiskaapeliin uusiminen</li> <li>• Dynaamisen kuormanhallintajärjestelmän komponentit pääkeskukseen</li> <li>• Uusi sähköauton latauksen ryhmäkeskus nousukaapelointineen</li> </ul>	<b>YHTEENSÄ 35 000 €</b>
<b>Kaapelointi- ja tolpat, keskinopeille 11 kW latausasemille</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latausasemien kiinnitystolpat</li> <li>• Sähkö- ja tiedonsiirtokaapelointi latausasemille ryhmäkeskuksesta</li> <li>• Latausasematolpat asennettuna (1 tolppa/2 autopaikkaa)</li> <li>• <u>Latausasemien hinta ilmoitettu jäljempänä erikseen</u></li> </ul>	<b>YHTEENSÄ 42 000 € tai n. 1 500 €/autopaikka</b>
<i>Mahdollisesti kaapelien maahan kaivamiseksi tarvittavia louhintatöitä tontilla ei ole huomioitu kustannusarviossa, koska näiden mahdollista tarvetta/tarpeettomuutta ei pysty ennalta arvioimaan.</i>	
<b>(Optio) Latausvalmius autotalleihin</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sähkö- ja tiedonsiirtokaapelointi latausasemille</li> <li>• Kaapelireittien lisäykset autotalleihin</li> <li>• Palovarointijärjestelmä ilmaisimineen</li> <li>• Häätä-seis-toiminto autotallien latausasemille</li> </ul>	<b>YHTEENSÄ 7 200 € tai n. 800 €/autopaikka</b>
<b>11 kW lataustehon mahdollistavat latausasemat</b>	<b>Ulkopaikat 28 kpl Autotallipaikat 9 kpl YHTEENSÄ 55 500 € (n. 1500 €/kpl)</b>
<b>Suunnittelu, rakennuttaminen ja valvonta</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sähkösuunnitelmat, joilla urakoitsijat voidaan kilpailuttaa ja joiden mukaan asennustyöt voidaan suorittaa</li> <li>• Urakoitsijoiden kilpailuttaminen</li> <li>• Rakennuttamis- ja valvontapalvelut</li> </ul>	<b>8 000 €</b>
	<b>147 700 € (n. 3992 €/autopaikka)</b>
<b>LATAUSINFRA YHTEENSÄ (latausasemat sisältyvät)</b>	<b>35 % ARA-TUEN JÄLKEEN 96 005 € (n. 2595 €/autopaikka)</b>
	<b>92 200 € (n. 2492 €/autopaikka)</b>
<b>LATAUSINFRA YHTEENSÄ (ilman latausasemia)</b>	<b>35 % ARA-TUEN JÄLKEEN 59 930 € (n. 1620 €/autopaikka)</b>

KUVA 36. Esimerkkikohteen kustannusarvio lataustavan 3 mukaiseen ratkaisuun

Kustannusarviot olivat ennen tätä opinnäytetyötä pelkästään yrityksen toimitusjohtajan vastuulla ja perustuivat hänen kokemukseensa. Tämän opinnäytetyön osana luotiin Excel-pohjainen laskentatyökalu kustannusarvioiden avuksi käyttäen hyödyksi Sähköinfon Sähköurakan yksikkökustannukset -kirjaa. Laskentatyökalun avulla myös yrityksen vähemmän kokeneet työntekijät voivat tehdä kustannusarvioita.

Laskentatyökalu sisältää eri verkkoyhtiöiden liittymismaksut. Liittymismaksut on saatu kyseisten verkkoyhtiöiden liittymismaksuhinnastoista. Taulukosta valitaan halutun verkkoyhtiön kohdalta pääsulakekoko ja taulukko näyttää liittymismaksun (kuva 37).

Liittymismaksu	Pääsulake	Hinta
Helen	3x200 A	10700 €
Vantaan Energia	3x250 A	11500 €
Caruna Espoo, alle 300m muuntajasta	3x160 A	9670 €
Caruna Espoo, yli 300m muuntajasta	3x160 A	11710 €

KUVA 37. Taulukko, jossa esitetään pääkaupunkiseudun sähköverkkoyhtiöiden liittymismaksut

Laskentatyökaluun on myös kerätty Sähköinfon Sähköurakan yksikkökustannuksia -kirjasta yleisimpien kartoituksissa tarvittavien liittymis- ja nousukaapeleiden hintoja, latausasemien syöttöön käytettyjen kaapelien hintoja ja laitevalmistajilta saatuja latausasemien hintoja (kuva 38).

