



Joonas Kuula

Sähköauton pikalatausvaihtoehdot omakotitalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

27.8.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Joonas Kuula
Otsikko: Sähköauton pikalatausvaihtoehdot omakotitalossa
Sivumäärä: 35 sivua
Aika: 27.8.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Autosähkötekniikka
Ohjaajat: Lehtori Sanna Heikkinen

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, millaisia muutostöitä joudutaan tekemään vanhempaan omakotitalokiinteistöön, kun lähdetään asentamaan sähköauton pikalatausasemaa. Työ toteutettiin omana suunnittelutyönä.

Opinnäytetyössä käydään läpi sähköajoneuvoihin liittyviä termejä sekä sähköajoneuvonlataustapahtumiin ja tapoihin. Sähköasennusten suojaukseen liittyvät perusteet käydään myös läpi ja mainitaan niihin käyttävät standardit. Työssä otetaan myös kantaa avustuksiin sekä kuormanhallintaan.

Työn loppupuolella esitetään muutama suunnitelma sähköajoneuvon latausaseman asentamisesta ja niiden muutostöistä. Opinnäytetyössä on mitoitettu pääsulakkeet ja liittymisjohto sekä perehdytty asennuspuolen johtimien mitoittamiseen.

Avainsanat: pikalataus, sähköajoneuvot, omakotitalo

Abstract

Author: Joonas Kuula
Title: Electric Vehicle DC -Charging Options in Family Houses
Number of Pages: 35 pages
Date: 27 August 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Automotive Engineering
Professional Major: Automotive Electronics Engineering
Instructors: Sanna Heikkinen, Senior Lecturer

The purpose of this thesis was to examine what possible electrical work is required, when installing electric car DC -chargers in an older family house. The thesis was carried out as design work.

First the essential vocabulary and concepts related to electric vehicles and electric vehicle charging are introduced. The standards and basic protection related to electrical design and installing in family houses are reviewed and discussed. Financial contribution by the Finnish government is also discussed as well as load management.

Finally, the thesis introduces possible plans for installing a charging station of an electric vehicle in a family house.

Keywords: DC -charging, electric vehicles, family house

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suojauksen perusteet	2
3	Lataustavat	4
3.1	Sähköautoihin liittyvää sanastoa	4
3.2	Lataustavat	4
3.3	Lataustapahtuma ja niiden eroavaisuudet	5
4	Kuorman hallinta ja älykäs lataus	11
4.1	Staatinen kuormanhallinta	11
4.2	Dynaaminen kuormanhallinta	12
5	Avustukset	14
5.1	E-luku	14
5.2	Taloyhtiöt	15
5.3	Henkilöasiakkaat	17
5.4	Sähköautojen latausinfra-avustus	18
6	Kohteen esittely	20
6.1	Lähtötietojen selvitys	20
6.2	Suunnitelma 1	23
6.3	Suunnitelma 2	27
6.4	Suunnitelma 3	30
7	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

Lyhenteet

AC: Alternating current. Vaihtovirta eli virta, jonka napaisuus muuttuu ajan funktiona.

DC: Direct current. Tasavirta eli virta, jonka napaisuus ei muutu.

EV: Electric vehicle. Sähköauto eli auto, jossa on useampi voimanlähde ja siihen voidaan varastoida energiaa ulkopuolisesta lähteestä.

PHEV: Plug-in hybrid vehicle. Lataushybridi eli auto, jossa on useampi voimanlähde sekä voidaan ladata sähköverkosta.

RFID: Radio frequency identification. Radiotaajuinen etätunnistin.

BEV: Battery Energy Vehicle. Täyssähköauto eli auto, jossa on ainoastaan sähkömoottoreita.

CHAdeMO: CHArge de MOve. Pikalatausstandardi.

CHV: Conventional hybrid vehicle. Ei-ladattava hybridi eli auto, jota ei voi ladata ulkopuolisesta lähteestä.

