



Samu Itkonen

# Sähköautojen lataus taloyhtiöissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

11.3.2022

# Tiivistelmä

Tekijä:	Samu Itkonen
Otsikko:	Sähköautojen lataus taloyhtiöissä
Sivumäärä:	41 sivua
Aika:	11.3.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine:	Energiatekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Tomi Hämäläinen Energia-asiantuntija Oskari Tallqvist

---

Opinnäytetyössä kerättiin yhteen tietoa sähköautoista ja niiden lataamisesta taloyhtiöissä. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää latausjärjestelmän sähkötekniiseen mitoitukseen vaikuttavia seikkoja.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin hakemalla tietoa sähköautoista, latausjärjestelmistä sekä ihmisten liikkumisesta. Tiedonlähteinä käytettiin muun muassa kirjallisuutta, artikkeleita, tutkimuksia ja ajantasaista standardistoa. Lisäksi työn tilannut yritys toimitti latauspisteiden taustajärjestelmän avulla hankittua käyttäjäperäistä dataa sähköautojen lataamisesta.

Kerätyn materiaalin avulla saatiin opinnäytetyön raporttiin koostettua tiivis paketti sähköautoista ja niiden lataamisesta. Lisäksi työssä määritettiin sitä, millainen on latausjärjestelmän todellinen käyttöaste. Käyttöasteen määrittäminen on tärkeää latausjärjestelmän sähkötekniistä mitoitusta ajatellen.

Opinnäytetyössä käydään läpi myös latausjärjestelmän hankinnan vaiheet taloyhtiön näkökulmasta. Lisäksi esitetään taloyhtiötä koskevia peruseräiteitä yhdenvertaisuuteen ja kustannusten jakautumiseen liittyen. Myös taloyhtiön päätöksentekoprosessi on lyhyesti kuvattuna opinnäytetyössä.

Työssä kerättyä tietoa on tarkoitus hyödyntää latausjärjestelmien sähkötekniisessä mitoituksessa työn tilanneessa yrityksessä. Lisäksi työn raportista löytyy kootusti tietoa, jota yrityksessä voidaan hyödyntää esimerkiksi uusien työntekijöiden perehdytyksessä tai asiakaspalvelussa.

Avainsanat: sähköauto, latausjärjestelmä, älykäs lataus, kuormanhallinta, latauspiste

## Abstract

Author: Samu Itkonen  
Title: Charging of Electric Cars in Housing Associations  
Number of Pages: 41 pages  
Date: 11 March 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Energy and Environmental Engineering  
Professional Major: Energy Production Technologies  
Supervisors: Tomi Hämäläinen, Senior Lecturer  
Oskari Tallqvist, Energy Specialist

---

The topic of the thesis was the charging of electric cars in a housing association and the purpose was to gather information about charging systems. In addition, the thesis aimed to determine the factors affecting the electrotechnical dimensioning of the charging system.

The thesis was started by searching for information about electric cars, charging systems and the movement of people. Literature, articles, studies and up-to-date standards were used as sources of information. In addition, the company that commissioned the work provided user-generated data on the charging of electric cars obtained through the back-end system of the charging points.

With the help of the collected material, a concise package of electric cars and their charging was compiled for the thesis report. In addition, the work determined the actual utilization rate of the charging system. Determining the utilization rate is important for the electrical dimensioning of the charging system.

The thesis also reviews the stages of acquiring a charging system from the perspective of a housing association. In addition, the basic principles of the housing association in terms of equality and cost-sharing are presented. The housing company's decision-making process is also briefly described in the thesis.

The information compiled for the thesis is intended to be used in the electrotechnical dimensioning of charging systems in the company that commissioned the thesis. In addition, the company can also use some of the compiled information, for example, in the induction of new employees or customer service.

Keywords: electric car, charging system, smart charging, load management, charging point

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköautot	2
2.1	Ladattavat hybridautot	3
2.2	Täyssähköautot	4
2.3	WLPT-päästömittaus	5
2.4	Sähköautojen energiankulutus	6
2.5	Sähköauton toimintasäde	7
3	Sähköautojen tulevaisuus	8
3.1	Sähköautojen määrä Suomessa	9
3.2	Ennusteet sähköautoilun lisääntymisestä	10
4	Sähköautojen lataaminen	13
4.1	Lataustavat	14
4.2	Lataamisen turvallisuus	17
5	Latausjärjestelmät	18
5.1	Kuormanhallinta	19
5.2	Taustajärjestelmä OCPP	22
6	Latausjärjestelmän hankinta taloyhtiöön	23
6.1	Latauspisteiden hankinta taloyhtiöön	23
6.2	Päätöksenteko taloyhtiössä	24
7	Työn tilaajan toimittama lähdeaineisto	27
7.1	Aineiston esittely	28
7.2	Aineiston käsittely	29
8	Latausjärjestelmän sähkötekniinen mitoitus	30
8.1	Latauspisteen ja -järjestelmän teho	31
8.2	Latausjärjestelmän tasauskerroin	32
8.3	Teholaskelma	37

9	Yhteenveto	39
10	Pohdinta	40
	Lähteet	42

## Lyhenteet

- AC: *Alternating current*. Vaihtovirta.
- CCS: *Combined Charging System*. Yleisin DC-pikalataukseen käytettävä pistoketyyppi.
- CHAdeMO: *Charge de move*. DC-pikalataukseen käytettävä pistoketyyppi.
- DC: *Direct current*. Tasavirta
- NEDC: *New European Driving Cycle*. Aikaisemmin käytössä ollut autojen polttoaineenkulutuksen, toimintasäteen ja päästöjen mittaamiseen kehitetty laboratoriotesti.
- OCPP: *Open Charge Point Protocol*. Latausjärjestelmissä käytettävä avoimen lähdekoodin tiedonsiirtoprotokolla, jonka avulla latauspisteiden tiedonsiirto tapahtuu.
- SESKO: Sähkötekniikan alan kansallinen standardointijärjestö.
- WLTP: *Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure*. Autojen polttoaineenkulutuksen, toimintasäteen ja päästöjen mittaamiseen kehitetty laboratoriotesti.

## 1 Johdanto

Liikenteen sähköistyminen ja uusiutuva sähköntuotanto ovat edellytyksiä tavoiteltaessa hiilineutraalia yhteiskuntaa. Liikenne sähköistyy nopealla tahdilla, ja valtaosalla Euroopan valtioista on kunnianhimoiset suunnitelmat hiilineutraalin liikkumisen saralla. Samaan aikaan energia-ala on murroksessa siirryttäessä fossiilisista polttoaineista kohti uusiutuvaa energiantuotantoa. (Fossiilittoman liikenteen tiekartta 2021: 20, 21; Liedes 2021: 2, 6.)

Valtioneuvosto on asettanut tavoitteeksi puolittaa kotimaan liikenteen päästöt vuoteen 2030 mennessä. Tavoite on kunnianhimoinen, mutta tarpeellinen, sillä hallitusohjelman mukaisesti Suomi on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteet sekä suunnitelma päästöjen vähentämiseen ovat kirjattuna liikenne- ja viestintäministeriön valmistelemaan fossiilittoman liikenteen tiekarttaan. Julkaisun perusteella voidaan todeta, että ajoneuvoliikenteen sähköistymisen enustetaan tapahtuvan hyvin nopealla aikataululla. Liikenteen sähköistyessä nopeasti tulee sähköautojen latausjärjestelmien kehitys- ja suunnittelutyö vaatimaan lähitulevaisuudessa suuren määrän resursseja. (Fossiilittoman liikenteen tiekartta 2021: 7.)

Yksi suurimmista haasteista sähköautojen yleistymiseen liittyen on niiden toimintamatka polttomoottoriautoihin verrattuna. Vaikka nykyaikaisten täyssähköautojen toimintasäteet ovat sellaisella tasolla, että ne riittävät useimpien autoilijoiden päivittäiseen liikkumiseen, on sähköauton akuston lataaminen hidasta verrattuna polttomoottoriauton tankkaamiseen. Tämän johdosta kattava ja luotettavasti toimiva sähköautojen latausverkosto sekä mahdollisuus ladata sähköautoa kotona ovat avainasemassa autokannan sähköistymisessä. (Paakkinen 2021: 39; Henkilöliikennetutkimus 2018: 59.)

Insinööriyön tilaajana toimi eräs sähköauton latauspalveluja tarjoava suomalainen yritys. Työn tarkoituksena oli kerätä yhteen tietoa sähköautoista ja niiden latausjärjestelmistä. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää sähköautojen lataamisen

todellista tehontarvetta asuinkiinteistöissä. Tämä on tärkeää, jotta järjestelmän mitoitus onnistuu siten, että järjestelmä ei ylikuormita kiinteistön sähköjärjestelmää, mutta latausteho on kuitenkin riittävä päivittäisiin tarpeisiin. Yritys toimitti selvitystyön tueksi käyttäjäperäistä tietoa sähköautojen lataamiseen liittyen. Materiaalia hyödynnettiin määrittäessä sitä, milloin ja millaisella teholla sähköautoja keskimääräisesti ladataan.

Työn tuloksia on tarkoitus hyödyntää latausjärjestelmien sähköteknisessä mitoituksessa, työn tilanneessa yrityksessä. Lisäksi työn raporttiin koottua yleistä tietoa sähköautoista ja niiden latausjärjestelmistä voidaan hyödyntää esimerkiksi uusien työntekijöiden perehdytyksessä tai asiakaspalvelutilanteissa.

## **2 Sähköautot**

Puhuttaessa sähköautosta tarkoitetaan termillä yleensä autoa, jonka voimanlähteenä on sähkömoottori ja joka saa energiansa ladattavasta akustosta. Mikäli autossa ei sähkömoottorien ja akuston lisäksi ole muita voimanlähteitä puhutaan täyssähköautosta. Mikäli auton käyttövoimana on sähkön lisäksi jokin muu, esimerkiksi polttomoottori, siitä käytetään termiä hybridauto. Hybridautoja on erityyppisiä, mutta sähköautoiksi niistä mielletään ainoastaan sellaiset versiot, joissa on ulkopuolisesta teholähteestä ladattava akusto. (Aja vaihtoehtoa: Sähköauto 2021.)

Sähköautojen tekninen kehitys on tällä hetkellä nopeaa ja uusia malleja tulee markkinoille tiheään tahtiin. Suurista autovalmistajista muun muassa Toyota, BMW, Hyundai ja Mercedes-Benz ovat ilmoittaneet miljardiluokan investoinneista sähköautojen kehitykseen sekä tuotantolaitosten rakentamiseen. Sähköautojen tekniikan uskotaan kehittyvän merkittävästi edellä mainittujen investointien seurauksena. Näin ollen on odotettavaa, että edistysellisempiä sähköautomalleja nähdään tulevaisuudessa vielä aikaisempaa enemmän. Lisäksi edellä mainitut autovalmistajat ovat tuoneet julki aikeensa lopettaa polttomoottoriautojen valmistamisen kokonaan vuoteen 2040 mennessä. Euroopan markkinoiden osalta tavoitteet ovat tätäkin kunnianhimoisemmat, sillä useat autovalmistajat



aikovat lopettaa polttomoottoriautojen maahantuonnin sekä valmistuksen Euroopassa jo tämän vuosikymmenen loppuun mennessä. (Motavalli 2021; Toyota Charges into Electrified Future in the U.S. with 10-year, \$3.4 billion Investment 2021; Hyundai Motor Group to Invest \$7.4 Billion In the U.S. by 2025 2021.)

## 2.1 Ladattavat hybridiautot

Ladattavalla hybridiautolla tai puhekielessä plug-in-hybridillä tarkoitetaan autoa, jossa on polttomoottorin rinnalla ladattava akusto sekä sähkömoottori. Hybridiauton polttomoottori on käyttövoimaltaan useimmiten bensiini, dieselöljy tai kaasumoottori. Useimmiten ladattavissa hybridiautoissa on selvästi täyssähköautoja pienempi akusto, kapasiteetiltään yleensä noin 10–20 kilowattituntia. Tästä johtuen hybridiauton toimintamatka auton akustoa hyödyntäen jää selvästi täyssähköautoa lyhyemmäksi, yleisesti noin 30–80 kilometriin. Ladattava hybridiauto onkin parhaimmillaan esimerkiksi lyhyessä työmatka-ajossa, jolloin ajo-matka voidaan tehdä täysin auton akustoa hyödyntäen. Mikäli työpaikalla on sähköauton latausmahdollisuus, hybridiauton akku saadaan ladattua täyteen työpäivän aikana melko pienelläkin teholla. (Aja vaihtoehtoa: Ladattava hybridi 2021.)

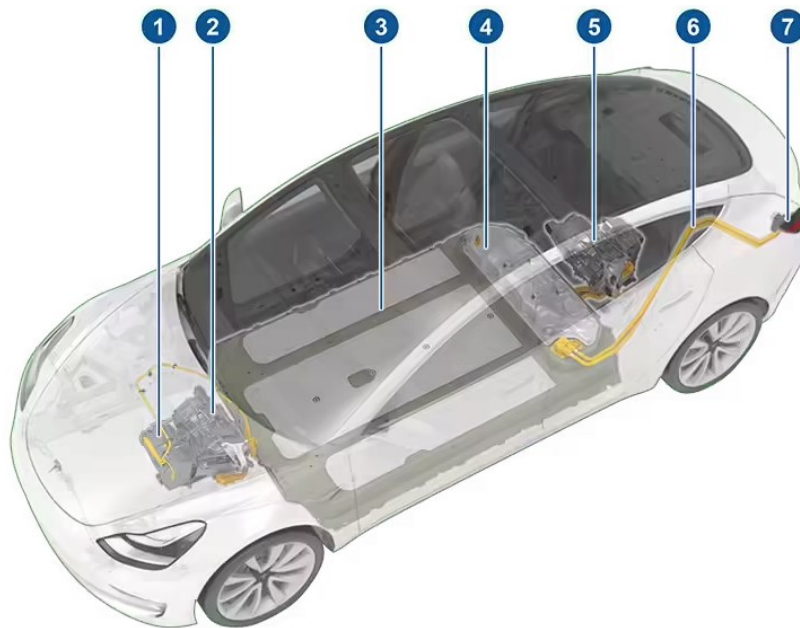
Hybridiauton etuna verrattuna ainoastaan polttomoottorilla toimivaan autoon on vähäisempi polttoaineenkulutus ja näin ollen edullisemmat käyttökustannukset sekä vähäisemmät paikallispäästöt. Hybridiautossa, kuten myös täyssähköautossa, sähkömoottori toimii tarvittaessa generaattorina, ja näin ollen jarrutusten energia voidaan kerätä talteen. Tämä lisää energiatehokkuutta etenkin kaupunkiajossa. (Korhonen ym. 2019: 12.)

Hybridiautossa polttomoottorin toimintaa voidaan myös optimoida, jolloin sen polttoaineenkulutus vähenee. Käytännössä polttomoottoria voidaan siis käyttää optimaalisella kierrosnopeudella sekä kuormituksella, jotka määräytyvät käytettävän moottorityypin mukaan. Usein hybridiautoissa käytetään niin sanottua Atkinsonmoottoria, jossa moottorin työnkierto on sellainen, että moottorin hyötysuhde on normaalia otto- ja dieselmoottoria parempi. Atkinson moottorin vääntö

on alhainen pienillä kierrosnopeuksilla, mutta hybridautoon kyseinen moottorityyppi soveltuu kuitenkin hyvin, sillä hybridauton liikkeelle lähtemistä voidaan avustaa sähkömoottorilla. (Zhao 2017: 303, 317.)