Liittymiskaapelin hinta Ei sisällä kaivuutöitä		
Liittymiskaapeli	Matka	Hinta (alv 24 %)
AXMK 4x185 S	100 m	4280,48 €
Nousukaapelin hinta (asennus maahan) Ei sisällä kaivuutöitä		
Nousukaapeli	Matka	Hinta (alv 24 %)
AMCMK 4x95/29	50 m	1982,76 €
Nousukaapelin hinta (kiinnitys johtotiehen)		
Nousukaapeli	Matka	Hinta (alv 24 %)
AMCMK-HF 4x70/21	50 m	1581,62 €
Sähkönsiirto latausasemille (asennus maahan) Ei sisällä kaivuutöitä		
Kaapeli	Matka	Hinta (alv 24 %)
MCMK 4x10/10	30 m	649,512 €
Sähkönsiirto latausasemille (asennus putkeen, sisältää JAPP-putken)		
Kaapeli	Matka	Hinta (alv 24 %)
MMJ-HF 5x10 S	25 m	887,53 €
Latausasemat		
ABB Terra AC	Määrä	Hinta asennettuna (alv 24 %)
	10 kpl	15000 €

KUVA 38. Taulukko, jolla lasketaan kaapelien ja latausasemien hintoja

Latausasemille tulevien kaapelien poikkipinta-ala mitoitetaan kartoitusvaiheessa suuntaa antavasti. Tarkempi mitoitus tehdään toteutussuunnitteluvaiheessa. Excelliin on kuitenkin sisällytetty gG-sulakkeiden nimellisvirran perusteella määräytyvät johtojen pienimmät sallitut kuormitettavuudet ja johtojen kuormitettavuudet eri asennustavoilla D1-2017-kirjasta (kuva 39).

gG-sulake	Kaapelin kuormitettavuus vähintään				
125 A	138 A				
Kaapeli					
Cu	Asennustapa				
	A	C	D	E	
35	99	144	116	162	
Al	Asennustapa				
	A	C	D	E	
95	118	170	132	194	

KUVA 39. Taulukko, jossa on gG-sulakkeiden nimellisvirran perusteella määräytyvät johtojen pienimmät sallitut kuormitettavuudet ja johtojen kuormitettavuudet eri asennustavoilla

Excelin toisella sivulla on myös hinta-arvioita pääkeskukselle, sähköauton latauksen ryhmäkeskukseen, yleisille keskuksille tehtäville muutostöille ja muille kustannusarvioon sisällytetyille kustannuksille (kuva 40). Nämä ovat hintoja, jotka on kerätty lähinnä muistutukseksi. Niitä ei voi sellaiseenaan käyttää kustannusarviointiin, sillä niissä esitetyt hinnat ovat jokseenkin tapauskohtaisia. Excelin toisella sivulla on myös muut tiedot taulukkomuodossa, jos jostain syystä ei haluta käyttää laskentasisivun valikkoja.

Pääkeskuksen uusiminen	15000 €
Laajennososa sähköpääkeskelle + kuormanhallinta	3000 €
Epäsuoraan mittaukseen liittyvät komponenttilisäykset	1000 €
Kiinteistömittauksen sulakekoon nostaminen	1500 €
Sähköauton latauksen ryhmäkeskus	5000 €
Latausasematolpat asennettuna	1500 €
Suunnittelu, rakennuttaminen ja valvonta	8000 € (tai n. 10 % kokonaiskustannuksista)
3x200 A kahvasulakelähtö + mittavirtamuuntajat keskukseseen	1500 €
eTolpan Xodem-reititin	1000 €
Latausvalmius autotalleihin	800 €

KUVA 40. Muistilista kustannuksista

## 6.4 Energiakustannukset

Sähköauto on kalliimpi hankkia kuin polttomoottoriauto, mutta säästöä syntyy käyttökustannuksissa. Sähköauton energiakulut ovat alle 3 € / 100 km, joten se on kuluiltaan selvästi edullisempi kuin esimerkiksi dieselauto, jonka energiakulut ovat noin 8 € / 100 km.