1 Johdanto

Sähköajoneuvojen määrä on kasvanut suuresti viime vuosien aikana. Tästä syystä on tärkeää ymmärtää, kuinka voidaan energiatehokkaasti ja turvallisesti sähköajoneuvoja ladata. Perehdytään siis erilaisiin sähköajoneuvojen latauspoihin sekä siihen, millaisia asioita tulee ottaa huomioon sähkösuunnitelmia tehdessä.

Valtio ohjaa Suomea kohti hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä. Valtion virasto ARA eli asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus tukee sähköautojen latauspisteiden rakentamista sekä energiatehokkuutta kasvattavia toimenpiteitä asuinkiinteistöissä rahallisesti. Työssä esitellään myös erilaisia toimenpiteitä, joihin saa rahallista avustusta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, millaisia muutostöitä joudutaan tekemään vanhempaan omakotitalokiinteistöön, kun lähdetään asentamaan sähköauton pikalatausasemaa. Opinnäytetyön lopuksi tuotettiin kolme erilaista suunnitelmaa, jossa käytiin läpi muutostyöt erilaisia latausasemille. Opinnäytetyössä ei käsitellä induktiivista latausta.

2 Suojauksen perusteet

Perussuojaus

Perussuojauksella tarkoitetaan sellaista suojausta, jolla estetään tahaton koskeminen jännitteellisiin osiin. Yksi tapa on eristää jännitteiset osat sekä johtimet, jolloin ei ole mahdollista saada sähköiskua. Vaihtoehtoisesti jännitteiset osat koteloidaan. Kotelointiluokkia on monia ja luokat on jaoteltu käyttökohteen mukaan. Tahattoman kosketuksen estäminen on mahdollista joko sulkemalla jännitteiset osat sähkötiloihin, joihin on pääsy vain alan ammattilaisilla, tai sijoittamalla jännitteiset osat kosketusetäisyyden ulkopuolelle. [1, s. 216.]

Kuormitettavuus

Johtimen kuormitettavuuteen vaikuttavat vaatimukset löytyvät standardista SFS 6000-5-523 Kuormitettavuus. Johdin tulee mitoittaa hankalimman asennustavan mukaan [2, s. 16].

Esimerkiksi jos johdin kulkee keskukselta seinää putkea pitkin maahan, josta se jatkaa matkaa kohti toimilaitetta putkessa ja nousee taas seinää pitkin putkessa toimilaitteelle, on maassa kulkeva osa kuormitettavuudeltaan pienempi. Toisin sanoen maassa oleva johdin on kovemmalla rasituksella kuin seinällä oleva. Asian voi tarkistaa esimerkiksi standardista SFS 6000-5-52:2017, asennustavat taulukosta B.52.1 ja kuormitettavuudet taulukosta B.52.5. Seinälle asennettu johdin putkessa vastaa asennustapaa B2 ja maahan putkessa asennustapaa D1. Johtimen ollessa kuparia ja poikkipinta-alaltaan 10 mm^2 asennustapa B2:n kuormitettavuus on 60 A ja asennustavan D1 58 A. [2, s. 36; 2, s. 41.]

Vikasuojaus

Perussuojauksen pettäessä täytyy laitteesta löytyä vikasuojaus. Tällöin vaihtoehtona on rajoittaa jännitteelle altistumisen aikaa automaattisella ja nopealla katkaisulla, erottamalla virtapiiri sähköisesti erotusmuuntajalla tai siihen

tarkoitetulla piirillä. Laitteen kaksoiseristäminen tai eristyksen vahvistaminen toisella materiaalilla luetaan myös vikasuojaukseksi. [1, s. 216–221.]

Vikasuojauksen kannalta on tärkeää tietää pienin maasulkuvirta eli virta, joka viikatilanteessa syntyy vaihe- ja suojajohtimen välille liittymän liittymiskohdassa. Sen avulla voidaan rajoittaa kosketusjännitteen vaikutusaika.

Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojausta varten tulee selvittää suurin esiintyvä oikosulkuvirta, jonka saa selville sähköyhtiöltä. Oikosulkusuojauksen tarkoituksena on suojata johtimia oikosulkuvirran suuruuden lämpövaikutuksilta [3, s. 143].

Oikosulkusuojaus voidaan toteuttaa samoilla komponenteilla kuin ylikuormitussuojaus eli sulakkeella tai johdonsuojakatkaisimella. On täysin suunnittelijasta kiinni, toteutetaanko samaan aikaan oikosulku- sekä ylivirtasuojaus. Esimerkiksi sähkömoottoriasennuksissa asennetaan moottorinsuojakytkin, joka toimii ylikuormitussuojana, ja sähkökeskuksessa on sulakkeet, jotka tässä tapauksessa toimisivat oikosulkusuojana.

Ylikuormitussuojaus

Ylikuormituksella tarkoitetaan sellaista tilannetta, jossa laitteen tai johtimen nimellisvirta ylitetään. Suojalaite voi toimia sekä ylikuormitus- ja oikosulkusuojana samanaikaisesti. Johdonsuojakatkaisin voi toimia kumpanakin. Johdonsuojakatkaisimet on jaoteltu eri ryhmiin niiden katkaisukyvyn perusteella. [1, s. 108; 3, s. 150]

Sulake on yleinen ylikuormitussuoja. Sulakkeita löytyy montaa eri rakennetta, kuten tulppasulakkeet, kahvasulakkeet tai ajoneuvokäytössä laattasulakkeet. Sulakkeita jaotellaan käyttöluokkatunnuksella tai rakenteen perusteella. Käyttöluokkatunnuselta gG-oleva sulake toimii oikosulku- sekä ylikuormitussuojana. [1, s. 109.]

3 Lataustavat

3.1 Sähköautoihin liittyvää sanastoa

Tässä vaiheessa on hyvä kerrata ja täsmentää, mitä eri sähköajoneuvoihin liittyvät sanat tarkoittavat. Yleisellä tasolla sähköajoneuvo-käsite kattaa sähköautot, sähköpolkupyörät sekä sähkömoottorikelkat. Sähköautolla (EV) tarkoitetaan autoa, jota voidaan ladata ulkoisesta verkosta. Sähköautot voidaan jakaa täyssähköautoihin (BEV) sekä lataushybrideihin (PHEV) ja niitä voidaan nimittää ladattaviksi autoiksi. [4; 5]

Hybridiajoneuvot (HEV) voidaan jakaa ladattaviin (PHEV) ja ei ladattaviin hybridautoihin (CHV). Eroina näissä on, että ladattava hybridi nimensä mukaan voidaan ladata ulkoisesta energianlähteestä. Ei-ladattavat hybridit keräävät sähköenergiansa esimerkiksi regeneroivalla jarrutuksella. [5]

3.2 Lataustavat

Sähköajoneuvoa voidaan ladata pääsääntöisesti neljällä eri tavalla:

Lataustavassa 1 ajoneuvoa ladataan pistorasiasta (suko) tai teollisuuspistorasiasta, joka on suojattu kiinteään asennukseen enintään 30 mA:n vikavirtasuojalla. Pääsääntöisenä latauskohteena ovat kevyet sähköajoneuvot kuten skootterit ja sähköpolkupyörät. [4]

Lataustavalla 2 tarkoitetaan sähköajoneuvojen hidasta latausta, pääsääntöisesti pihalle asennetusta pistorasiasta. Lataus tapahtuu erillisellä suojakoteloidulla latausjohdolla, joka sisältää suojalaitteet sinimuotoiselle vikavirrälle ja enintään 6 mA tasasähkövirrälle. [4; 6]