## 2.2 Täyssähköautot

Täyssähköautot ovat nimityksensä mukaisesti käyttövoimaltaan täysin sähköisiä. Ajamiseen tarvittava energia on siis peräisin ainoastaan auton akustosta ja autoa liikuttaa sähkömoottori. Täyssähköauton voimalinja on ladattavaa hybridiä yksinkertaisempi, sillä autossa ei ole polttomoottoria. Voimalinja on myös perinteistä polttomoottoriautoa yksinkertaisempi, sillä polttomoottoriautolle tyypillistä moniportaista vaihdelaatikkoa ei tarvita. Tämä on mahdollista, koska sähkömoottorin vääntökäyrä on polttomoottoriin verrattuna laaja ja tasainen eri kierrosalueilla. (Korhonen ym. 2019: 11.) Kuvassa 1 esitetään Tesla model 3-täyssähköauton tekniikka yksinkertaistettuna.



1. Lämpöpumppukokoonpano
2. Etumoottori (vain kaksoismoottorimalleissa)
3. Korkeajänniteakku
4. Korkeajänniteakun sähkötaulu
5. Takamoottori
6. Korkeajännitelinjat
7. Latausportti

Kuva 1. Tesla model 3:n komponentit. (Tesla 2022).

Sähköautossa voi olla yksi tai useampi moottori. Tyypiltään sähkömoottorit voivat olla tasavirta- tai vaihtovirtamoottoreita. Useimmiten käytetään kolmivaiheisia kestopagneettitahtimoottoreita, sillä tämän moottorityypin käynnistysväntömomentti on korkea. (Korhonen ym. 2019: 25.) Moottorit voivat myös sijaita auton akseleilla tai vaihtoehtoisesti auton pyörien navoissa, jolloin niitä kutsutaan napamoottoreiksi. (Sähköauto 2021.) Sähkömoottoreita ohjataan taajuusmuuntajan avulla. Taajuusmuuntajakäytöt ovat yleisiä myös teollisuudessa ja peruseriaate on molemmissa sama. Ajoneuvoissa käytettävältä taajuusmuuntajalta vaaditaan kuitenkin suurempaa reagointinopeutta ja luotettavuutta. (Täyssähköauto 2021.)

Huolimatta siitä, että täyssähköautossa vaihdelaatikko ei ole välttämätön sähkömoottorin laajan väntökäyrän ansiosta, sähköautoissa käytetään usein alennusvaihdetta. Alennusvaihteen avulla moottorin kierrosnopeutta saadaan optimaalisemmaksi ajonopeudesta riippuen. Kestomagneettimoottorin hyötysuhde on parhaimmillaan 95–97 %, joka saavutetaan keskisuurella kierrosnopeudella ja keskisuurella väntömomentilla. Huonoimmillaan kestopagneettimoottorin hyötysuhde on pienellä osakuormalla, jolloin moottorin hyötysuhde saattaa pudota 80 %:iin. (Korhonen ym. 2019: 26–27.)

Täyssähköautojen etuja ovat hiljaisuus, vähäinen huollon tarve, olemattomat paikallispäästöt sekä hyvä energiatehokkuus etenkin kaupunkiajossa. Toisaalta käyttäjällä on mahdollisuus vaikuttaa omaan hiilijalanjälkeensä lataamalla autoa uusiutuvalla sähköenergialla. Täyssähköauton heikkouksina voidaan mainita korkea hankintahinta, latausverkoston rajallisuus sekä latauksen kesto. Lisäksi haasteita aiheuttaa esimerkiksi sääolojen vaikutus auton toimintamatkaan. (Täyssähköauto 2021.)

### 2.3 WLPT-päästömittaus

Sähköautojen toimintasäde ilmaistaan WLTP-päästömittaustavan mukaisesti mitattuna. WLTP eli ”Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure” on

henkilöautojen päästöjen, polttoaineenkulutuksen sekä toimintasäteen määrittämiseen kehitetty testausmenetelmä. Yhdenmukainen testausmenetelmä on tärkeä, jotta eri automallien päästöjä, polttoaineenkulutusta sekä toimintasädetä voidaan luotettavasti vertailla auton valmistajasta riippumatta. WLTP-mittausten menetelmä on pyritty kehittämään siten, että se mallintaa mahdollisimman tarkasti todenmukaisia olosuhteita ja ajotapoja. (WLTP-päästömittaus 2019.)

WLTP-mittaustapa korvasi aiemmin käytössä olleen NEDC-mittaustavan (New European Driving Cycle) vuonna 2018. Aiemmin käytössä olleen NEDC-testin mukainen toimintasäde oli saavutettavissa ajamalla kesäisissä olosuhteissa tasaista noin 60 kilometrin tuntinopeutta. NEDC-testi ei ollut kovin realistinen, joten sen käytöstä luovuttiin. Uuden WLTP-mittaustavan mukaisesti ilmoitettu toimintasäde saavutetaan ajamalla tasaista 80–90 kilometrin tuntinopeutta kesäsäällä. Nykyisin käytössä oleva WLTP-mittaustapa on siis aiempaa realistisempi, mutta tästä huolimatta sähköauton hankintaa suunnittelevan kannattaa huomioida oman ajoympäristön olosuhteiden, sekä ajotavan mahdollinen vaikutus sähköauton toimintasäteeseen. (WLTP-päästömittaus 2019.)

## 2.4 Sähköautojen energiankulutus

Täyssähköautoja voidaan pitkää melko energiatehokkaina, sillä niiden kokonaishyötysuhde on parhaimmillaan yli 70 prosenttia. Kokonaishyötysuhteessa on otettu huomioon sähkömoottorin ja sen ohjauselektroniikan sekä akuston latauksesta ja purkamisesta syntyvät häviöt. Täyssähköauton voimalinja on yksinkertainen ja näin ollen energiatehokas verrattuna vaihteistolla varustettuun polttomoottoriin. Polttomoottoriautossa teoreettinen kokonaishyötysuhde on käyttövoimasta riippuen 42–45 prosenttia, mutta käytännössä hyötysuhde jää tätä alhaisemmaksi. Kylmissä olosuhteissa polttomoottorin tuottama lämpö voidaan hyödyntää lämmitykseen ja näin parantaa hyötysuhdetta, mutta toisaalta kylmän moottorin polttoaineenkulutus on suurempi. (Korhonen ym. 2019: 27–28.)

Suurimalla osalla markkinoilla olevista sähköautomalleista sähkönkulutus sadalla kilometrillä on 10–30 kilowattituntia tai vastaavasti 10–30 Wh/km. Valtaosa

sähköautoista kuluttaa normaalissa ajossa kuitenkin alle 20 Wh/km eli 20 kWh sadalla kilometrillä, joten tätä käytetään ohjearvona yksittäisen latauspisteen tehontarpeen määrittämisessä. Nykyaikaisten täyssähköautojen akustot ovat kapasiteetiltaan yleensä 20–100 kWh, joten käytännössä täyssähköauton toimintamatka on autosta ja olosuhteista riippuen 50–500 kilometriä. (Korhonen ym. 2019: 15–16.) Huomioitavaa on, että kun sähköautojen energiankulutus ilmoitetaan WLTP-mittausmenetelmän mukaisesti, lukema pitää sisällään latauksesta aiheutuneet energiahäviöt. (WLTP-mittaustapa 2022.)

## 2.5 Sähköauton toimintasäde

Sähköautojen sähkönkulutus vaihtelee suuresti, riippuen sääolosuhteista sekä ajonopeudesta. Lisäksi sähkönkulutukseen vaikuttaa oleellisesti sähköauton muotoilu, sillä ilmanvastuksella on suuri vaikutus sähköauton kulutukseen. Pidemmän toimintasäteen tavoittelu ainoastaan auton akuston kokoa kasvattamalla ei ole välttämättä paras vaihtoehto. Sähköautojen toimintamatka saattaa pudota jopa puoleen valmistajan ilmoittamasta WLTP-testin mukaisesta toimintasäteestä, mikäli ajonopeus nostetaan maantienopeudesta (80 km/h) moottoritienopeuteen (120–130 km/h). (Korhonen ym. 2019: 15)

Yksi toimintasäteeeseen vaikuttavista seikoista on auton ilmanvastus. Ilmanvastuksen vaikutus energiankulutukseen korostuu maantieajossa, jossa ajonopeus on suuri. Sähköauton tekniikka poikkeaa kuitenkin oleellisesti polttomoottoriautosta, ja tämä luo mahdollisuuksia auton muotoilun suhteen. Sähköauton moottorit ovat varsin tehokkaita kokoonsa nähden, joten niiden sijoitteluun on enemmän vaihtoehtoja kuin polttomoottorin. Lisäksi sähkömoottoreiden jäähdytyksen tarve on vähäisempi kuin polttomoottorin, joten täyssähköauton etuosa voidaan muotoilla tämä huomioiden. (Täyssähköauto 2021.)

Auton ilmanvastusta pyritään pienentämään myös esimerkiksi auton pohjan, vanteiden ja sivupeilien muotoilulla. Sähköautossa auton pohja voidaan usein rakentaa siten, että se on täysin tasainen, jolloin ilmanvastusta lisääviä pyörteitä

muodostuu vähemmän. Näin auton ilmanvastus saadaan mahdollisimman pieneksi ja auton toimintasädetä kasvatettua ilman, että auton akuston kokoa kasvatetaan. Toimintasäteen kasvattaminen ainoastaan akuston kokoa kasvattamalla ei ole järkevää, sillä se lisää auton painoa ja auton energiankulutus kasvaa. (How aerodynamics influence an electric car's range. 2019; The Exquisite Combination: The aerodynamic design of IONIQ 5. 2021.) Kappaleen ilmanvastus voidaan ilmaista niin sanotun ilmanvastuskertoimen avulla. Nykyaikaisessa täyssähköautossa ilmanvastuskerroin on 0,15–0,3, jota voidaan pitää varsin hyvänä arvona. (Sherman 2014.)

Sääolosuhteiden vaikutus sähköauton toimintasäteeseen on merkittävä. Vaikka sähköauton tekniikka toimii normaalisti pakkaskelillä, sähköauton energiankulutusta lisää se, että auton sisätiloja sekä akustoa on lämmitettävä akkuun varastoidulla energialla. Polttomoottoriautossa vastaavaa haastetta ei ole, sillä polttomoottorin tuottama lämpö voidaan hyödyntää auton sisätilojen lämmittämiseen. Lämmitystarpeesta johtuen sähköauton toimintasäde saattaa laskea pakkasella 20–30 prosenttia. Lämmitykseen tarvittavan sähköenergian määrää voidaan vähentää huomattavasti, hyödyntämällä lämmitykseen ilmalämpöpumppua, mutta kaikissa sähköautoissa sellaista ei ole. (Sähköauton ostajan ABC 2017; Ev winter range test 2020.)

### **3 Sähköautojen tulevaisuus**

Liikenne- ja viestintävirasto (Traficom) ylläpitää tilastoa tieliikennekäytössä olevista ajoneuvoista. Traficom tilastoi muun muassa liikennekäytössä olevia sekä uutena rekisteröityjä autoja käyttövoiman, ajoneuvoluokan ja valmistajan mukaan. Tilastoista käy ilmi, että ladattavien autojen määrä kasvaa tällä hetkellä nopeasti. Valtionneuvoston asettamat tavoitteet ajoneuvoliikenteen sähköistymisestä saattavat hyvinkin ylittyä. Se kuinka eri käyttövoimien osuudet tulevaisuudessa jakautuvat, riippuu muun muassa autojen hintakehityksestä sekä poliittisista päätöksistä. (Ajoneuvokannan tilastot 2018.)

### 3.1 Sähköautojen määrä Suomessa

Suomen teillä liikkui vuonna 2021 yhteensä 99 937 ladattavaa autoa. Näistä täyssähköautoja oli yhteensä 22 892 kappaletta ja ladattavia hybridiautoja 77 045 kappaletta. Määrä on lähes kaksinkertainen vuoteen 2020 verrattuna, joten kasvua voidaan pitää merkittävänä. Sähköautojen nopeasta lisääntymisestä huolimatta ne edustavat vain noin 3,6 prosenttia Suomen autokannasta. (Sähköautojen määrän kehitys 2022.)

Vuonna 2021 Suomessa ensirekisteröitiin noin 98 000 uutta henkilöautoa. Tämän lisäksi Suomeen tuodaan vuosittain arviolta noin 45 000 käytettyä henkilöautoa. Suomessa oli vuonna 2021 yhteensä 2 754 655 tieliikennekäyttöön rekisteröityä henkilöautoa. Edellä mainituista luvuista voidaan todeta, että Suomen autokanta uusiutuu varsin hitaasti. Suomessa autojen keskimääräinen ikä on 12,6 vuotta ja autot romutetaan keskimäärin 22 vuotta niiden valmistamisesta. Liikenteen päästöjen vähentämisen kannalta olisi tärkeää varmistaa, että mahdollisimman moni Suomeen tuotavista autoista olisi päästöttömiä tai vähäpäästöisiä. (Fossiilittoman liikenteen tiekartta 2021: 21.)

Autoalan Tiedotuskeskuksen 3.1.2022 julkaiseman tilaston mukaan, ensirekisteröidyistä autoista 10,3 % oli täyssähköautoja ja 20,4 % ladattavia hybridiautoja. Taulukossa 1 esitetään vuosittain ensirekisteröidyt autot niiden käyttövoiman mukaan.

Taulukko 1. Ensirekisteröityjen henkilöautojen käyttövoimien jakautuminen vuosille 2015–2021 (Ensirekisteröityjen henkilöautojen käyttövoimatilastot 2022).