Tässä luvussa on taloyhtiöitä varten esitelty sähköenergian kustannuksia pääkaupunkiseudun kolmen sähköverkkoyhtiön alueella. Sähköauton latauksen kustannuksia arvioitaessa tulee sähkönsiirron kilowattituntihinnan, sähköenergian kilowattituntihinnan ja sähköveron lisäksi ottaa huomioon myös neljäs hinnanmuodostukseen merkittävästi vaikuttava komponentti, sähköverkkoyhtiöiden veloittama tehomaksu.

### 6.4.1 Helen

Helsingissä taloyhtiöillä on yleisimmin käytössä sähkösiirtotuotteena Helen Sähköverkko Oy:n pienjännitetehosiirto. Helenin pienjännitetehosiirron perusmaksu on 32,24 € / kk ja loistehomaksu 2,84 € / kvar, kk (kuva 41). Sähkön siirtohinna on talvipäivänä 2,06 c / kWh ja muina aikoina 1,09 c / kWh. Helen sähköverkot Oy:n tehomaksu on 5,58 € / kW, kk, mutta sitä ei veloiteta ollenkaan kello 21–7. Tästä syystä Helenin alueella kannattaa sähköauton lataus ajoittaa tälle aikavälille.

Laskutusteho on kuukauden suurin aikavälillä maanantaista perjantaihin klo 7–21 mitattu tunnin keskiteho. (48.)

	ALV 0%	ALV 24%
Perusmaksu €/kk	26,00	32,24
Tehomaksu €/kW, kk	4,50	5,58
Loistehomaksu €/kvar, kk	2,29	2,84
Talvipäivä c/kWh	1,66	2,06
Muu aika c/kWh	0,88	1,09

KUVA 41. Helenin pienjännitetelesiirtohinnoista (48)

Sähkö maksaa kuluttajalle noin 15 c / kW, sisältäen sähkön myynnin, siirtomaksun ja sähköveron. Tällöin keskimääräisen matkan (50 km) päivässä ajavan sähköautoilijan kustannukset olisivat noin 1,5 € päivässä, mikäli hän lataisi autoaan aina kello 21–7 tehomaksuvapaana aikana. Tehomaksu jaetaan tyypillisesti lataajien kesken. Jos vaikkapa 20 sähköauton lataajaa aiheuttaisi 100 kW:sta laskutettavan tehomaksun, olisi tehomaksu lataajaa kohti 27,9 € / kk. Tämän lisäksi tulisi jokaiselle lataajalle maksettavaksi lataukseen käytetty sähköenergia, verot ja siirtomaksut. Ero on huomattava tehomaksuttomana aikana tapahtuvaan lataukseen nähden.

#### 6.4.2 Caruna Espoo

Espoossa taloyhtiöillä on yleensä käytössä Caruna Espoo Oy:n tehosiirto 1 PJ. Caruna Espoon perusmaksu on 52,70 € / kk, siirto 2,50 c / kWh, tehomaksu 1,55 € / kW, kk (kuva 42). Loistehomaksu loistehon otosta ja annosta on 5,02 € / kvar, kk. Tehomaksu määräytyy kuukausittaisen huipputehon mukaan. Tehomaksua veloitetaan pienjännitteellä vähintään 40 kW:n tehon mukaan. (49.)

TEHOSIIRTO 1 PJ (0,4 KV TOIMITUS)		
	alv 0 %	alv 24 %
Perusmaksu €/kk.....	42,50	52,70
Tehomaksu €/kW, kk.....	1,25	1,55
Loistehomaksu otto €/kVar,kk.....	4,05	5,02
Loistehomaksu anto €/kVar, kk.....	4,05	5,02
Siirto c/kWh .....	2,02	2,50

KUVA 42. Caruna Espoo Oy:n pienjännitetelesiirtohinnoista (49)

### 6.4.3 Vantaan Energia

Vantaalla taloyhtiöillä on yleensä käytössä Vantaan Energian pienjännitetelesiirto, jossa perusmaksu on 40 € / kk. Siirtohinna on talviarkipäivinä 1,86 c / kWh ja muina aikoina 1,36 c / kWh. Vantaan Energian veloittama tehomaksu on 2,48 € / kW, kk (kuva 43). Laskutus perustuu käyttöpaikkakohtaisesti viimeksi kuluneiden 12 kuukauden aikana mitattuun suurimpaan tuntitehoon. Telesiirron yhteydessä laskutetaan aina myös loissähkö. (50.)

#### Pienjännitetelesiirto (0,4 kV)

Soveltuu pienjänniteverkon asiakkaille, joiden sähkönkulutus on suurta. Saatavilla käyttöpaikkoihin, joiden pääsulakekoko on suurempi kuin 3×63 A.