Lataustavassa 3 sähköajoneuvon sisäiseen laturiin syötetään vaihtosähköä sopivalla latausjohdolla, joka on standardin SFS-EN 62196-2 tyypin 2 mukainen. Tällöin maksimivirta on 3 x 63 A ja latausteho maksimissaan 43 kW. Tiedonsiirtoväylä sisältyy järjestelmään, jolla varmistetaan, että ajoneuvo on oikein ja

turvallisesti kytketty. Väylällä on myös tarkoitus suorittaa kuormanhallintaa. Latausjohto voi olla myös aseman kiinteä osa. Arkikielellä tätä lataustapaa kutsutaan myös peruslataukseksi. [4]

Lataustapa 4 eli niin sanottu teholataus, jossa sähköajoneuvoa syötetään korkealla tasasähköllä auton ulkopuolisesta laturista. Teholatausta kutsutaan myös pikalataukseksi. Laissa 478/2017 todetaan: ”Kansallisen lainsäädännön määrittelemissä julkisissa latausasemissa on oltava standardin SFS-EN 62196-2 tyyppin 2 mukainen pistorasia tai ajoneuvopistoke ja/tai SFS-EN 62196-3 mukainen tyyppin FF (tasasähkö) ajoneuvopistoke ja niissä tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää älykkäitä latausjärjestelmiä.” [7]. Teholatureiden lataustehot liikkuvat 50–350 kW:n välillä. [4]

Sähköajoneuvoja voidaan myös ladata langattomasti [4]. Induktiivista latausta ei käsitellä tässä opinnäytetyössä, koska standardit ovat vielä joko kesken tai muuten puutteellisia ja eivät mielestäni sovellu vielä kotitalouskäyttöön.

On olemassa myös useita muita eri pistoketyyppejä ja standardeja. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi Euroopan markkinoille suunnattuja ja yleisesti Euroopassa käytössä olevia standardeja sekä pistoketyyppejä, koska nämä muut pistoketyypit eivät todennäköisesti tule koskaan Euroopan markkinoille.

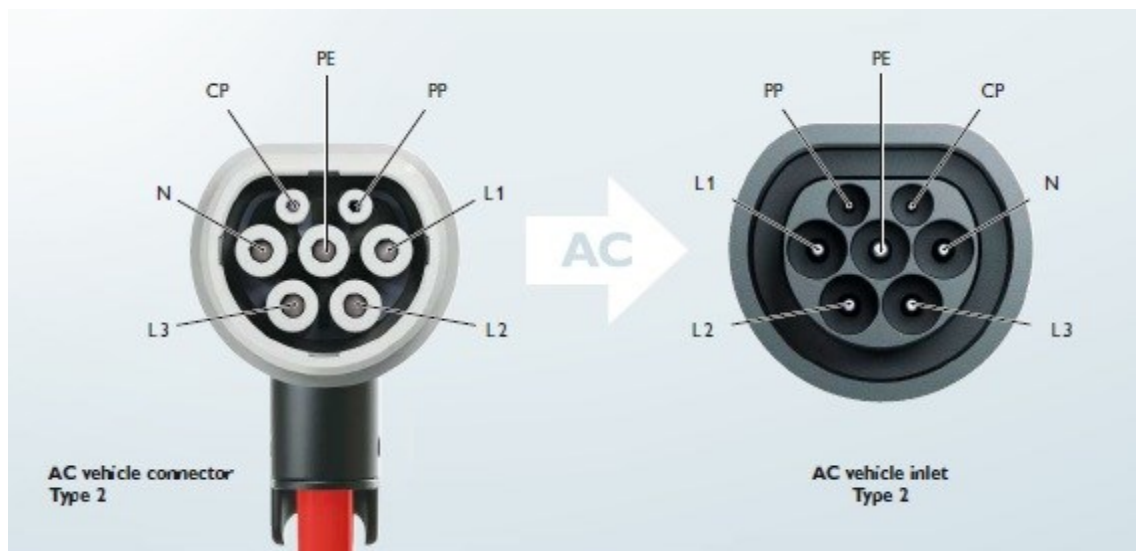
3.3 Lataustapahtuma ja niiden eroavaisuudet