<b>Vuosi</b>	<b>Ensirekisteröinnit kpl</b>	<b>Diesel %</b>	<b>Ben- siini %</b>	<b>Hyb- ridi %</b>	<b>Ladat- tava hyb- ridi %</b>	<b>Täys- sähkö %</b>	<b>Kaasu %</b>
2015	108 812	35,70	60,90	2,60	0,40	0,20	0,10
2016	118 991	33,20	61,60	3,90	1,00	0,20	0,10
2017	118 583	30,40	59,50	7,20	2,20	0,40	0,40

2018	120 499	23,80	60,60	9,80	4,10	0,60	1,00
2019	114 199	18,30	59,30	13,60	5,20	1,70	1,90
2020	96 406	13,25	47,29	19,42	13,72	4,40	1,91
2021	98 473	8,53	31,23	28,54	20,45	10,31	0,92

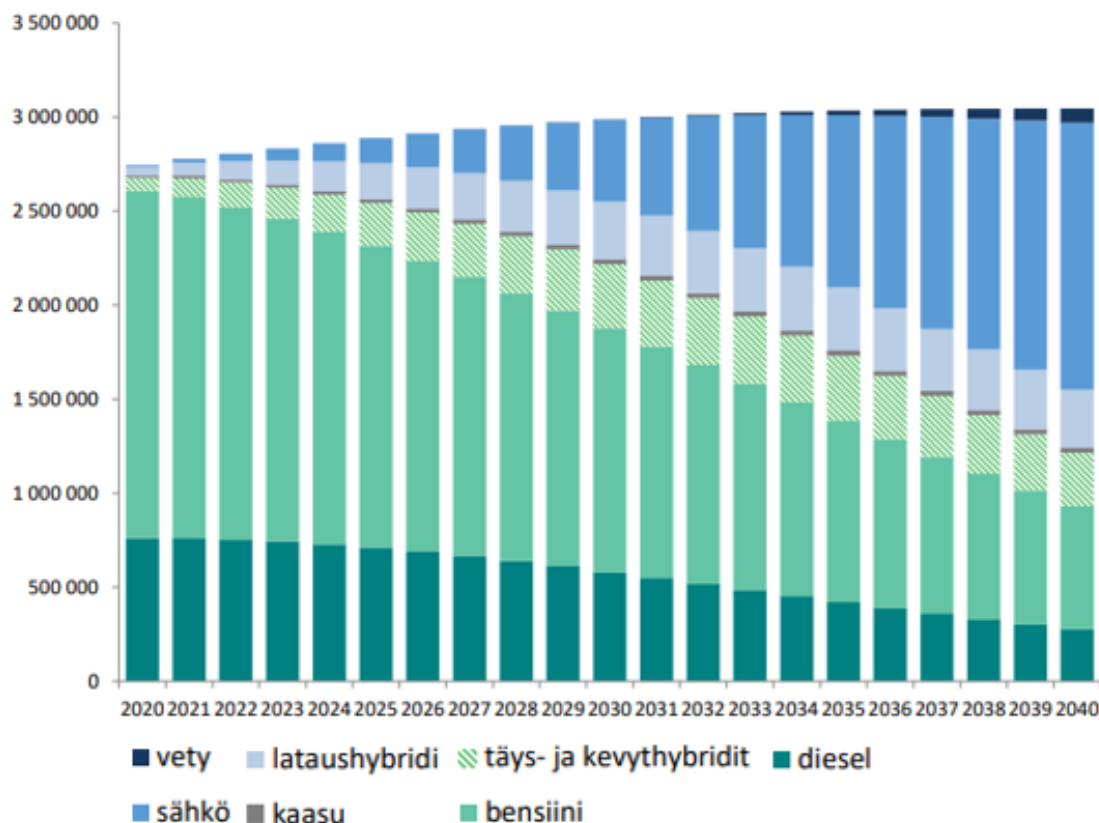
Taulukossa hybridillä tarkoitetaan hybridiautoa, jota ei voida ladata sähköverkosta. Ensirekisteröidyistä autoista yhteensä yli 30 prosenttia oli ladattavia. - Muutos vuoteen 2020 on merkittävä, sillä täyssähköautojen osuus on yli kaksinkertainen ja ladattavien hybridien lähes kaksinkertainen vuoteen 2020 verrattuna. Autojen ensirekisteröintien määrään on vuonna 2021 vaikuttanut maailmanlaajuinen komponenttipula sekä pandemian aiheuttamat tuotantokatkokset autoteollisuudessa. Tämä on johtanut sähköautojen toimitusvaikeuksiin ja autojen toimitusajat ovat pitkittyneet useisiin kuukausiin. (Korona jarrutti Euroopan automarkkinaa vuonna 2021.)

### 3.2 Ennusteet sähköautoilun lisääntymisestä

Arviot sähköautojen määrästä vuoteen 2030 mennessä vaihtelevat 550 000:n ja 740 000:n välillä. Valtioneuvoston asettaman tavoitteen mukaan Suomessa on vuoteen 2030 mennessä 600 000 sähkökäyttöistä henkilöautoa ja 45 000 sähkökäyttöistä pakettiautoa. Lisäksi tavoitteena on, että vuonna 2030 lähes kaikki uutena myytävät autot olisivat joko päästöttömiä tai vähäpäästöisiä, eli sähkö-, vety- tai kaasuautoja. (Fossiilittoman liikenteen tiekartta 2021: 21.) Autokannan sähköistymisen ennustetaan olevan Suomessa nopeampaa kuin Euroopassa keskimäärin, mutta jäävän silti hitaammaksi, kuin muissa pohjoismaissa. (Henkilöautokanta 2022; Autokannan käyttövoimamurros kiihtyy 2022.)

Kuvassa 2 on Autoalan Tiedotuskeskuksen julkaisema ennuste henkilöautojen käyttövoimien jakautumisesta Suomessa.





Kuva 2. Ennuste henkilöautojen käyttövoimien jakautumisesta Suomessa (Autoalan käyttövoimaennusteet 2022).

Kynnystä täyssähköauton hankkimiseen pyritään madaltamaan esimerkiksi erilaisilla verohelpotuksilla, sekä täyssähköauton hankintaan myönnettävällä valtion hankintatuella. Suomeen ensimmäistä kertaa rekisteröitävistä täyssähköautoista ei peritä autoveroa vuonna 2022, mutta sen sijaan ajoneuvon käyttövoimaveroa sähköautoista maksetaan normaalisti (HE 176/2021 vp. 2021). Tämän lisäksi vuonna 2022, uuden alle 50 000 euroa maksavan täyssähköauton ostamiseen tai pitkäaikaiseen vuokraamiseen voi saada valtion hankintatukea 2 000 euroa. Tukea voi saada yksityishenkilö, joka ostaa ja ensirekisteröi täyssähköauton omiin nimiinsä sekä sitoutuu pitämään auton omistuksessaan vähintään vuoden. Täyssähköauton vuokraamiseen tukea voi saada, mikäli sitoutuu vuokraamaan sen vähintään kolmeksi vuodeksi. Tuen saamiseen liittyy muitakin ehtoja, jotka löytyvät Traficomien verkkosivustolta. (Hae sähköauton hankintatukea 2022.)

Sähköautojen hankintahinnan ja valtion rahallisen tuen lisäksi kuluttajien päätöksentekoa ohjaa latausinfraan kattavuus sekä sähköautojen saatavuus (Autokannan käyttövoimamurros kiihtyy 2022). Lisäksi ajamisen energiakustannukset saattavat ohjata autoilijaa vaihtamaan sähköautoon, sillä täyssähköautossa ajamisen energiakustannukset ovat huomattavasti polttomoottoriautoa alhaisemmat. Motivan mukaan täyssähköautolla energiakulut ovat alle kaksi euroa sadalla kilometrillä, kun taas dieselautolla vastaavat kulut ovat noin kahdeksan euroa sadalla kilometrillä. (Sähköautot 2021.) Energiakustannukseen vaikuttaa luonnollisesti sähkön hinta, joka on ollut vuoden 2021 syksyllä sekä alkuvuodesta 2022 ajoittain poikkeuksellisen korkea (Energian hinnat 2021).

Hybridi- ja täyssähköautojen osuuksien jakautuminen riippuu muun muassa autojen verokohtelusta sekä täyssähköautojen hintakehityksestä. Tällä hetkellä ladattavien hybridautojen markkinaosuus on täyssähköautoja suurempi, mutta tämän ennustetaan muuttuvan. Valtionneuvoston teettämän selvityksen mukaan täyssähköautojen määrä tulee ohittamaan ladattavien hybridien määrän vuoteen 2025 mennessä, sillä tällöin täyssähköautojen hintojen uskotaan olevan polttomoottoriautojen tasolla. Täyssähköautojen valmistamisen kustannukset voivat jatkossa olla polttomoottoriautoa edullisemmat, sillä täyssähköauton voimalinja on yksinkertainen. Suunta, johon täyssähköautojen hinnat kehittyvät, riippuu suuresti akkumateriaalien hintakehityksestä, sillä akusto on tällä hetkellä sähköauton kallein komponentti. (Pihlatie ym. 2019: 19.)

Autovalmistajien toimintaa Euroopassa pyritään ohjaamaan EU-markkinoille tuotavien autojen päästörajoituksilla. EU:ssa vuonna 2019 hyväksytyn CO<sub>2</sub>-rajoituksen mukaan uusien henkilöautojen kokonaispäästöjen tulee olla 37,5 % pienemmät vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoteen 2021. Odotettavissa on, että lähivuosina raja-arvot tulevat vielä tiukentumaan nykyisistä. Näin pyritään varmistamaan autoja valmistavien yritysten osallistaminen liikenteen päästöjen vähentämiseen. Raja-arvoasetuksen ennustetaan vaikuttavan suuresti siihen, millaisia autoja Euroopassa on tulevaisuudessa saatavilla. (Fossiilittoman liikenteen tiekartta 2021: 22.)

## 4 Sähköautojen lataaminen

Sähköauton akuston latautuminen riippuu olosuhteista sekä saatavilla olevasta lataustehosta. Sähköauton akuston kykyyn vastaanottaa latausvirtaa vaikuttaa muun muassa varaustila, kapasiteetti sekä lämpötila. Sähköauton lataamista säätelee automatiikka niin latauslaitteessa kuin sähköautossa itsessään. Se kuinka suurta lataustehoa lataamiseen voidaan käyttää, vaihtelee eri autovalmistajien ja -mallien välillä. Sähköauton lataamiseen sähköverkosta tai muusta tehonlähteestä on useita eri menetelmiä, ja näistä puhuttaessa käytetään termiä lataustavat. (Korhonen ym. 2019: 19.)

Suurinta osaa sähköautoista voidaan ladata sekä vaihtosähköllä, että tasasähköllä. Useimmat sähköautot tukevat yksivaiheista vaihtovirtalatausta 1,4–7,4 kilowatin teholla, tämä tarkoittaa 6–32 ampeerin latausvirtaa. Automallien välillä on eroja ja joissain automalleissa latauksen käynnistyminen vaatii 8–10 ampeerin virran. Pakkasella lataukseen vaadittava virta voi olla tätäkin suurempi, koska silloin osa latausvirrasta ohjataan auton akuston lämmitykseen. Osaa sähköautoista voidaan ladata myös kolmivaihevirralla, jolloin latausteho on useimmiten 11–22 kilowattia, eli 3 x 16–32 ampeeria. Lisäksi jotkin yksittäiset automallit tukevat kolmivaiheista vaihtovirtalatausta jopa 43 kilowatin teholla. Pikalatauksessa tasasähköllä latausteho on tyypillisesti 50–350 kilowattia. (Korhonen ym. 2019: 20.)

Sähköajoneuvojen lataustavat jaetaan standardin SFS-EN 61851-1:n mukaisesti neljään eri kategoriaan. Kategorioihin jako tapahtuu jännitteen, latausvirran ja käytettävän pistoketyypin perusteella. Tämä kappale pitää sisällään katsauksen yleisesti käytössä oleviin lataustapoihin. Suomessa suositellaan käytettävän ensisijaisesti lataustapoja 3 ja 4. Lataustavat ja niihin liittyvät peruseräatteen on esitetty SESKO ry:n julkaisemassa sähköajoneuvojen lataussuosituksessa. (Sähköajoneuvojen lataussuositus 2021.)

## 4.1 Lataustavat

### Lataustapa 1

Lataustapa 1 eli ”mode 1” on kevyiden sähköajoneuvojen, kuten sähköpotkulautojen, pyörätuolien tai sähköpolkupyörien, lataamiseen tarkoitettu lataustapa. Käytännössä lataustapa 1 tarkoittaa sähköajoneuvon kytkemistä tavalliseen hyväkuntoiseen suojamaadoitettuun pistorasiaan, joka on varustettu 30 milliampeerin vikavirtasuojalla. (Sähköajoneuvojen lataussuositus 2021.)

### Lataustapa 2

Lataustapaa 2 eli niin sanottua ”mode 2-latausta” tulisi käyttää ainoastaan väliaikaiseen tai lyhytaikaiseen sähköauton lataamiseen. Sähköautoa tulisi ladata pääsääntöisesti lataustavan 3 tai 4 mukaisesti, mutta mikäli näitä lataustapoja ei ole mahdollista käyttää, voidaan käyttää tapaa 2. Tavassa 2 sähköauto liitetään normaaliin kotitalouspistorasiaan latausjohdolla, jossa on standardin SFS-EN 62752 mukainen suojalaite- ja ohjausyksikkö. Pistorasia tulee olla suojattu sekä johdonsuojalla että vikavirtasuojalla. Lataajan tulee huomioida, että normaali kotitalouspistorasia ei kestä jatkuvaa 16 ampeerin virtaa, joten pitkäaikaisessa latauksessa latausvirta on rajoitettava 8 ampeeriin. Lisäksi jatkojohtojen, kellokytkinten, energiamittarien tai muiden vastaavien laitteiden käyttämistä kotitalouspistorasiasta ladattaessa ei suositella. (Sähköajoneuvojen lataussuositus 2021: 2.)

### Lataustapa 3

Lataustapa 3 eli niin sanottu peruslataus on suositeltavin tapa ladata sähköautoa. Tämän lataustavan yhteydessä puhutaan yleisesti ”type 2 pistokkeesta”, mutta pistokkeesta käytetään toisinaan nimikettä Menneken-pistoke. Tyypin 2 latauspistorasia on standardin SFS-EN 62196-2:2017 mukainen sähköautojen lataamiseen suunniteltu pistoketyyppi. EU-direktiivin (deployment of alternative fiels infrastructure 2014/94/EU) mukaisesti julkisissa vaihtosähkölatauspisteissä

tulee olla tyyppin 2 latauspistorasia (SFS 6000-7-722:2017). Kuvassa 3 on tyyppin 2 pistokytkin.



Kuva 3. Tyyppin 2 latauspistoke (SLO 2021).

Lataukseen käytetään vaihtosähköä ja latausvirta voi olla maksimissaan  $3 \times 63$  A, jolla saavutetaan 43 kW:n latausteho. Useimmat tyyppin 2 latauspisteet ovat kuitenkin teholtaan maksimissaan 22 kW, koska täyssähköautojen sisäiset laturit ovat pääosin 3,7–22 kW:n tehoisia. Huomioitavaa on, että käytettäessä tätä pistoketyyppiä tulee sähkönsyöttö olla suojattu joko B-tyypin vikavirtasuojalla tai A-tyypin vikavirtasuojalla sekä DC-vuotovirran valvonnalla. (SFS 6000-7-722:2017: 10.)

Latauspistokkeessa on varsinaisten virtaliittimien lisäksi tiedonsiirtoväylä, jonka avulla lataustapahtuman valvonta tapahtuu. Tiedonsiirtoväylän avulla varmistetaan, että latauskaapeli on kytketty turvallisesti autoon, ennen sähkövirran kytkentymistä. Tämä on tärkeä ominaisuus pistokkeen liitospitojen kestävyyskannalta, sillä kytkettäessä liitin jännitteisenä, kytkemisestä aiheutuva valokaari vaurioittaa pistokkeen liitospintoja. (Sähköajoneuvojen lataussuositus 2021.)

## Lataustapa 4

Lataustapa 4 poikkeaa oleellisesti muista lataustavoista, sillä siinä lataukseen käytetään tasavirtaa (DC). Tasavirta syötetään autoon ulkopuolisen tasavirtalähteen avulla. Lataustavasta käytetään yleisesti termiä pikalataus tai teholaatus. Tyypillisesti tasavirtalatauslaitteet ovat teholtaan 50–350 kW. Pikalatauksessa latausjohto on aina kiinteästi asennettuna latauslaitteeseen, ja osassa laitemalleista latausjohdossa on nestejäähdytys. (Korhonen ym. 2019: 20.)

Pikalataukseen yleisesti käytettäviä pistoketyyppejä on kaksi, niin sanottu CCS-pistoke sekä etenkin japanilaisten autovalmistajien käyttämä CHAdeMO. Lataustavan 3 tapaan pistokkeissa on tiedonsiirtoväylä auton ja latauslaitteen välillä, jonka lisäksi pistokkeissa on oltava lukitusmekanismi, jonka tehtävänä on estää pistokkeen irtikytkentä latauksen ollessa käynnissä. (Sähköajoneuvojen lataussuositus. 2021.) Kuvassa 4 on CCS- sekä CHAdeMO-pistokkeet.