	ALV 24 %	ALV 0 %	
Perusmaksu	<b>40,00</b>	<b>32,26</b>	€/kk
Pätöteho	<b>2,48</b>	<b>2,00</b>	€/kW/kk
Siirto talviarkipäivä	<b>1,86</b>	<b>1,50</b>	c/kWh
Siirto muu aika	<b>1,36</b>	<b>1,10</b>	c/kWh

KUVA 43. Vantaan Energian pienjännitetelesiirtohinnoista (50)



## 7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Sähköautot yleistyvät vauhdilla ja useilla taloyhtiöillä on tarve tarjota sähköautojen latausmahdollisuutta asukkailleen. Latauspisteiden kartoitus alkaa tästä lataustarpeesta ja päättyy taloyhtiön kartoitusraportin pohjalta tekemiin päätöksiin latauspisteiden toteutuksesta.

Tarjoamalla kattavan, eri ratkaisuvaihtoehdot selkeästi esittävän, kartoitusraportin helpotamme taloyhtiöiden päätöksentekoa. Huonosti tehty kartoitus, ilman kunnollista perehtymistä kohteeseen, ei myöskään tarjoa riittävästi tietoa toteutussuunnittelun aloittamiseksi. Usein hyvin tehty kartoitus johtaa siihen, että taloyhtiö ostaa myös toteutussuunnittelun yritykseltä.

Insinööritoimisto Planmaxin kartoitusraportti oli jo opinnäytetyön alkaessa kattava ja kohteisiin perehdyttiin huolella. Raportin rakenne on pysynyt melko muuttumattomana, mutta sisältöä on lisätty entisestään.

Kartoitusraportin ensimmäinen osa, jossa esitellään nykyisen sähköjärjestelmän ominaisuudet ja soveltuvuus sähköauton lataukseen, on helpompi tehdä luomani Excel-laskentaohjelman avulla. Excelissä esitetään kaikki osiossa tarvittavat tiedot samassa näkymässä. Kustannusarvion avuksi luodut laskentaohjelmat ovat samassa Excelissä, ja kaikki tiedot löytyvät myös Excelin toiselta sivulta listattuna taulukkomuotoon. Ajatukseni oli, että kartoitusraporttia tehdessä ei tarvitsisi pitää montaa dokumenttia avoinna, niitä vaihdellen ja takaisin palaillen, vaan kaikki tarvittava tieto olisi yhdessä dokumentissa loogisessa järjestyksessä.

Kartoitusraporttiin tekemäni parannukset ovat eri laitteiden ja laitevalmistajien taustapalvelujen kattavampi esittely, kulutustietojen ja vapaan kapasiteetin esittäminen kaavioina, kuvien lisääminen tekstin tueksi ja rytmittämiseksi sekä selkeä yhteenveto kartoitusraportin lopussa sähköauton latauspisteiden toteuttamisesta taloyhtiössä. Yrityksen nykyisin tarjoama lämpökuvaus kartoituskäyntien yhteydessä oli myös toteutunut kehitysehdotus.

Opinnäytetyöni olikin onnistunut, sillä kartoituksien teko on nykyisin helpompaa ja nopeampaa. Kartoituksen tuloksena syntyvä kartoitusraportti on ansiostani kattavampi ja estetiikaltaan parempi. Tiedonhaku- ja kirjoittamistaitoni kehittyivät paljon työn aikana. Erityisen opettavainen oli selvitykseni standardisarjan SFS 6000 epäselvästä kohdasta ottamalla yhteyttä SESKOn edustajaan.

Tämä epäselvyys osoitti mielestäni hyvin, kuinka uusi asia sähköauton lataus on. Standardit eivät ole vielä kerenneet reagoida kunnolla muutokseen ja ovat kehittyviä.

Olisin opinnäytetyössäni voinut keskittyä pelkkiin laskentatyökaluihin halutessani. Laskentatyökalut olisi voinut tehdä kokonaan omaksi ohjelmakseen, joskin graafisen käyttöliittymän luominen olisi minun koodaustaidoillani vienyt enemmän aikaa kuin opinnäytetyöhön on opintosuunnitelman mukaan varattu. Sähköautojen latauksien vaikutukset sähköverkkoon on myös oman opinnäytetyönsä veroinen aihe, johon saa varmasti uppoutua paljon, ja siitä onkin tehty jo useita opinnäytetöitä. Olisin voinut parannella opinnäytetyötäni tuomalla enemmän esille hyvin tehdyn latauspistekartoituksen yhteyttä onnistuneeseen toteutussuunnitteluun ja kehittämällä entisestään laskentatyökaluja, erityisesti kustannuslaskennan osalta.