AC- eli vaihtovirtalataus

Sähköauton lataaminen vaihtovirralla tapahtuu yksinkertaisesti syöttämällä vaihtovirtaa sähköajoneuvon sisäiseen latauspiiriin (onboard charger), jossa se tasasuunnataan, korjataan ensimmäisen tasasuuntauksen jälkeistä tehokerrointa sekä muunnetaan haluttavaksi latausjännitteeksi ja syötetään akustoon. Latausaikaan vaikuttaa huomattavasti vaihtovirralla ladattaessa ajoneuvon sisäisen

Type 2 -pistoke

Tyyppin 2 pistoke on tyypillinen pistoke eurooppalaisissa sähköautoissa käytettävä latauspistoke ja on myös määritetty pakolliseksi pistokevaihtoehdoksi julkisissa latausasemissa [13]. Tästä syystä tyyppin 2 pistoke pysynee yleisenä pistokkeena ainakin Euroopassa. Pistokkeessa on 7 pinniä, joista 3 on vaiheille, 2 signaaleille sekä yksi johto suojamaalle (PE) ja neutraalille johdolle. Signaalijohdinta PP (proximity pilot) käytetään varmistamiseksi ajoneuvon ja laturin turvallisuudesta liittäessä. Signaalijohdin CP (control pilot) on keskusteluväylä, jolla latauspiste lähettää tietoa saatavilla olevasta latausvirrasta pulssinleveysmodulaation (PWM, engl. pulse-width modulation) avulla. Standardi SFS-EN 62196-2 mahdollistaa latauksen aina 3 x 63 A:iin asti (43 kW). Kuvassa 2 on tyyppin 2 latauspistoke. [4]

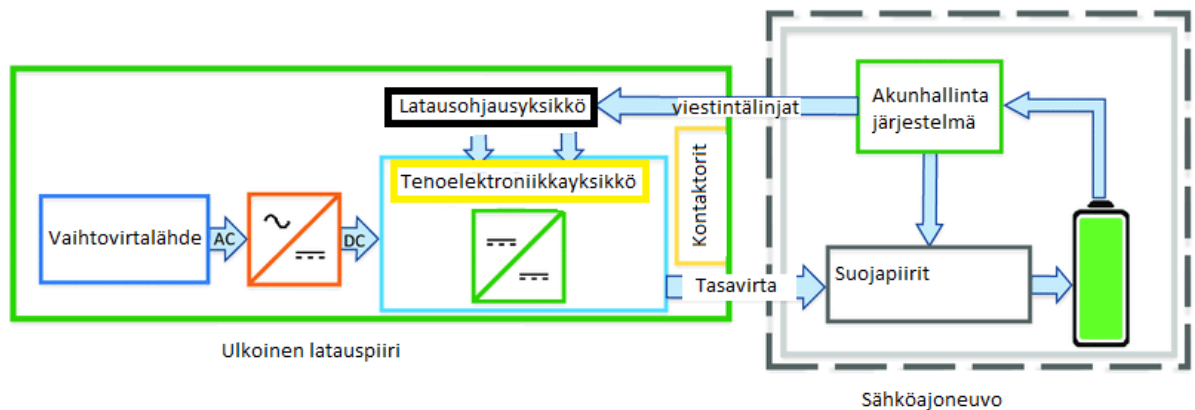


Kuva 2. Tyyppin 2 (Mennekes) pistoke ja pinnit [14].

DC- eli tasavirtalataus

Sähköauton lataaminen tasavirralla eroaa oleellisesti vaihtovirtalatauksesta. Sen sijaan että käyttäisimme auton omaa sisäistä latauspiiriä muuttaaksemme vaihtovirran tasavirraksi, muutos tapahtuu jo auton ulkopuolella. Tästä hyötynä on se, että tasavirta voidaan syöttää suoraan ajoneuvon akustoon ja auton oma

sisäinen latauspiiri (onboard charger) ei toimi pullonkaulana latauksessa. Tästä syystä ulkoinen laturi (off board charger) voi olla teholtaan huomattavasti suurempi ja saadaan suurempi latausvirta sekä lyhyempi latausaika. Usein tasavirtalataus mielletään teho- tai pikalataukseksi. Kuvassa 3 on havainnollistettu tasavirtalatauksen toiminta.