Kuva 4. Kuvassa vasemmalla CCS-latauspistorasia ja oikealla CHAdeMO-pistoke (Charging Point Connector Types 2019).

Suuritehoiset pikalatauspisteet sijaitsevat pääosin suurten valtateiden varrella, mutta pikalatausverkosto laajenee nopeasti ja kattaa tätä nykyä lähes koko Suomen. Vuoden 2021 lopulla Suomessa oli yhteensä 689 CCS-pikalatauspistettä. Näiden lisäksi Teslan operoimia Supercharger-pisteitä oli 78 kappaletta.

Pohjoismaissa sijaitsevat julkiset latauspisteet lisätietoineen löytyvät selkeästi esitettynä internetistä Sähköautoilijat ry:n ylläpitämästä Latauskartta.fi-palvelusta. (Latauskartta.fi. 2022.)

## 4.2 Lataamisen turvallisuus

Sähköauton lataaminen on yleisesti ottaen melko turvallista, mutta toimittaessa vastoin ohjeistusta tai käytettäessä vaurioituneita komponentteja lataamiseen liittyy palo- ja sähköturvallisuusriskejä. Sähköauton turvallinen lataaminen edellyttää, että lataamiseen käytetään asianmukaista latauslaitetta tai pistoketta, joka on suojattu vaadittavilla suojalaitteilla. Lisäksi latauslaitteen, latauskaapelin sekä pistokkeiden tulee olla ehjiä, eikä niissä tulisi näkyä merkkejä ylikuumenemisesta tai eristeiden vaurioitumisesta. Nämä merkit voivat ovat esimerkiksi sulaneet tai muotonsa menettäneet muoviosat tai vaikkapa tummuneet ja karheat pistokkeen virtaliittimet. (Sähköauton akku ja lataaminen 2022.) Kuvassa 5 on ylikuumenemisestä vaurioitunut kotitalouspistorasia.



Kuva 5. Vaurioitunut kotitalouspistorasia (Niemi 2019).

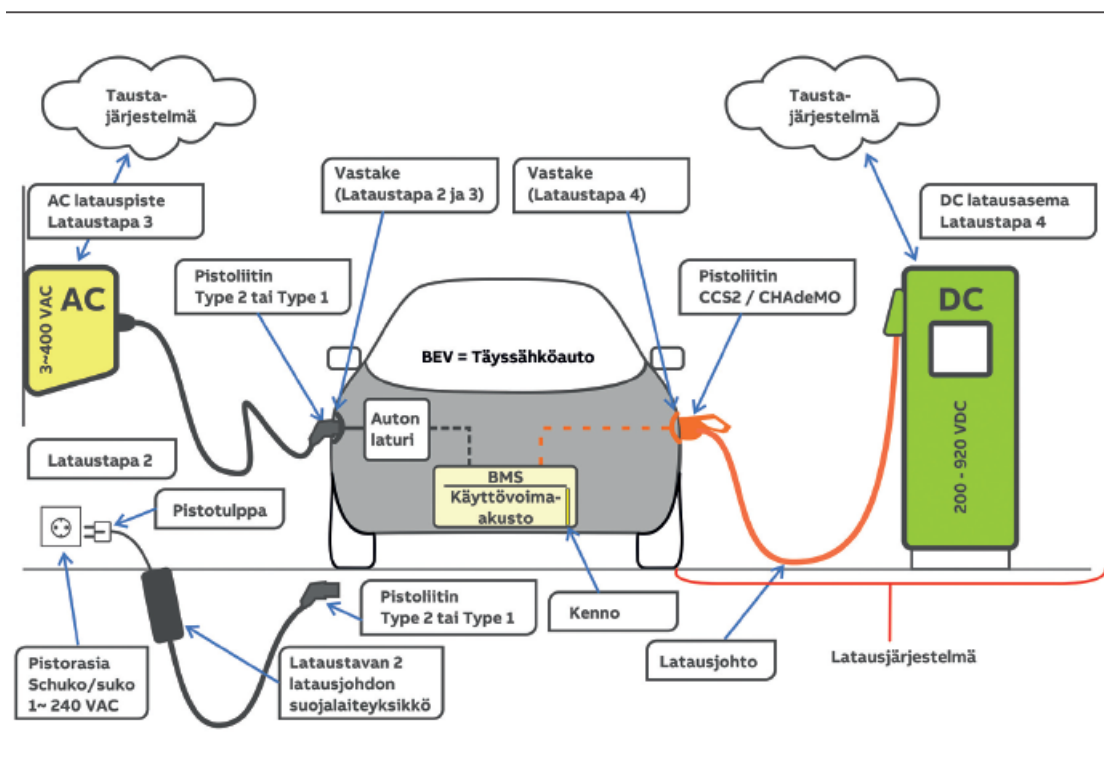
Normaalia suojamaadoitettua pistorasiaa tai lämmitystolppaa ei ole suunniteltu jatkuvalle 16 ampeerin virralle, ja etenkin vanhojen pistorasioiden kuluneet liittospinnat aiheuttavat ylikuumenemisriskin. Käytettäessä normaalia pistorasiaa

sähköauton lataamiseen tulisi lataamisen virta rajoittaa kahdeksan ampeeriin paloturvallisuusriskin välttämiseksi. (Niemi 2019.) Käytettäessä rakennuksen eristettyyn ulkoseinään asennettua pistorasiaa aiheutuu riski pistorasian sekä johtimien ylikuumentumisesta rakenteiden sisällä. Etenkin vanhoissa taloissa kaapelireitti saattaa kulkea esimerkiksi talon yläpohjassa, johon on voitu myöhemmässä vaiheessa lisätä lämpöeristettä, joka puolestaan pienentää sähkökaapelin kuormitettavuutta. Tällöin sähkökaapelin johtimet saattavat alkaa lämpenemään rakenteiden sisällä, aiheuttaen paloturvallisuusriskin. Tästä syystä pistorasiaa syöttävän sähkökaapelin reitti tulisi selvittää, minkä lisäksi tulee varmistua siitä, että lataamiseen käytettävä pistorasia on hyväkuntoinen. (Energiatehokkuutta sähköllä 2021.) Uusissa nykystandardien mukaisesti rakennetuissa taloissa riski on pienempi, sillä kaapelin asentaminen lämpöeristeen sisään yli 50 senttimetrin matkalta on kiellettyä (SFS 6000-5-52: 2017: 16).

## **5 Latausjärjestelmät**

Sähköauton latausjärjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka pitää sisällään latauspisteet suojalaitteineen sekä niiden hallinointiin vaadittavan taustajärjestelmän ja kuormanhallinnan. Toisaalta latausjärjestelmä voi olla yksittäinen latauspiste, jolloin esimerkiksi kuormanhallintaa ei välttämättä vaadita. (Korhonen ym. 2019: 38.) Kuvassa 6 esitetään latausjärjestelmän keskeisimmät komponentit sekä niistä käytettävät termit.





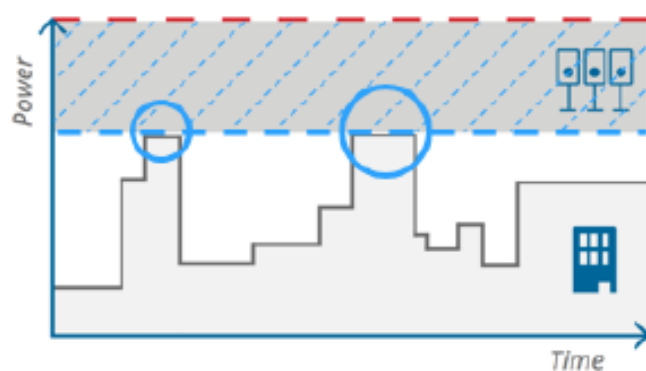
Kuva 6. Latausjärjestelmän osat (Korhonen ym. 2019: 41).

Älykkäästä latausjärjestelmästä tai puhekielessä älylatauksesta voidaan puhua tilanteessa, jossa latauspisteiden teho säätyy automaattisesti esimerkiksi ohjelmallisesti tai sähköliittymän virtamittaukseen perustuen. Älykkäässä latausjärjestelmässä latauspisteiden, sähköauton ja latauspalveluntuottajan välillä on tiedonsiirtoyhteys, joka mahdollistaa reaaliaikaisen mittaamisen sekä lataustapah-tuman ohjaamisen. (Korhonen ym. 2019: 38.)

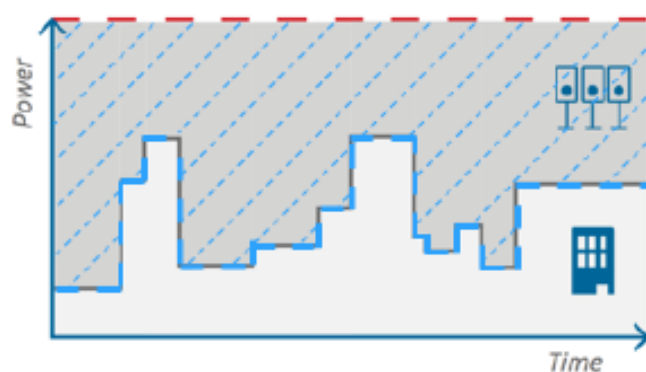
## 5.1 Kuormanhallinta

Kuormanhallinnalla tarkoitetaan latauspisteiden tehon säätämistä kiinteistön vapaana olevan tehokapasiteetin puitteissa. Kuormanhallinnan avulla sähköliittymän vapaata kapasiteettia voidaan hyödyntää lataamiseen mahdollisimman tehokkaasti, suojaten kuitenkin edeltävää sähköjakelua ylikuormitukselta. Sen avulla voidaan myös varmistaa lataustehon riittävä taso sekä se, että käytettävissä oleva latausteho jakautuu tasapuolisesti kaikille lataajille. (Korhonen ym. 2019: 53.)

Kuormanhallinta voi olla toteutettu eri tavoin. Yleisesti kuormanhallinta voi perustua joko sähköliittymän virtamittaukseen (aktiivinen kuormanhallinta) tai ennalta määritettyihin raja-arvoihin (staattinen kuormanhallinta). Molemmat tavat ovat yleisesti käytössä, mutta mittaukseen perustuva kuormanhallinta mahdollistaa vapaan tehokapasiteetin hyödyntämisen tehokkaimmin varsinkin silloin, kun sähköliittymän kuormitus on pientä. (Korhonen ym. 2019: 53.) Kuvassa 7 havainnollistetaan staattisen ja aktiivisen (ts. dynaamisen) kuormanhallinnan ero. Kuvassa ylhäällä staattisen kuormanhallinnan raja-arvo on asetettu siten, että kiinteistölle taataan aina sen sähköliittymän korkeimman mitatun tehon mukainen sähkönsaanti. Kuvassa alhaalla esitetään aktiivinen kuormanhallinta, jossa latausjärjestelmän tehoa ohjaa virtamittaus, jolloin sähköliittymän vapaa kapasiteetti hyödynnetään tehokkaammin.



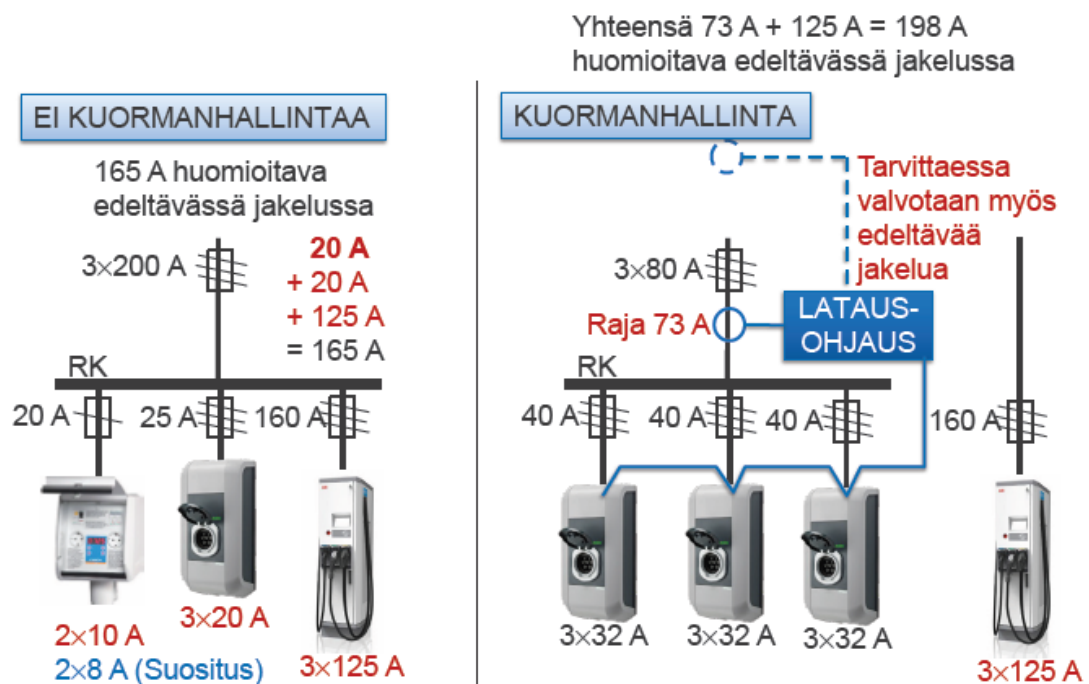
Static Load Balancing



Active Load Balancing

Kuva 7. Ylempänä esitettynä staattinen raja-arvoon perustuva kuormanhallinta ja alempana aktiivinen eli latausta edeltävän sähkönsyötön virran mittaukseen perustuva kuormanhallinta (Implementation Guide 2020).

Järjestelmästä, jossa kuormanhallinta perustuu mittaukseen ja latauspisteiden tehoa säädellään automaattisesti, voidaan käyttää nimitystä älykäs kuormanhallinta tai älylataus. Älykäs kuormanhallinta mahdollistaa useamman latauspisteen asentamisen tilanteessa, jossa kiinteistön sähköliittymä muuten rajoittaisi latauspisteiden määrää. Älykkään kuormanhallinnan avulla voidaan priorisoida eri lataustapoja ja näin varmistaa esimerkiksi pikalatauspisteen sähkönsaanti. (Korhonen ym. 2019: 38.) Kuvassa 8 älykkään kuormanhallinnan merkitys latausjärjestelmää edeltävän sähköjakelun osalta.



Kuva 8. Älykkään kuormanhallinnan periaate (Korhonen ym. 2019: 41).

Mikäli latausjärjestelmässä ei käytetä kuormanhallintaa, järjestelmän sähköjakelun mitoituksessa tulee käyttää tasauskerrointa 1 (SFS 6000-7-722: 2017: 7). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jokaiselle latauspisteelle taataan laitteen vaatima nimellisvirta. Vastaavasti käytettäessä kuormanhallintaa voidaan latausjärjestelmän suunnittelussa tasauskerrointa pienentää, sillä älykäs kuormanhallinta alentaa lataustehoa siten, että latausjärjestelmää edeltävä sähköjakelu ei ylikuormitu. Näin ollen kiinteistön sähköjakelun vapaa kapasiteetti saadaan usein riittämään ilman merkittäviä muutoksia sähköjärjestelmään. (Korhonen ym. 2019: 40.)