Tämän opinnäytetyön aikana pääsin syventymään ajankohtaiseen aiheeseen. Sähköautojen latauspisteet ovat yksi yleisimmistä sähkösuunnitteluhankkeista taloyhtiöissä pääkaupunkiseudulla, ja niihin perehtymällä tein itsestäni osaajan ajankohtaisessa aiheessa. Opinnäytetyön ohessa tein kymmenkunta latauspistekartoitusta taloyhtiöille. Tämä auttoi paljon opinnäytetyötä tehdessäni, sillä sain nähdä ja kokeilla kehitysideoideni toimivuutta käytännössä. Onkin ollut ilo nähdä oman työnsä tulos käytännössä. Samalla varmistin itselleni työpaikan Insinööritoimisto Planmaxilla.

## LÄHTEET

1. Sähköisen liikenteen tilannekatsaus Q4/2021. Teknologiateollisuus 3.2.2022. Hakupäivä 10.2.2022. <https://emobility.teknologiateollisuus.fi/sites/emobility/files/inline-files/2021%20Q4%20Sa%CC%88hko%CC%88inen%20liikenne%20tilannekatsaus%202022%2002%2003%20%20jaettava.pdf>
2. Koistinen, Antti 2020. Näin työryhmä puolittaisi liikenteen päästöt: Suomeen tarvitaan 700 000 sähköautoa ja autoilun päästöille kovempi hinta. Yle.fi uutiset 27.10.2020 Hakupäivä 20.1.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-11615349>
3. Sähköautot ja latausjärjestelmät. 2019. ST-käsikirja 41. Sähköinfo Oy
4. Electric vehicles. Volkswagen-newsroom. Hakupäivä 7.3.2022. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/electric-vehicles-3646>
5. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. 2021. ST 51.90. Sähköinfo Oy
6. The principle of the hybrid car. Hyundai Motor Group 2020. Hakupäivä 7.3.2022. <https://tech.hyundaimotorgroup.com/electrification/hev-phev/>
7. Isomäki, Risto 2021. Sähköautot yleistyvät vauhdilla, mutta litiumakkuja varjostaa lapsityövoima ja ympäristötuhot. Ylen artikkeli 19.05.2021. Hakupäivä 17.1.2022. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2021/05/19/sahkoautot-yleistyvat-vauhdilla-mutta-litiumakkuja-varjostaa-lapsityovoima-ja>
8. Cobalt, nickel price: Rabid LFP uptake dents EV bull case. Mining.com 28.5.2021. Hakupäivä 10.3.2022. <https://www.mining.com/cobalt-nickel-price-rapid-lfp-uptake-dents-ev-bull-case/>
9. Sähköisen liikenteen tilannekatsaus Q3/2021. Teknologiateollisuus 26.10.2021. Hakupäivä 10.3.2022. <https://emobility.teknologiateollisuus.fi/sites/emobility/files/inline-files/2021%20Q3%20Sa%CC%88hko%CC%88inen%20liikenne%20tilannekatsaus%202021%2010%2026%20jaettava.pdf>

10. Fortum Battery Solutions. Fortum Oy. Hakupäivä 17.1.2022. <https://www.fortum.com/products-and-services/fortum-battery-solutions/recycling>
11. Kallio, Tanja & Kauranen, Pertti 2021. Turvallisempia ja tehokkaampia litiumakkuja – Aalto on mukana uusissa yritysysteistyöhankkeissa. Aalto-yliopiston uutiset 14.6.2021. Hakupäivä 31.1.2022. <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/turvallisempia-ja-tehokkaampia-litiumakkuja-aalto-on-mukana-uusissa>
12. Revolutionary sodium-based green battery technology. Broadbit Oy. Hakupäivä 17.1.2022. <http://www.broadbit.com/>
13. Laki 733/2020. Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. Finlex 29.10.2020. Hakupäivä 4.3.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200733>
14. Sähköajoneuvojen lataussuositus. SESKO 2021. Hakupäivä 1.3.2022. <https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/lataussuositus/>
15. SFS 6000-7-722/2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7–722: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. SFS-käsikirja 600–1–2. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.
16. Nurmi, Tapani 2022. SESKO ry:n Vanhempi asiantuntija. Sähköpostikeskustelu 18.3.2022.
17. Sähköautot ja latausjärjestelmät. SESKO. Hakupäivä 19.1.2022. [https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin\\_aihealueita/sahkoautot\\_ja\\_latausjarjestelmat](https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat)
18. Jalovaara, Toni 2021. Geely on ratkaissut sähköautojen isoimman ongelman. Tekniikan maailma 4.10.2021. Hakupäivä 7.3.2022. <https://tekniikanmaailma.fi/geely-on-ratkaissut-sahkoautojen-isoimman-ongelman-ajoakun-vaihto-kay-alle-minuutissa-eika-kuljettajan-tarvitse-edes-nousta-autosta/>