Kuva 3. Tasavirtalatauksen toiminnan kuvaus [15].

Tasavirtalatauksesta löytyy myös teknisiä haasteita. Ensinnäkin korkean virran johtamiseen vaaditaan paksumpi latauskaapeli, jolloin kaapelin paino eikä johto ole enää yhtä taipuisa, mikä vaikuttaa suoraan käyttäjäystävällisyyteen. Tämä haaste on kuitenkin mahdollista ratkaista käyttämällä ohuempaa kaapelia, jossa on sisäänrakennettu jäähdytys [16]. Luonnollisesti tämä vaihtoehto tuo lisäkustannuksia laitteelle.

Toisena haasteena on häviöiden kasvaminen. Asiaa voidaan yksinkertaisesti havainnollistaa laskemalla käyttäen sähkötehon kaavaa,

$$P = I^2 R \quad (1),$$

jossa I on latausvirta ja R on akun sisäinen tai laturin komponenttien resistanssi. Pelkästään kaavasta nähdään, että latausvirran kaksinkertaistessa, häviöt nelinkertaistuvat. Häviöteho näkyy esimerkiksi akuston tai laturin lämpenemänä. [17, s. 49]

CCS combo 2 -pistoke

Kuvassa 4 on CCS combo -standardin mukainen laajennus tyypin 2 pistokkeesta. Laajennuksen tarkoitus on mahdollistaa kontaktit tasavirtalataukselle. Pistokkeella on mahdollista ladata sähköajoneuvoa 50–350 kW:n teholla, mutta pistokkeelle on suunnitteilla korkeampitehoinen ratkaisu [16]. Pistokkeessa käytetään samoja signaali- sekä suojamaajohtinta kuin tyypin 2 pistokkeessa. Combo-pistokkeesta on poistettu vaihejohtimet. [4]



Kuva 4. Vasemmalla tyypin 2 latauspistoke ja oikealla CCS Combo 2 [18].

CHAdeMO-pistoke

CHAdeMO-standardin pistoke on tyypillinen latauspistoke japanilaisissa autoissa, jotka tukevat pikalatausta. CHAdeMO-protokolla tukee latausta välillä 6–400 kW. CHAdeMO on kovan kehityksen alla ja siitä kehitetään jo 900 kW:n lataustehoa [19]. Kommunikointi ladattavan ajoneuvon ja latauslaitteen välillä tapahtuu CAN-väyläviestinnällä. Kuvassa 5 on CHAdeMO-pistoke. [4]



Kuva 5. CHAdeMO-pistoke [18].

4 Kuorman hallinta ja älykäs lataus

Sähkönkulutus mielletään yleensä kuormana, ja tähän perustuu sana kuormanhallinta. Yksinkertaisesti sammuttamalla turhaan palava lamppu tai yösähkön kytkeytyminen porrastetusti on kuormanhallintaa. Kuormanhallintaa käytetään huippukuormien tasaamiseksi. Hyötynä tästä on, että sähköverkon kuorma pysyy tasaisena, jolloin on helpompi myös tuottaa sähköenergiaa. Tällä tavalla sähköverkon tehokerroin pysyy myös mahdollisimman tasaisena ja korkeana.