## 5.2 Taustajärjestelmä OCPP

OCPP eli "Open charge point protocol", on sähköautojen latausjärjestelmissä käytettävä avoimen lähdekoodin kommunikointiväylä. Se on siis tiedonsiirtoväylä, jonka avulla tiedonsiirto latauspisteiden ja taustajärjestelmän välillä tapahtuu. Sen tarkoituksena on mahdollistaa latausjärjestelmän hallinnointi palveluntarjoajasta riippumatta eli toisin sanoen yhdenmukaistaa latausjärjestelmien tiedonsiirto. (Korhonen ym. 2019: 51.)

Mikäli latauslaitteet eivät tue OCPP-protokollan mukaista tiedonsiirtoa, latausta tarjoavan palveluntuottajan vaihtaminen saattaa olla haasteellista, tai jopa mahdotonta. Kaikki OCPP-yhteensopivat laitteet kykenevät kommunikoimaan keskenään ja mahdollistavat esimerkiksi dynaamisen kuormanhallinnan toiminnan laitteen valmistajasta riippumatta. Useimmat tarjolla olevat latauslaitemallit toimivat matkapuhelinverkossa langattomasti, mutta mikäli matkapuhelinverkon kuuluvuus on heikko, laitteet voidaan yhdistää verkkoon tiedonsiirtokaapeloinnilla. (Korhonen ym. 2019: 52.)

Tiedonsiirto latauslaitteet ja pilvipalvelun välillä tapahtuu siis edellä mainitun protokollan mukaisesti. Yhtenevän taustajärjestelmän käyttämisestä on hyötyä sekä palveluntarjoajalle että lataajalle. Taustajärjestelmän avulla autoon kulloinkin ladattu energiamäärä voidaan veloittaa suoraan lataajalta, energian mittaukseen sekä laitteeseen tunnistautumisen perusteella. Tällöin latauslaitteiden haltijan ei tarvitse huolehtia energiamittareiden lukemisesta tai laskujen laatimisesta, sillä laskutus voidaan automatisoida. Laskutus voi tapahtua koontilaskuna tai suoraveloituksena maksukortilta, palveluntarjoajasta riippuen. Protokollan avulla on mahdollista hallinnoida latauslaitteita esimerkiksi mobiilisovelluksen avulla ja latauslaitteita voi varata tulevaa latausta varten. Lisäksi lataustapahtumaa voidaan seurata reaaliaikaisesti ja tarvittaessa keskeyttää lataus mobiilisovelluksen kautta. (Korhonen ym. 2019: 52.)

Protokollan käytöstä on hyötyä myös latauspalveluja tarjoavalle taholle, sillä sen avulla järjestelmän toimintaa voidaan seurata taustajärjestelmästä ja tarvitta-

essa lataus voidaan keskeyttää. Lisäksi laitteiden vikaantuessa on taustajärjestelmästä mahdollista saada tietoa vian syystä, jolloin huoltohenkilökunta voi varautua esimerkiksi laitteen korvaamiseen toimivalla. Latauslaitteiden ohjelmiston kehittyessä voidaan laitteiden käyttöjärjestelmä päivittää langattomasti. (Korhonen ym. 2019: 52.)

## **6 Latausjärjestelmän hankinta taloyhtiöön**

Useat eri autovalmistajat ovat tuoneet julki aikeensa vähentää tai lopettaa kokonaan polttomoottoriautojen valmistuksen vuoteen 2035 mennessä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että autovalmistajat ovat lähivuosina keskittymässä hybridi- ja täyssähköautojen valmistukseen. Autovalmistajien päätös sekä valtion asettamat tavoitteet liikenteen sähköistymisestä aiheuttavat painetta latausinfrastruktuurin laajenemiselle, niin julkisten latauspisteiden, kuin kotilatauksen osalta. (Heima 2021.)

Autoalan Tiedotuskeskuksen sähköautoilijoille tekemän kyselytutkimuksen mukaan 90 prosenttia vastaajista piti mahdollisuutta sähköauton lataamiseen kokonaan tärkeänä kriteerinä auton käyttövoiman valinnassa. Kyselytutkimus tehtiin vuoden 2019 lopulla, ja siihen vastasi yhteensä 2 200 ladattavan auton haltijaa. Tutkimustulos osoittaa, että taloyhtiöt ovat merkittävässä roolissa sähköautojen yleistymistä ajatellen, sillä valtaosa kaupunkilaista asuu yhtiömuotoisissa kerros- ja rivitaloissa. (Ladattavien autojen käyttäjätutkimus 2020: 20.)

### **6.1 Latauspisteiden hankinta taloyhtiöön**

Taloyhtiöiden osalta liikenteen nopea sähköistyminen tarkoittaa sitä, että myös latauspisteiden tarve kasvaa nopeasti. Latauspisteiden suuresta kysynnästä kertoo Kiinteistöliiton vuonna 2021 tekemä kyselytutkimus. Kyselyn toteuttamishetkellä sähköautojen latauspisteiden rakentaminen oli taloyhtiöiden yleisin suunnitteilla oleva hanke. Kyselyyn vastanneista taloyhtiöiden edustajista yli 40

prosenttia mainitsi hankkeen olevan ajankohtainen seuraavan viiden vuoden aikana. Kyselyyn osallistui yhteensä yli 3 100 taloyhtiöiden edustajaa. (Sähköautojen latauspisteitä pyritään rakentamaan yhä vilkkaammin 2021.)

Latauspisteiden toteuttaminen kaikkiin autopaikkoihin on taloyhtiölle usein merkittävä investointi, mutta toisaalta latausmahdollisuus lisää taloyhtiön vetovoimaisuutta asuntomarkkinoilla. Investointikustannuksiin vaikuttaa oleellisesti kiinteistön olemassa olevan sähköjärjestelmän ominaisuudet. Mikäli latausjärjestelmän toteutus voidaan ajoittaa esimerkiksi linjasaneerauksen tai piharemontin yhteydessä, tästä voi syntyä huomattavia säästöjä. Suunniteltaessa laajoja kunnostus tai korjaushankkeita tulisi taloyhtiön varmistaa vähintään johtoteiden ja tarvittavien tilavarausten riittävyys tulevaa latausjärjestelmää silmällä pitäen. (Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon 2016)

Latauspisteiden ja latauspistevalmiuksien asentamisesta säädetään laissa. Laki velvoittaa laajamittaiseen rakennushankkeeseen ryhtyvää suunnittelemaan ja asentamaan latauspisteitä määrättyyn osaan autopaikoista. Laajamittaisten korjaushankkeiden yhteydessä laki velvoittaa toteuttamaan vähintään valmiudet latauspisteiden asentamiselle. Käytännössä latauspistevalmiudeksi lasketaan myös sähköputkitus, jota voidaan hyödyntää latauspisteiden kaapelointiin myöhemmässä vaiheessa. (Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä 2020/733.)

## 6.2 Päätöksenteko taloyhtiössä

Asunto-osakeyhtiössä päätäntävalta hankkeiden toteutuksesta on yhtiön osakkailla. Sähköautojen latausjärjestelmän hankintaa ajatellen on merkittävää, kuinka autopaikkojen hallinta on taloyhtiössä ratkaistu. Autopaikat saattavat olla taloyhtiön, osakkaan tai erillisen pysäköintiyhtiön hallinnassa. Asunto-osakeyhtiölain (Asunto-osakeyhtiölaki 2009) mukaisesti osakkaita on kohdeltava yhdenvertaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että osakasomisteisissa autopaikoissa on ol-

tava yhdenmukainen mahdollisuus ladata sähköautoja. Käytännössä osakomisteisissa pysäköintipaikoissa on oltava yhdenmukainen valmius latauspisteen asentamiselle, jonka lisäksi latauspisteiden tulee olla ominaisuuksiltaan yhdenmukaisia sekä tarjota samaa lataustehoa tasapuolisesti kaikille lataajille. Mikäli pysäköintipaikat ovat taloyhtiön omistuksessa, latausjärjestelmä voidaan toteuttaa hieman vapaammin. Latauspisteet voivat tällöin olla eri tehoisia tai muuten ominaisuuksiltaan erilaisia. Taloyhtiö voi määrittää omistamiensa autopaikojen osalta, millaisilla ehdoilla latauspisteitä saa käyttää ja miten niiden käytöstä veloitetaan. (Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon 2016.)

Päätöksenteon kannalta on tärkeää selvittää, millaiset valmiudet kiinteistön sähköliittymä sekä nykyinen sähköpääkeskus tarjoavat, sillä näihin liittyvät muutostyöt nostavat investointikustannuksia huomattavasti. Mikäli esimerkiksi sähköpääkeskus ja sähköliittymä joudutaan uusimaan, saattaa hankkeen vaikutus asumiskustannuksiin olla niin merkittävä, että sen toteuttaminen vaatii taloyhtiössä enemmistö päätöksen. (Paakkinen ym. 2021.)

Motivan Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon-oppaasta löytyvässä kuvassa (kuva 9) on esitetty taloyhtiön päätöksenteko ja kustannusten jakautuminen osakkaille erityyppisissä latauspistehankkeissa.

Hankkeen tyyppi	Päätöksenteko	Esimerkkejä latauspisteiden kustannusjakotavoista		
		RAKENTAMINEN	KORJAUS JA MUU YLLÄPITO	SÄHKÖ
Taloyhtiön hanke (autopaikat yhtiön hallinnassa) • kaikki autopaikat muutetaan latauspisteiksi.	Vaaditaan yksinkertainen enemmistö yhtiökokouksessa. Huom! Tämä kohta muutettu 5.11.2018.	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Taloyhtiön hanke (autopaikat yhtiön hallinnassa) • autopaikoista muutetaan latauspisteiksi enintään sähköjärjestelmän nykyisen kapasiteetin sallima määrä.	Vaaditaan yksinkertainen enemmistö yhtiökokouksessa.	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Osakasvähemmistön hanke (autopaikat yhtiön hallinnassa).	Vaaditaan vähintään 2/3 enemmistö yhtiökokouksessa edustetuista osakkeista ja annetuista äänistä.	Ne osakkaat, jotka haluavat latauspisteen.	Ne osakkaat, jotka haluavat latauspisteen.	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Osakkaan oma muutoshanke (autopaikat osakshallinnassa).	Vaaditaan taloyhtiön lupa.	Osakas.	Osakas.	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).

Kuva 9. Latauspisteiden hankinta ja päätöksenteko taloyhtiössä (Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon 2016).

Vaikeassa asemassa ovat usein ne osakkaat, jotka ovat ensimmäisten joukossa vaihtamassa autoaan sähkötoimiseen. Tällöin taloyhtiössä ei ehkä koeta latauspisteiden hankkimista ajankohtaiseksi, minkä lisäksi saattaa ilmetä myös ennakkoluuloihin perustuvaa vastustusta sähköautoilua kohtaan. (Taloyhtiöiden päätöksentekoa sähköautojen latauspisteiden rakentamisessa helpotettava 2018.) Usein latausjärjestelmän investointikustannuksiin osallistuminen ilman omaa aikomusta siirtyä sähköautoilijaksi nousee kynnyskysymykseksi. Tapauksissa, joissa latauspisteen tarvitsee vain yksi osakas, saattaa latauspisteen asennuskustannus nousta korkeaksi. Latauspisteen asentamisen hintaan oleellisesti se, miten latauspisteen sähkönsyöttö voidaan toteuttaa. Esimerkiksi py-



säköintihallissa latauspisteen syöttöjohto voidaan joutua tuomaan kaukana sijaitsevasta sähkökeskuksesta, jolloin asentamisen kustannus voi olla suuri. Lähitulevaisuudessa sähköautojen yleistyessä tilanne kuitenkin helpottuu, sillä latauspisteitä tarvitsevia on enemmän. (Taloyhtiön latausjärjestelmä on investointi tulevaisuuteen 2018.)

Yksittäisen latauspisteen käyttöönotto taloyhtiössä aiheuttaa omat haasteensa tulevaisuutta ajatellen. Pientaloissa yksittäinen latauspiste voidaan usein toteuttaa ilman älykästä kuormanhallintaa, mutta taloyhtiössä näin ei aina ole. Lisäksi ladattu sähköenergia tulisi pystyä mittaamaan ja lataamisen energiakustannukset kohdistamaan oikealle henkilölle. Latauspisteen hankkijan tulisi huomioida, että hankittava laitemalli on tulevaisuudessa mahdollista liittää osaksi älykästä latausjärjestelmää, sillä usein laajemmissa latausjärjestelmissä on käytettävä kuormanhallintaa. Kaikki latauslaitteet eivät ole yhteensopivia keskenään ja pahimmassa tapauksessa pysäköintiruutuun asennettu latauslaite ei ole yhteensopiva taloyhtiön myöhemmin hankkiman järjestelmän kanssa. Taloyhtiön tulee myös huomioida, että lisätessä kiinteistön sähköjärjestelmään latauspisteitä, joissa ei ole kuormanhallintaa, saattaa latauspisteiden määrän kasvaessa syntyä riski sähköliittymän ylikuormituksesta. Näin ollen taloyhtiön tulisi valvoa lisätävien latauspisteiden määrää ja niiden tehovaikutusta kiinteistön sähköliittymään. (Ladattavien autojen käyttäjätutkimus 2020.)

## **7 Työn tilaajan toimittama lähdeaineisto**

Osana insinööriyötä oli tarkoitus etsiä faktapohjaista tietoa siitä, kuinka paljon ja millaisella teholla sähköautoja keskimääräisesti ladataan. Tätä selvitystä varten työn tilannut yritys toimitti ylläpitämästään latauspalvelusta lataustapahtumiin liittyvää tietoa. Insinööriyön puitteissa oli tarkoitus luoda pohja latausjärjestelmien järkevään mitoitukseen. Saadut tulokset tarkentuvat tulevaisuudessa, kun käyttäjäperäistä dataa saadaan lisää. Lisäksi tuloksiin saattaa tulevaisuudessa vaikuttaa sähköautojen tekninen kehitys muun muassa lataustehon ja akkukapasiteetin osalta.

## 7.1 Aineiston esittely

Insinööriyötä varten työn tilannut yritys toimitti latauslaitteiden taustajärjestelmään tallentunutta tietoa latauspisteiden käytöstä. Taustajärjestelmä on yrityksen ylläpitämä. Excel-muodossa oleva datatiedosto pitää sisällään 143 389 eriteltyä lataustapahtumaa. Nämä tapahtumat ajoittuvat noin vuoden ajalle, aikavälille 8/2020–8/2021. Tiedostoon tallentuneet lataustapahtumat ovat laitteista, joiden taustajärjestelmä toimii OCPP 1.6-protokollan mukaisesti.

Tiedosto sisältää taustajärjestelmään tallentunutta tietoa sähköautojen lataamisesta sekä julkisista että yksityisessä käytössä olevista latauspisteistä. Tämän opinnäytetyön puitteissa keskityttiin kuitenkin tarkastelemaan ainoastaan kotilatausta. Huomioitavaa on, että omakotitaloihin asennetuista latauslaitteista ei pääsääntöisesti saada vastaavaa dataa, sillä niissä käytetyt latauslaitteet on vain harvoissa tapauksissa yhdistetty taustajärjestelmään.