19. Di Paolo Emilio, Maurizio 2021. Wireless Charging Technology for EVs. Power Electronics News 27.5.2021. Hakupäivä 24.1.2022. <https://www.powerelectronicsnews.com/wireless-charging-technology-for-evs/>
20. Vesa, Juha 2017. Sähköautojen lataus. Hakupäivä 7.3.2022. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ftukes.fi%2Fdocuments%2F5470659%2F8489681%2F2017%2BVesa%2Bs%25C3%25A4hk%25C3%25B6autojen%2Blataus%2F516307d5-fc96-4117-84e4-aa9534bbe4fe%2F2017%2BVesa%2Bs%25C3%25A4hk%25C3%25B6autojen%2Blataus.pdf&psig=AOvVaw01dl0uD1r5JC2iz3FiDVjV&ust=1646737818864000&source=images&cd=vfe&ved=0CAwQjhXqFwoTCIDS4trxs\\_YCFQAAAAAdAAAAABAD](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ftukes.fi%2Fdocuments%2F5470659%2F8489681%2F2017%2BVesa%2Bs%25C3%25A4hk%25C3%25B6autojen%2Blataus%2F516307d5-fc96-4117-84e4-aa9534bbe4fe%2F2017%2BVesa%2Bs%25C3%25A4hk%25C3%25B6autojen%2Blataus.pdf&psig=AOvVaw01dl0uD1r5JC2iz3FiDVjV&ust=1646737818864000&source=images&cd=vfe&ved=0CAwQjhXqFwoTCIDS4trxs_YCFQAAAAAdAAAAABAD)
21. Audin tutkimus: sähköauto osaksi sähköverkkoa – toimisi verkon tai talouden puskurivarastona. Ajoneuvot uutinen. Moottori.fi 26.7.2020. Hakupäivä 25.1.2022. <https://moottori.fi/ajoneuvot/juut/audin-tutkimus-sahkoauto-osaksi-sahkoverkkoa-toimisi-verkon-tai-talouden-puskurivarastona/>
22. Sähköautojen latausinfra-avustus - Hakuohje 2022. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) 21.12.2021. Päivitetty 5.1.2022. Hakupäivä 8.3.2022. <https://www.ara.fi/download/no-name/%7B476B71D5-4945-4504-A665-7C97962DAA0A%7D/148167>
23. Suunnittelijan opas – Sähköautojen latausjärjestelmien huomioiminen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa 2021. Ensto 4.6.2021. Hakupäivä 8.3.2022. <https://www.ensto.com/globalassets/white-papers/suunnittelijan-opas-sahkoautojen-latausjarjestelmat.pdf>
24. Yliaallot ja kompensointi. 2. uudistettu painos. Sähköinfo Oy 2018.
25. SFS 6000-5-52/2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. SFS-käsikirja 600–1–1. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.
26. SFS 6000-4-44/2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–44: Suojausmenetelmät. Suojausjännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä. SFS-käsikirja 600–1–1. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.
27. VDE-AR-N 4100 Anwendungsregel. 4/2019-Standards.

28. Engineering Recommendation G5. Energy Networks Association 2020. Hakupäivä 10.3.2022. [http://www.dcode.org.uk/assets/uploads/ENA\\_EREC\\_G5\\_Issue\\_5\\_2020\\_.pdf](http://www.dcode.org.uk/assets/uploads/ENA_EREC_G5_Issue_5_2020_.pdf)
29. Sähkö liikenteen käyttövoimana osana energiamurrosta - EV-latausjärjestelmän suunnittelijan opas. electroMobility. Hakupäivä 25.1.2022. <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107492A1741&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch>
30. Sähkölaitteiston lämpökuvaus. 2. täydennetty painos. Sähköinfo Oy 2020.
31. Sähkökaapeleiden uudet CPR paloluokkamerkinnot 1.7.2017 alkaen. Zener 14.3.2018. Hakupäivä 17.3.2022. <https://www.zener.fi/kaapeleiden-paloluokkamerkinnot-1-7-2017/>
32. Lämmitys-/latausrasia 8MMO459etolppakWh. Tuotekortti. eTolppa. Hakupäivä 26.1.2022. <https://etolppa.fi/pdfs/8MMO459eTolppakWh.pdf>
33. Hybriditolppa. Hybriditolppa.fi. Hakupäivä 26.1.2022. <https://hybriditolppa.fi/>
34. Lämmitys- ja latausasema KL216-eTolppakWh etulevy. Tuotekortti. eTolppa. Hakupäivä 28.2.2022. [https://etolppa.fi/pdfs/KL216-eTolppakWh\\_pienennetty.pdf](https://etolppa.fi/pdfs/KL216-eTolppakWh_pienennetty.pdf)
35. Sähköautojen latausinfrastruktuuri. Terra AC latausasema. ABB. Hakupäivä 31.1.2022. <https://new.abb.com/ev-charging/fi/terra-ac-latausasema>
36. Luukkala, Mika 2022. ABB Sales Engineer. Sähköpostikeskustelu 23.3.2022.
37. Latausasemat. eRange IQ kiinteällä Type2-latauskaapelilla. DEFA. Hakupäivä 31.1.2022. <https://www.defa.com/fi/tuote/erange-iq-kaapelilla/>
38. EV link latauslaitteet. EVlink Smart Wallbox. Schneider Electric. Hakupäivä 31.1.2022. <https://www.se.com/fi/fi/product-range/63506-evlink-smart-wallbox/?parent-subcategory-id=80408&filter=business-4-s%C3%A4hk%C3%B6jakelu#overview>

39. Sähköautojen lataus. Ensto One. Ensto. Hakupäivä 31.1.2022. <https://www.ensto.com/fi/building-systems/ratkaisut/sahkoauton-lataus/ensto-one/>
40. Salminen, Margit 2022. Enston aluepäällikkö, Sähköauton lataus. Puhelinkeskustelu 15.3.2022.
41. Latauslaitteet. GLBDC-T222FC. GARO. Hakupäivä 31.1.2022. <https://garo.fi/tuote/glbdc-t222fc/#>
42. Parkkisähkön latauslaitteet. Parkkisähkö. Hakupäivä 28.2.2022. <https://www.parkkisahko.fi/tieto/latauslaitteet/>
43. Leaflet – Eve Double Pro-line. Alfen. Hakupäivä 28.2.2022. <https://alfen.com/file-download/download/public/1246>
44. Løsninger for hjemmelading. Salto.no. Hakupäivä: 16.3.2022. <https://www.salto.no/lade-egenbil/hjemme>
45. G-CLOUD. GARO. Hakupäivä 8.3.2022. <https://garo.fi/ratkaisut/g-cloud/>
46. PlugitCloud mahdollistaa älykkään lataamisen. Plugit.fi artikkeli 10.12.2020. Hakupäivä 22.3.2022. <https://plugit.fi/artikkelit/plugitcloud-mahdollistaa-alykkaan-lataamisen/>
47. Malinen, Iiro 2022. Plugit Solutions Sales Specialist. Puhelinkeskustelu 30.3.2022.
48. Pienjännitetelesiirto. Helen Sähköverkko Oy. Hakupäivä 8.3.2022. <https://www.helensahkoverkko.fi/palvelut/tuotteet/pienjannite>
49. Verkkopalveluhinnasto. Caruna Espoo Oy 1.11.2021. Hakupäivä 8.3.2022. [https://images.caruna.fi/verkkopalveluhinnasto\\_caruna\\_espoo\\_oy\\_1.11.2021.pdf](https://images.caruna.fi/verkkopalveluhinnasto_caruna_espoo_oy_1.11.2021.pdf)
50. Verkkopalveluhinnasto. Vantaan Energia Sähköverkot Oy 1.4.2021. Hakupäivä 8.3.2022. <https://frantic.s3.eu-west-1.amazonaws.com/vantaanenergia-ves/uploads/20210331151022/VES-Verkkopalveluhinnasto-010421.pdf>