Lataustapahtumasta järjestelmään kirjautuva tieto pitää sisällään seuraavia asioita:

- lataustapahtuman aloituksen päivämäärä sekä kellonaika
- lataustapahtuman lopetuksen päivämäärä sekä kellonaika
- latauslaitteet sijainti
- lataustapahtuman kesto
- ladatun sähköenergian määrä wattitunteina (Wh)
- latauslaitteeseen integroidun energiamittarin aloitus- ja lopetusluke-  
mat
- sähkönsyötön tyyppi eli onko kyseessä tasasähkö- tai vaihtosähkö-  
lataus (AC/DC)
- tiedon siitä onko latauslaite julkisessa vai yksityisessä käytössä
- tiedon siitä sijaitseeko latauspiste työpaikalla vai kotona.

## 7.2 Aineiston käsittely

Taustajärjestelmästä tallennettu data toimitettiin yhtenä Excel-tiedostona. Jokaisesta aloitetusta lataustapahtumasta oli kirjautunut taustajärjestelmään hyvin paljon erilaista tietoa. Ensin oli määritettävä työn kannalta oleelliset tietosarakkeet. Nämä olivat lataustapahtuman aloituksen sekä lopetuksen ajankohdat, ladattu energiamäärä, käyttäjäryhmä sekä latauspisteen sijainti.

Kun tarpeelliset tietosarakkeet saatiin määritettyä, tiedoston käsittely oli helppo aloittaa käyttämällä Excel-ohjelmiston suodattimia. Suodatus-toiminnon avulla voitiin rajata pois sellaiset lataustapahtumat, joita ei tämän insinööriyön puitteissa haluttu käsitellä. Ensin pois rajattavia lataustapahtumia olivat lähinnä julkisista DC-pikalatauspisteistä saadut tiedot, sillä näiden latauspisteiden käyttö poikkeaa merkittävästi kotilatauspisteiden käytöstä sekä tehosta. Jäljelle jääneet lataustapahtumat olivat siis kaikki vaihtovirtalatauslaitteista.

Tämän jälkeen datasta eroteltiin lataustapahtumat niiden sijainnin perusteella. Sijainnilla ei tässä tapauksessa kuitenkaan tarkoiteta kohteen osoitetta, vaan sijainti kertoo sen, sijaitseeko latauslaite kotona, työpaikalla tai onko kyseessä julkinen latauspiste. Latauslaitteiden tapahtumat olivat siis kolmeen eri kategoriaan niiden sijainnin perusteella ja datatiedostossa nämä kategoriat olivat nimetty seuraavalla tavalla: *home*, *office* sekä *public*. Suomenkieliset vastineet näille ovat koti, toimisto sekä julkiset latauspisteet. Näistä tarkasteltavaksi valittiin kotilatauspisteiden tapahtumat, sillä oletettavasti kotilatauspisteiden käyttöaste poikkeaa merkittävästi muista latauspisteistä.

Kun lataustapahtumista oli suodatettu pois julkisten latauspisteiden sekä työpaikoilla sijaitsevien latauslaitteiden tapahtumat, voitiin lataustapahtumien kestoa sekä ladattua energiamäärää tarkastella hieman tarkemmin. Lataustapahtumien joukossa oli paljon lyhyitä kestoiltaan noin minuutin mittaisia tapahtumia, joiden aikana sähköautoon ei latautunut energiaa. Epäkurantit, mutta taustajärjestelmään kirjautuneet lataustapahtuman liittyivät pääosin latauspisteiden käyttöön-ottoon ja sen aikana suoritettuihin laitetestauksiin tai vikatilanteisiin.

Lataustapahtumat, joissa energiaa ei siirtynyt auton akustoon, suodatettiin pois, jotta niiden lukumäärä ei vääristäisi tuloksia. Suodatus tapahtui jälleen hyödyn-  
tämällä sarakkeen numerosuodattimet työkalua, jolla voitiin suodattaa tulokset  
sitien, että ladattu energiamäärä on vähintään 1 wattitunti. Jäljelle jäi 16 865  
käyttökelpoista lataustapahtumaa. Näistä jäljelle jääneistä kotilataustapahtu-  
mista tehtyjä havaintoja esitetään luvussa 8.

## **8 Latausjärjestelmän sähkötekni- nen mitoitus**

Suunniteltaessa latausjärjestelmän toteutusta on järkevää kartoittaa asukkaiden  
tarve sähköauton latauspisteille. Lisäksi tulisi pyrkiä määrittämään millaista la-  
taustehoa tai toimintasädettä järjestelmän tulisi taata sen käyttäjille. Näiden tie-  
tojen pohjalta voidaan arvioida latausjärjestelmän kokonaistehontarvetta sekä  
määrittää halutun järjestelmän sähkötekni-  
set vaatimukset. Tietojen pohjalta voi-  
daan tarkastella esimerkiksi kiinteistön sähköliittymän vapaan kapasiteetin riittä-  
vyyttä. Lisäksi voidaan valita käytettävät latauslaitteet sekä määrittää dynaami-  
sen kuormanhallinnan tarve. Näiden selvitysten tueksi taloyhtiön on hyvä hank-  
kia tietoutta eri latausjärjestelmistä ja tarvittaessa teettää kohteeseen sähkötek-  
ninen kartoitus sähköalan asiantuntijalla.

Latausjärjestelmän suunnitteluun ei ole kaiken kattavia ohjeita, vaan usein jär-  
jestelmä suunnitellaan tapauskohtaisesti. Latausjärjestelmän suunnittelun tueksi  
voidaan hyödyntää tutkimustietoa ihmisten liikkumisesta ja autoilusta. Lisäksi  
suunnittelussa voidaan hyödyntää olemassa olevien latausjärjestelmien avulla  
kerättyä tietoa sähköautojen lataamisesta.

Haasteita taloyhtiöön rakennettavan latausjärjestelmän todellisen tehontarpeen  
määrittämisessä aiheuttaa se, että sähköautoja on toistaiseksi melko vähän.  
Käytännössä asuinkiinteistöjä, joissa olisi esimerkiksi 100 ladattavaa sähköau-  
toa, on hyvin vähän tai ei ollenkaan. Sähköautojen vähäisen määrän vuoksi jär-  
jestelmän todellisen tehontarpeen määrittäminen on vaikeaa ja latausjärjestel-  
män todellista tehontarvetta joudutaan arvioimaan yleisemmällä tasolla. Oman

haasteensa tehtävään aiheuttaa se, että sähköautot kehittyvät nopealla tahdilla ja esimerkiksi sähköautojen lataustehot muuttuvat.

## 8.1 Latauspisteen ja -järjestelmän teho

Kun taloyhtiössä on tehty selvitys siitä, millaista toimintasädettä latausjärjestelmän tulisi tarjota määrättyssä ajassa, voidaan laskea latauspisteen teho, jolla tavoitearvoon päästään. Yksittäisen latauspisteen teho voidaan laskea kaavalla:

$$P_{\text{latauspiste}} = \frac{0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \times S_{\text{toimintasäde}}}{t_{\text{latausaika}}} \quad (1)$$

$P_{\text{latauspiste}}$  on latauspisteen mitoitusteho

$S_{\text{toimintasäde}}$  on haluttu toimintasäde latauksen aikana (km)

$t_{\text{latausaika}}$  on keskimääräinen latausaika (h)

Kaavassa 1 sähköauton kulutukseksi sadalla kilometrillä on määritetty 20 kilowattituntia, eli 0,2 kWh/km. Tämä on keskiarvo, jota käytetään yleisesti latauspisteiden suunnittelussa. Kaavan avulla voidaan laskea myös vaadittava latausaika, mikäli latauspisteen mitoitusteho on ennalta määrätty. (Korhonen ym. 2019: 61.)

Kun yksittäisen latauspisteen teho on määritetty, voidaan seuraavalla kaavalla laskea pysäköintialueen kaikkien latauspisteiden yhteenlaskettu teho:

$$P_{\text{sähköautot}} = \frac{n_{\text{autot}} \times 0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \times S_{\text{toimintasäde}}}{t_{\text{latausaika}}} \quad (2)$$

$P_{\text{sähköautot}}$  on latausjärjestelmälle varattava kokonaisteho

$n_{\text{autot}}$  on kyseisen mitoituksen automäärä (kpl)

$S_{\text{toimintasäde}}$  on haluttu toimintasäde latauksen aikana (km)

$t_{\text{latausaika}}$  on keskimääräinen latausaika (h)

Kaavan 2 avulla voidaan määrittää latausjärjestelmän vaatima vähimmäisteho, jolla haluttu toimintasäde voidaan taata kaikille autoille. Laskentakaavassa ei kuitenkaan huomioida sitä, kuinka moni autoista on todellisuudessa kytkettynä lataukseen samanaikaisesti.

## 8.2 Latausjärjestelmän tasauserroin

Latausjärjestelmien suunnitteluun ei toistaiseksi ole selkeitä viitearvoja siitä, että kuinka suuri latausjärjestelmän käyttöaste keskimäärin on. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittamiseen vastaavia arvoja on olemassa ja niitä kutsutaan tasauskertoimiksi. Esimerkiksi pysäköintialueen autolämmityksen sähkönsyötön mitoittamiseen käytettävä tasauserroin on alimmillaan 0,2–0,5, eli oletuksena on, että 20–50 % autoista on kytkettynä lämmitykseen samanaikaisesti. (Korhonen ym. 2019: 57.)

Latausjärjestelmien suunnittelussa käytettävä tasauserroin on lähtökohtaisesti 1, mutta tästä voidaan poiketa käyttämällä dynaamista kuormanhallintaa. Todellista tilannetta kuvaavaa tasauserrointa latausjärjestelmille ei kuitenkaan ole määritetty. Sähköautojen latausta käsittelevässä ST-kortissa (ST 51.90. 2021: 6.) mainitaan tasauskertoimesta seuraavasti: ”SFS 6000-standardisarja ei anna ohjeita tasauskertoimen laskentaan, eikä alalle ole vielä syntynyt vakiintunutta käytäntöä”, tasauserroin tulee siis laskea tapauskohtaisesti, ottaen huomioon latausjärjestelmän ominaisuudet sekä rakennuksen sähkönjakelun riittävyys. Lisäksi tasauskertoimeen vaikuttaa oleellisesti ihmisten liikkumisen jakautuminen eri vuorokaudenajoille, sekä päivittäin tarvittavan latausenergian määrä. (ST 51.90. 2021: 7.)

## Keskimääräinen ajosuorite Suomessa

Liikenneviraston tutkimuksen mukaan Suomessa keskimääräinen vuotuinen ajosuorite on 15 400 kilometriä eli noin 42 kilometriä vuorokaudessa. Keskimääräisissä ajomatkoissa on kuitenkin alueellisia eroja ja pääkaupunkiseudun ulkopuolella keskimääräinen vuorokausittainen ajomatka on hieman pidempi. Edellä mainitun lisäksi on huomioitavaa, että työsuhdeautoilla ajetaan keskimäärin huomattavasti enemmän, noin 68 kilometriä vuorokaudessa, joka vastaa noin 25 000 kilometriä vuodessa. Näitä lukuja voidaan hyödyntää sähköautojen vuorokausittaista lataustarvetta määrittäessä. (Henkilöliikennetutkimus 2018.) Kuvassa 10 on liikenneviraston vuonna 2016 tehdyn henkilöliikennetutkimuksen mukaiset keskimääräiset vuosittaiset ajomäärät omalla- sekä työsuhdeautolla.

	oma auto	työsuhdeauto	kaikki
sisempi kaupunkialue	13 500	22 500	13 900
ulompi kaupunkialue	14 600	22 600	15 000
kaupungin kehysalue	16 800	29 200	17 300
maaseudun paikalliskeskukset	14 600	24 900	14 900
kaupungin läheinen maaseutu	16 300	32 700	17 000
ydinmaaseutu	15 400	27 100	15 800
harvaan asuttu maaseutu	15 500	23 500	15 700
<b>koko maa</b>	<b>15 000</b>	<b>25 000</b>	<b>15 400</b>

Kuva 10. Keskimääräiset vuosittaiset ajomäärät Suomessa (Henkilöliikennetutkimus 2018).

Kuten luvussa 8.1 on mainittu, sähköautot kuluttavat keskimäärin 20 Wh/km.

Näin ollen päivittäinen energiantarve voidaan laskea kaavalla:

$$P_{\text{latausenergia}} = S_{\text{toimintasäde}} \times 0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \quad (3)$$

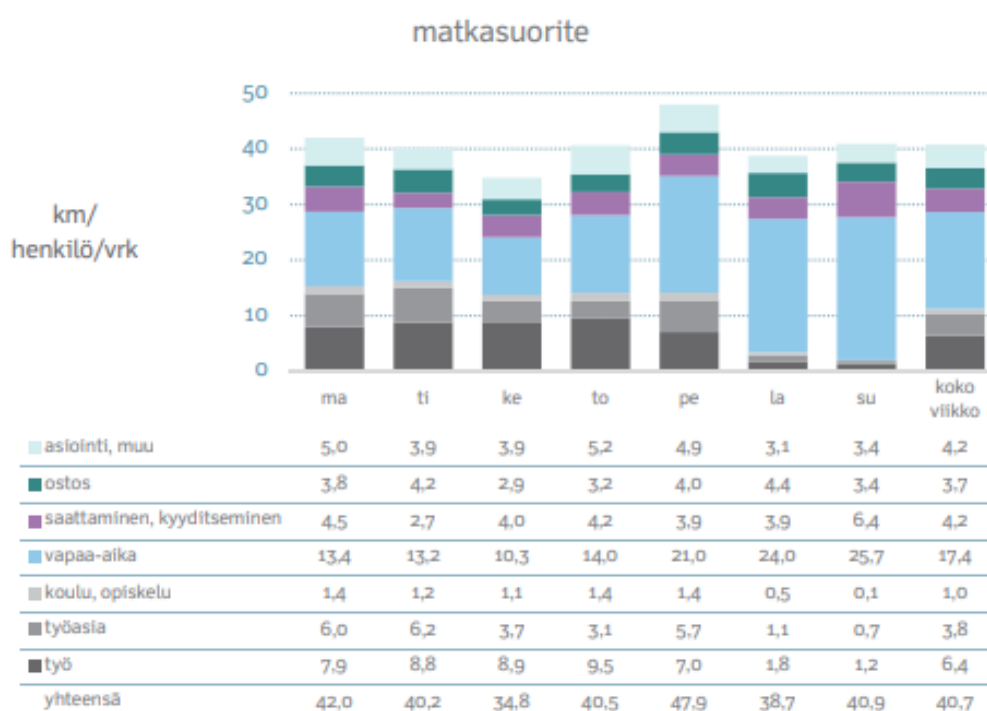
$P_{\text{latausenergia}}$  on päivittäiseen ajosuoritteeseen tarvittava sähköenergian määrä (kWh)

$S_{\text{toimintasäde}}$  on haluttu päivittäinen toimintasäde

Kaavan 3 avulla laskettuna keskimääräinen 42 kilometrin päivittäinen ajosuorite vaatii 8,4 kWh:a sähköenergiaa. Keskimäärisellä työsuhdeautoilijalla vastaava luku on 13,6 kWh:a. Oletettavasti luvuissa esiintyy kuitenkin vaihtelua, johon vaikuttaa muun muassa asuinpaikkakunta, ammatti ja vastaavat tekijät.

Ihmisten liikkumisen jakautuminen eri viikonpäivien välillä

Sähköauton latausjärjestelmän mitoitusta ajatellen ajokilometrien jakautuminen eri viikonpäiville on kiinnostava tieto. Tutkimusten mukaan ihmisten matkasuoritteessa ei kuitenkaan ole merkittävää eroa eri viikonpäivien välillä. Vapaa-aikaan liittyvä liikkuminen sen sijaan korostuu viikonloppuisin. Kuvassa 11 esitetään ihmisten liikkumisen jakautuminen eri viikonpäiville.



Kuva 11. Liikkumisen jakautuminen eri viikonpäivien välillä (Henkilöliikennetutkimus 2018).

Matkasuoritteita tarkasteltaessa on huomioitava se, että ihmiset käyttävät liikkumiseen auton lisäksi muitakin menetelmiä, kuten julkista liikennettä, pyöräilyä ja



kävelyä. Autoilevat ihmiset liikkuvat vuorokaudessa keskiarvoa enemmän, keskimäärin 51,8 kilometriä vuorokaudessa. (Henkilöliikennetutkimus 2018.)

Lataamisen ajankohdat eri vuorokaudenaikoina

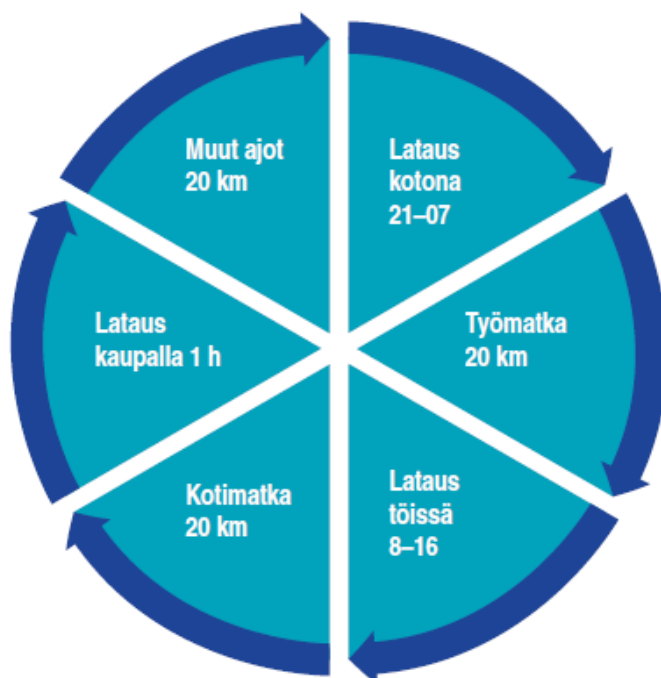
Kiinteistön sähköjärjestelmän kuormitusta ajatellen on merkittävää, kuinka sähköautojen lataaminen jakautuu vuorokauden ajalle. Vuorokausijakauma vaikuttaa oleellisesti myös tasauskertoimen laskemiseen. Lataamisen jakautumista vuorokauden ajalle tutkittiin työn tilaajan toimittaman materiaalin pohjalta. Materiaalista oli eroteltavissa kotona tapahtuneista lataustapahtumista tallentuneet kellonajat. Näin ollen materiaalista saatiin määritettyä se, mihin vuorokaudenaikoihin sähköautot keskimääräisesti kytketään lataukseen. Arvoja ei ole eroteltu viikonpäivien mukaan, vaan ne pitävät sisällään sekä arkipäivät että viikonloput. Kuvassa 12 esitetään keskimääräiset lataustapahtumien aloittamisajankohdat vuorokauden ajalla.



Kuva 12. Lataustapahtumien aloittamisajankohdat.

Kuvasta voidaan havaita, että sähköautot kytketään lataukseen useimmiten ilta-päivisin. Myöhään illalla sekä aamuyöstä sähköautoja kytketään lataukseen vain hyvin vähän. Aktiivisin tunti vuorokaudessa on kello 17–18, jonka aikana lataustapahtumista aloitettiin 10,61 prosenttia. Kuvaajasta voidaan määrittää suuntaa antava latausjärjestelmän käyttöaste, eli se kuinka monta sähköautoa latausjärjestelmään on kytketty eri vuorokaudenaikoina. Käyttöasteen ohella sähköteknisen mitoituksen tasauserroin riippuu kuitenkin myös käytettävissä olevasta lataustehosta sekä sähköautojen kyvystä vastaanottaa lataustehoa. Lisäksi tulee huomioida se, että viikonpäivien välillä on todennäköisesti eroja, sillä ihmisten liikkuminen vapaa-ajalla on vaihtelevampaa. (Henkilöliikennetutkimus 2018).

Sähköautoilua ajatellen on syytä ottaa huomioon, että kaikki lataaminen ei välttämättä tapahdu kotona. Vaikka sähköauton lataaminen kotona on usein edullisin vaihtoehto, saatetaan autoa ladata esimerkiksi kauppareissulla tai töissä. Kuvassa 13 on esimerkki siitä, miten päivän ajosuoritteet ja lataus jakautuvat vuorokauden ajalle.



Kuva 13. Esimerkki ajamisen sekä latauksen jakautumisesta vuorokauden ajalle (Korhonen ym. 2019: 57).

Kuten yllä olevasta kuvasta voidaan havaita, sähköauton lataamiseen käytettävissä oleva aika saattaa vaihdella paljon. Tämä asettaa latausteholle erilaisia vaateita, sillä käytettäessä pienintä mahdollista lataustehoa (1,4 kW) ei lyhyen kaupassa asioinnin aikana saa akkua ladattua lähes lainkaan. Sen sijaan kotilatauksessa 1,4 kilowatin teholla olisi 10 tunnin aikana akkuun ladattu energiamäärä 14 kilowattituntia, joka riittäisi useimmille työmatkan suorittamiseen. (Korhonen ym. 2019: 56 & 57.)

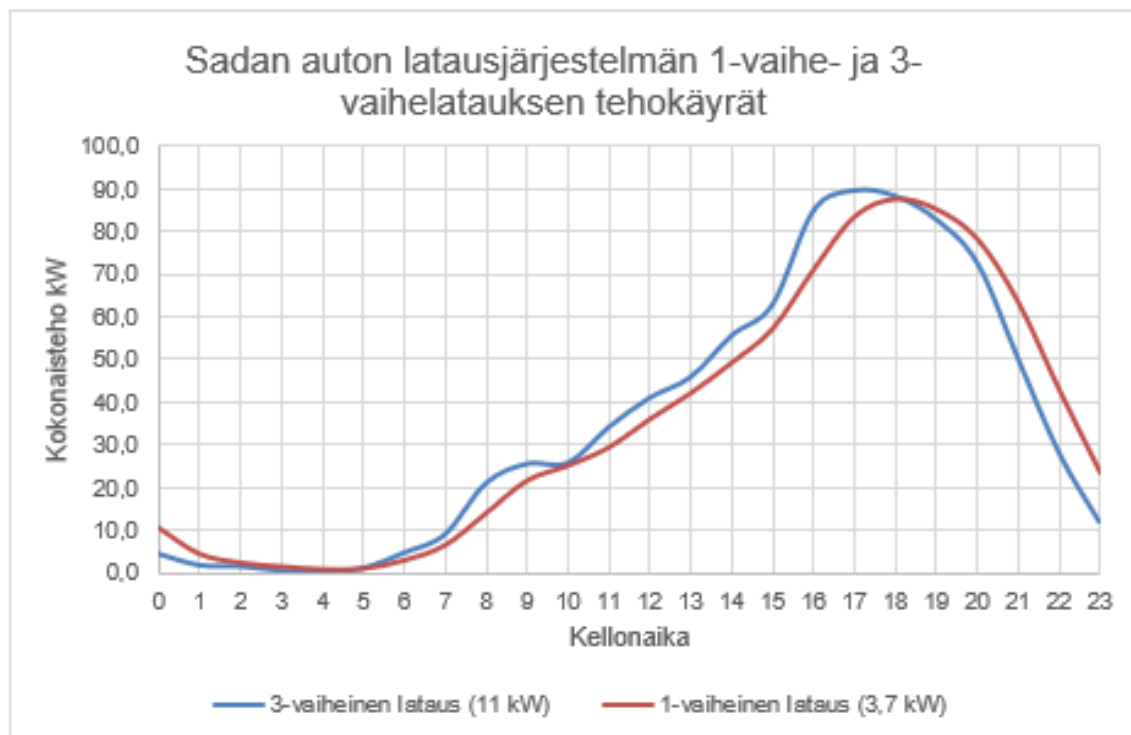
### 8.3 Teholaskelma

Esimerkki sadan sähköauton pysäköintialueen käyttöasteesta

Yleisesti käytössä olevalla kolmivaiheisella 11 kW:n latausteholla saadaan keskimääräinen kotilataustapahtuman energiamäärä (8,4 kWh) ladattua noin 45 minuutissa. Luvussa 8.3 esitetyn kuvaajan perusteella oletetaan, että sadan auton pysäköintialueella olisi vilkkaimpien tuntien aikana samanaikaisesti latauksessa keskimäärin 8 autoa. Näin ollen järjestelmän suurin teho olisi keskiarvojen mukaisesti laskettuna noin 88 kW. Vastaavasti käytettäessä yksivaiheista 3,7 kW:n tehoista latausta saadaan päivittäinen 8,4 kWh:n energiamäärä ladattua reilussa kahdessa tunnissa. Tällöin samanaikaisesti lataukseen kytkettyjä autoja olisi 23–24 kappaletta ja järjestelmän vaatima kokonaisteho olisi myös noin 88 kW.

Yksivaiheisessa latausjärjestelmässä ladattavat autot jakautuvat kuitenkin kolmelle eri vaiheelle ja mikäli latauspisteiden kytkennässä on käytetty vaihekiertoa, jakautuu tehokin melko tasaisesti eri vaiheiden välille. Vaihekierrolla tarkoitetaan 3-vaiheisen sähköjärjestelmän eri vaiheiden vuorottelua latauspisteiden kytkennässä, eli esimerkiksi ensimmäinen latauspiste kytketään vaiheeseen L1 ja tästä seuraava vaiheeseen L2 ja kolmas vaiheeseen L3. (ST 51.90. 2021: 6.) Näin ollen järjestelmän vaatima kokonaisteho on lähes sama, mutta järjestelmän huipputehon ajankohta siirtyy hieman myöhempään iltaan. Kuvassa 14 esitetään sadan auton latausjärjestelmän yksivaiheisen latauksen (3,7 kW) ja kol-

mivaiheisen latauksen (11 kW) tehokäyrät, jotka perustuvat keskimääräisiin latauksen aloitusajankohtiin ja keskimääräiseen päivittäiseen ajosuoritteeseen vaadittavaan energiamäärään.



Kuva 14. Yksivaihe- ja kolmivaihelatausjärjestelmän keskiarvoihin perustuvat tehokäyrät sadan auton latausjärjestelmässä.

Latausjärjestelmän sähkötekniisessä mitoituksessa tulisi tehontarvetta määritettäessä kuitenkin ottaa huomioon se, että poikkeamia suhteessa keskiarvoihin ilmaantuu. Lataajia saattaa olla hetkellisesti huomattavasti keskiarvoa enemmän. Tästä aiheutuva sähköjärjestelmän mahdollinen ylikuormitus voidaan kuitenkin ehkäistä käyttämällä riittävää kuormanhallintajärjestelmää, jonka avulla latausta edeltävä sähkönjakelu turvataan. Käytettäessä älykästä kuormanhallintaa voidaan sähköliittymän vapaan kapasiteetin loppuessa osa latauksista keskeyttää ja näin vapauttaa sähkökapasiteettia kiinteistön muihin tarpeisiin. Toisaalta tilannetta, jossa esimerkiksi sadan auton pysäköintialueen kaikki autot olisivat latautumassa yhtäaikaisesti, ei voi pitää realistisena.

## Esimerkki latausjärjestelmän sähköjakelun mitoituksesta

Esimerkiksi taloyhtiössä, jossa on 100 autopaikkaa ja haluttu latausteho on 11 kilowattia eli 3 x 16 ampeeria per latauspiste, tarkoittaisi tasauskerroin 1 sitä, että latausjärjestelmää suunniteltaessa tulisi sille varata sähköliittymästä vapaata kapasiteettia 1108,5 kilowattia eli 3 x 1600 ampeeria. Käytännössä näin suuren tehon varaaminen sähköautojen lataamiseen aiheuttaisi mittavat investointikustannukset sähköjärjestelmään ja todennäköisesti näin suuri sähköliittymä olisi ylimitoitettu.

Vastaavasti hyödyntämällä dynaamista kuormanhallintaa latauspisteiden teho voidaan asettaa säätymään esimerkiksi välille 4,2–11 kilowattia, riippuen lataajien määrästä tai sähköliittymän kuormituksesta. Tällöin tasauskertoimena voidaan käyttää pienempää lukua esimerkiksi 0,37. Tällaisessa skenaariossa sähköliittymästä voitaisiin varata latausjärjestelmälle 410 kilowattia eli 3 x 592 ampeeria. Tämä teho riittäisi 4,2 kilowatin latausteholla 97 autolle ja täydellä 11 kilowatin latausteholla 37 autolle. Kappaleessa 8.1 esitetyn jakauman perusteella tällaista mitoitusta voitaisiin pitää riittävänä. Lisäksi tilannetta, jossa latauksessa olisi yhtäaikaaisesti 97 autoa, ei voida tilastojen valossa pitää realistisena. Mikäli kuormanhallinnassa on ominaisuus, jolla turvataan edeltävä sähköjakelu esimerkiksi autojen latauksen vuorottelulla, voidaan latausjärjestelmän sähkönsyöttö mitoittaa vielä edellä mainittuakin pienemmäksi.

## 9 Yhteenveto

Insinööriyössä kerättiin yhteen tietoa sähköautoista ja niiden latauksesta. Materiaalia kerättiin erilaisista lähteistä, niin verkkosivuilta, artikkeleista kuin myös sähköalan kirjallisuudesta. Insinööriyön raporttiin saatiin muodostettua tiivis tietopaketti, josta löytyy tietoa muun muassa sähköautojen ominaisuuksista, tulevaisuuden näkymistä, latausjärjestelmän hankinnasta taloyhtiöön sekä latausjärjestelmien ominaisuuksista. Lisäksi työssä tutkittiin ihmisten liikkumista ja autoilua. Selvitystyötä varten työn tilannut yritys toimitti olemassa olevista lataus-

pisteitä peräisin olevaa käyttäjädataa. Lisäksi selvitystyössä hyödynnettiin ihmisten liikkumistottumuksiin ja autoiluun liittyviä tutkimuksia. Näiden lähteiden avulla saatiin muodostettua selkeä kuva siitä, että miten ja milloin ihmiset lataavat sähköautojaan.

Sähkökäyttöiset ajoneuvot tulevat epäilemättä olemaan merkittävässä roolissa pyrittäessä vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä liikkumisessa. Liikenteen energiankulutus on kokonaisuudessaan kuitenkin niin merkittävä, ettei ratkaisuna voida pitää ainoastaan sähkötoimisiin, ladattaviin ajoneuvoihin siirtymistä. Tämän johdosta vaihtoehtoisten polttoaineiden, kuten nestemäisten biopolttoaineiden, biokaasun ja vihreä vedyn, käyttö tulevat yhdessä sähköautojen kanssa olemaan merkittävässä roolissa liikenteen päästövähennyksiä tavoiteltaessa. Henkilöautoliikennettä ajatellen sähkökäyttöiset ajoneuvot ovat toimiva ja tehokas ratkaisu liikenteen päästöjen vähentämiseen.

Insinööriyölle asetetut tavoitteet täyttyivät, sillä siinä saatiin kerättyä yhteen arvokasta tietoa latausjärjestelmien toteutuksesta ja sähköteknisestä mitoituksista. Lisäksi työn avulla saatiin latauspalveluita tarjoavassa yrityksessä lisättyä ymmärrystä siitä, että kuinka lataustapahtumat jakautuvat vuorokauden ajalle ja millainen on latausjärjestelmän tehontarve asuinkiinteistöissä. Insinööriyöstä tulee olemaan apua latausjärjestelmien mitoituksessa varsinkin, kun selvät mitoitusmallit ovat vielä kehitteillä.

## 10 Pohdinta

Se kuinka merkittävässä roolissa sähköautot ovat henkilöliikenteen tulevaisuudessa, jää nähtäväksi. Akkutoimisten autojen rinnalla nähdään tulevaisuudessa luultavasti myös muita ratkaisuja. Esimerkiksi vedyllä toimivia polttokennoautoja suunnitellaan, mutta lähitulevaisuutta ajatellen siirtyminen sähköön näyttää vääjäämättömältä. Autojen käyttövoimamurrosta ohjaa useat eri tekijät. Poliittiset päätökset ovat yksi merkittävimmistä asioista tätä ajatellen, ja näyttää vahvasti siltä, että fossiilisten polttoaineiden hinnat tulevat nousemaan kasvavien tuotantokustannusten sekä kiristyvän verotuksen seurauksena. Henkilötasolla auton

käyttövoiman valintaan vaikuttaa oleellisesti autoilun kustannukset. Polttomootoriautoja suositaan niin kauan, kunnes sähköautoilu on kokonaisuudessaan halvempaa. Lisääntynyt ymmärrys omien kulutustottumuksien vaikutuksesta ympäristöön ja ilmastoon vaikuttaa osaltaan auton käyttövoiman valintaan, mutta silti valtaväestön toimintaa ohjaa lopulta autoilun kokonaiskustannukset sekä käytännöllisyys.

Sähköautojen latausta ajatellen tehtävää on vielä paljon. Kaiken kattavia ohjeita latausjärjestelmän toteuttamiselle ei vielä ole, minkä lisäksi ei ole varmaa mihin suuntaan autoissa käytettävä tekniikka on kehittymässä. Suositaanko tulevissa automalleissa korkeita vaihtovirtalataustehoja vai painottuuko lataaminen tasasähköllä tapahtuvaan pikalataamiseen? Millainen on todellinen sähköautoilijan lataustarve ja kuinka kattava latausverkon tarvitsee olla, jotta se riittää kaikkien tarpeisiin? Riittääkö valtaväylien varrella olevien pikalatauspisteiden määrä ja teho myös juhlapyhien ruuhkahuippuina? Näihin kysymyksiin saamme varmasti vastauksia lähivuosina, kun sähköautoilu lisääntyy ja ymmärrys liikenteen sähköistymisen vaikutuksista kasvaa.

Osaltaan myös työelämän murros vaikuttaa ihmisten liikkumiseen. Etätyötä tekee yhä useampi, joten oletettavasti päivittäisen autoilun tarve vähenee. Lisäksi työtä tehdään vapaammin eri vuorokaudenaikoina, jolloin ihmisten liikkuminen poikkeaa aiemmasta. Toisaalta etätyötä tekevät ihmiset saattavat muuttaa kauemmas työpaikalta, jolloin ajomatkat työpaikalle sekä palveluiden äärelle pitenevät.

Epäilemättä myös autoteollisuudella on omat intressinsä käyttövoimien muutoksessa. Muutos luo mahdollisuuden uudistaa autokantaa kokonaisvaltaisesti ja lisätä autojen myyntiä. Toisaalta käyttövoimien mittava murros on tarjonnut uusille toimijoille mahdollisuuksia ponnistaa suoraan sähköautomarkkinoille ja erottua edukseen. Näin voidaan ajatella käyneen esimerkiksi Teslalle, joka eräänlaisena suunnannäyttäjänä vakiinnutti asemansa sähköautomarkkinoilla, perinteisten ja suurten autovalmistajien rinnalla.

## Lähteet

Aja vaihtoehtoa. 2021. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/aja-vaihtoehtoa>>. Luettu 15.1.2022.

Ajoneuvokannan tilastot. 2018. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/tilastot/ajoneuvokannan-tilastot>>. Päivitetty 15.2.2022. Luettu 17.2.2022.

Asunto-osakeyhtiölaki. 2009. 22.12.2009/1599.

Implementation Guide. 2020. Tuotevalmistajan ohje. Alfen Smart Charging. <<https://alfen.com/ev-charging-stations/smart-charging-network>>.

Autoalan käyttövoimaennusteet. 2022. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. <[https://www.aut.fi/files/2551/Kayttovoimaennusteet\\_17\\_02\\_2022.pdf](https://www.aut.fi/files/2551/Kayttovoimaennusteet_17_02_2022.pdf)>. Luettu 20.2.2022.

Autokannan käyttövoimamurros kiihtyy. 2022. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. [https://www.aut.fi/ajankohtaista/tiedotteet/autokannan\\_kayttovoimamurros\\_kiihtyy.3276.news](https://www.aut.fi/ajankohtaista/tiedotteet/autokannan_kayttovoimamurros_kiihtyy.3276.news). Luettu 20.2.2022.

Charging Point Connector Types. 2019. Verkkoaineisto. Electric car home. <<https://electriccarhome.co.uk/charging-points/charging-point-connector-types/>>. Kuva haettu 15.2.2022.

Energian hinnat. 2021. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <[https://www.stat.fi/til/ehi/2021/03/ehi\\_2021\\_03\\_2021-12-09\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/ehi/2021/03/ehi_2021_03_2021-12-09_tie_001_fi.html)>. Luettu 17.2.2022.

Energiatehokkuutta sähköllä. 2021. Verkkoaineisto. STEK ry. <<https://stek.fi/energiatehokkuutta-sahkolla/sahkoautoilu>>. Luettu 5.1.2022.

Ensirekisteröityjen henkilöautojen käyttövoimatilastot. 2022. Verkkoaineisto. Autoalan tiedotuskeskus. <[https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/ensirekisteroinnit\\_kayttovoimittain/henkiloautojen\\_kayttovoimatilastot](https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/ensirekisteroinnit_kayttovoimittain/henkiloautojen_kayttovoimatilastot)>. Luettu 28.2.2022.

Ev winter range test. 2020. Verkkoaineisto. Norges Automobil-Forbund. <<https://www.naf.no/elbil/aktuelt/elbiltest/ev-winter-range-test-2020/>>. Luettu 22.2.2022.

Fossiilittoman liikenteen tiekartta. 2021. Valtionneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintäministeriö. <<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-588-0>>. Luettu 12.1.2022.



Hae sähköauton hankintatukea 1.1.2022 alkaen. 2022. Verkkoaineisto. Traficom. <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-sahkoauton-hankintatukea-112022-alkaen>. Luettu 15.2.2022.

HE 176/2021 vp. 2021. Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi autoverolain 10§:n ja liitteen sekä ajoneuvoverolain 10§:n muuttamisesta.

Heima, Timo-Pekka. 2021. Uusien polttomoottoriautojen myynnin loppu lähes-tyy. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/uutiset/3-12014259>>. Luettu 23.2.2022.

Henkilöautokanta. 2022. Verkkoaineisto. Traficom. <https://www.liikenne-fakta.fi/fi/ymparisto/henkiloautot/henkiloautokanta>. Luettu 5.2.2022.

Henkilöliikennetutkimus 2016. 2018. Suomalaisten liikkuminen. Verkkoaineisto. Liikennevirasto, Helsinki. < [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lti\\_2018-01\\_henkiloliikennetutkimus\\_2016\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lti_2018-01_henkiloliikennetutkimus_2016_web.pdf)>. Luettu 22.12.2022.

How aerodynamics influence an electric car's range. 2019. Verkkoaineisto. Audi. < <https://www.audi.com/en/innovation/e-mobility/e-tron-aerodynamic.html>>. Luettu 17.12.2021.

Hyundai Motor Group to Invest \$7.4 Billion In the U.S. by 2025. 2021. Verkkoaineisto. Hyundai. < <https://www.hyundainews.com/en-us/releases/3318>>. Luettu 24.2.2022.

Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon. 2016. Verkkoaineisto. Motiva. < [https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/liikenne/kiinteistojen\\_latauspisteet\\_kuntoon.10750.shtml](https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/liikenne/kiinteistojen_latauspisteet_kuntoon.10750.shtml)>. Päivitetty 5.11.2018. Luettu 3.2.2022.

Korhonen, Eero; Linja-Aho, Vesa; Mäkinen, Jukka & Orrberg, Matti. 2019. ST-Käsikirja 41. Tampere: Grano Oy.

Korona jarrutti Euroopan automarkkinaa vuonna 2021. 2022. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. < [https://www.aut.fi/ajankohtaista/uutiset/korona\\_jarrutti\\_euroopan\\_automarkkinaa\\_vuonna\\_2021.3251.news](https://www.aut.fi/ajankohtaista/uutiset/korona_jarrutti_euroopan_automarkkinaa_vuonna_2021.3251.news)>. Luettu 20.1.2022.

Ladattavien autojen käyttäjätutkimus. 2020. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. <[https://www.aut.fi/files/2116/Ladattavien\\_autojen\\_tutkimusraportti\\_liitteinen.pdf](https://www.aut.fi/files/2116/Ladattavien_autojen_tutkimusraportti_liitteinen.pdf)>. Luettu 4.2.2022.

Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. 2020. 29.10.2020/733.

Latauskartta.fi. 2022. Verkkoaineisto. Sähköautoilijat ry. <https://latauskartta.fi/>. Viitattu 27.2.2022.

Liedes, R. Harsia, P. Honkaharju, S. Heinola, M. Ruostetsaari, I. Karppinen, T. Honkala, A. Sirviö, A. Valli, M. Pehkonen, E. Ellmen, R. 2021. St-Esimerkit 13. Sähkötieto ry. Grano: Espoo.

Motavalli, Jim. 2021. Every Automaker's EV Plans Trough 2035 And Beyond. Verkkoaineisto. Forbes. < <https://www.forbes.com/wheels/news/automaker-ev-plans/>>. Luettu 7.1.2022.

Niemi, Seppo. 2019. Lataa sähköautosi turvallisesti. Verkkoaineisto. Tukes. < <https://tukes.fi/-/lataa-sahkoautosi-turvallisesti#ece2342f>>. Kuva haettu 26.12.2022.

Paakkinen, Marko. 2021. Sähköautobuumista uusi talouden kivijalka Suomelle. Verkkoaineisto. VTT. < <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/sahko-autobuumista-uusi-talouden-kivijalka-suomelle>>. Luettu 3.1.2022.

Paakkinen, M. Pihlatie, M. Peltola, V. Pylsy, P. 2021. Sähköautojen kotilataaminen. Väiliraportti. VTT. Saatavilla osoitteesta <<https://cris.vtt.fi>>. Luettu 1.2.2022.

Pihlatie, M., Paakkinen, M., Laurikko, J., Laurikkala, M., Ylen, P., Peltola, V. & Pylsy, P. 2019. Sähkö- ja kaasuautojen edistämiskeinot. Loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta.

SFS 6000-5-52. Pienjännitesähköasennukset. 2017. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Suomen standardoimisliitto.

SFS 6000-7-722. Pienjännitesähköasennukset. 2017. Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Sherman, Don. 2014. Drag Queens. Verkkoaineisto. Tesla, Inc. < [https://www.tesla.com/sites/default/files/blog\\_attachments/the-slipperiest-car-on-the-road.pdf](https://www.tesla.com/sites/default/files/blog_attachments/the-slipperiest-car-on-the-road.pdf)>. Luettu 16.12.2021.

SLO. 2021. Verkkoaineisto. <<https://ideat.slo.fi/tayssahko-ja-hybridiautojen-latausperiaatteet/>>. Haettu 12.1.2022.

ST 51.90. 2021. Sähköautojen lataaminen ja latauspisteiden toteutus. Sähkötieto ry. <[severi.sahkoinfo.fi](https://severi.sahkoinfo.fi)>.

Sähköajoneuvojen lataussuositus. 2021. SESKO ry. 5. painos. Helsinki.

Sähköautojen latauspisteitä pyritään rakentamaan yhä vilkkaammin. 2021. Verkkoaineisto. Kiinteistöliitto. <<https://www.kiinteistoliitto.fi/uutiset/nayta/?id=11450>>. Luettu 4.1.2022.

Sähköautojen määrän kehitys. 2022. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. <[https://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/sahkoautojen\\_maaran\\_kehitys](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys)>. Luettu 6.1.2022.

Sähköauton akku ja lataaminen. 2022. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/koti-ja-vapaa-aika/kodin-tekniikka-ja-sahko/sahkoauton-akku-ja-lataaminen#ece2342f>>. Luettu 25.2.2022.

Sähköauton ostajan ABC. 2017. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/files/12738/Sahkoauton\\_ostajan\\_ABC.pdf](https://www.motiva.fi/files/12738/Sahkoauton_ostajan_ABC.pdf)>. Luettu 20.2.2022.

Sähköautot. 2021. Motiva Oy. Verkkoaineisto. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot)>. Luettu 14.1.2022.

Taloyhtiöiden päätöksentekoa sähköautojen latauspisteiden rakentamisessa helpotettava. 2018. Verkkoaineisto. Kiinteistöliitto. <<https://www.kiinteistöliitto.fi/uutiset/nayta/?id=4879>>. Luettu 26.2.2022.

Taloyhtiön latausjärjestelmä on investointi tulevaisuuteen. 2018. Verkkoaineisto. Teknologiateollisuus. Sähköinen liikenne. <<https://emobility.teknologiateollisuus.fi/fi/taloyhtion-latausjarjestelma-investointi-tulevaisuuteen>>. Luettu 4.1.2022.

Tesla. 2022. Sähköauton komponentit. Verkkoaineisto. Tesla. <[https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/fi\\_fi/GUID-8FA15856-1720-440F-838B-ACFBA8D7D608.html](https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/fi_fi/GUID-8FA15856-1720-440F-838B-ACFBA8D7D608.html)>. Luettu 7.1.2022.

The Exquisite Combination: The aerodynamic design of IONIQ 5. 2021. Verkkoaineisto. Hyundai Motor Company. <<https://news.hyundaimotorgroup.com/Article/The-Exquisite-Combination-The-aerodynamic-design-of-IONIQ-5>>. Luettu 24.2.2022.

Toyota Charges into Electrified Future in the U.S. with 10-year, \$3.4 billion Investment. 2021. Verkkoaineisto. Toyota. <<https://global.toyota/en/newsroom/corporate/36193702.html>>. Luettu 24.2.2022.

Täyssähköauto. 2021. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/autotyypit/tays-sahkoauto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/autotyypit/tays-sahkoauto)>. Luettu 14.1.2022.

WLTP-päästömittaus. 2019. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/wltp-paastomittaus>>. Luettu 4.1.2022.

WLTP-mittaustapa. 2022. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. <  
[https://www.aut.fi/ymparisto/autojen\\_paastot\\_ja\\_niiden\\_mittaus/pakokaasu-paastojen\\_mittaus/wltp-mittaustapa](https://www.aut.fi/ymparisto/autojen_paastot_ja_niiden_mittaus/pakokaasu-paastojen_mittaus/wltp-mittaustapa)>. Luettu 26.2.2022.

Zhao, Jinxing. 2017. Research and application of over-expansion cycle (Atkinson and Miller) engines - A review. Applied Energy, Elsevier, vol. 185 (P1).