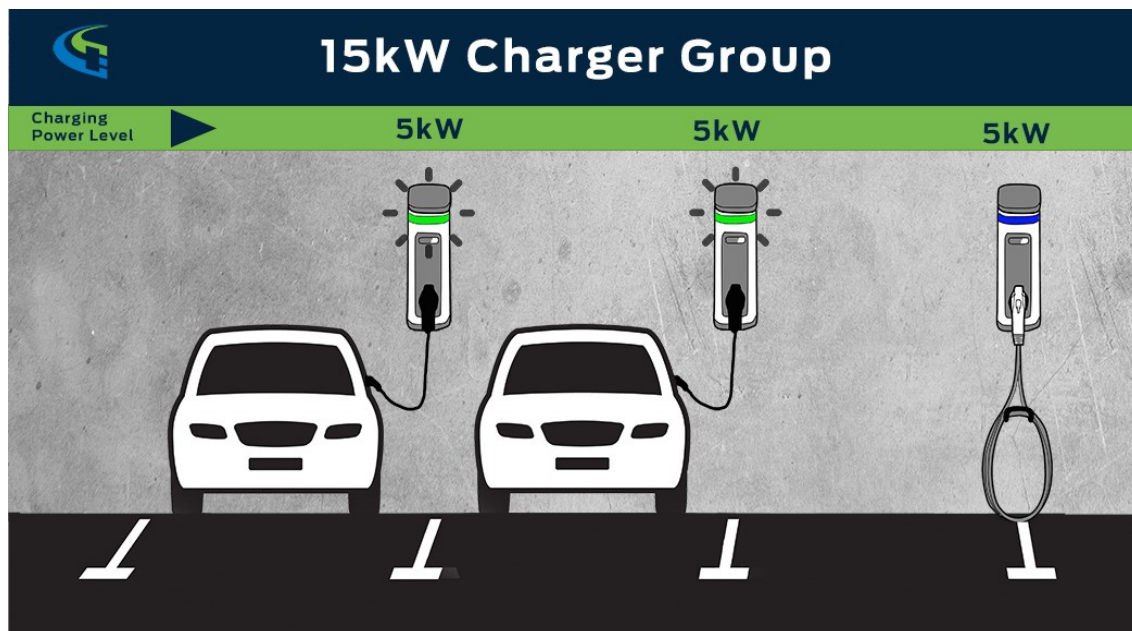
Suomessa suurin sähköntuottaja on ydinvoima [20]. Sähkö on kuitenkin energiamuotona haastava saada mihinkään talteen, mutta sitä pitäisi olla aina saatavilla, kun kuluttaja kytkee television tai liedan päälle. Toisin sanoen on haastavaa tuottaa oikea määrä sähköä kysytyllä hetkellä. Tässä vaiheessa kuvaan astuu kuormanhallinta. Kun esimerkiksi tiedetään, koska on suurin menekki sähkölle, otetaan käyttöön hetkellisesti esimerkiksi vesivoimasta tai tuulivoimasta saatavaa sähköenergiaa käytettäväksi vastaamaan kysyntää. Tällä tavalla voidaan vähentää sähköverkon kuormitusta ja vähentää sähköntuotannosta syntyviä päästöjä.

Kuormanhallintaa käytetään usein sähköautojen latauspaikkoja suunnitellessa. Sähköautojen lataamisen yhteydessä kuuluu myös usein termin älykäs lataus. Sähköauton älykkäällä latauksella tarkoitetaan latausta, jossa voidaan säädellä latausvirtaa ylös- ja alaspäin ilman, että lataus keskeytyy [5]. Tällöin latauslaitteet ovat usein yhdistettynä pilvipalveluun ja latauslaitteita voidaan monitoroida sekä ohjata reaaliaikaisesti. Tällaisia pilvipalveluja on saatavilla paljon ja sähköautojen yleistyessä myös palvelut kehittyvät tehden älykkäistä latauslaitteista erittäin hyvän sijoituksen tulevaisuuden kannalta.

4.1 Staattinen kuormanhallinta

Staattisella kuormanhallinnalla tarkoitetaan sellaista järjestelmää, jossa rajoittavana tekijänä toimii toimilaitteiden tehot, jotka on sopeutettu sovittuun tehokapasiteettiin. Kaikille toimilaitteille on toisin sanoen varattu ennalta sovittu

kapasiteetti eikä niiden käyttämään tehoon vaikuta se, kuinka moni toimilaitteista on aktiivissa käytössä. Kuvassa 6 on havainnollistettu staattista kuormanhallintaa.

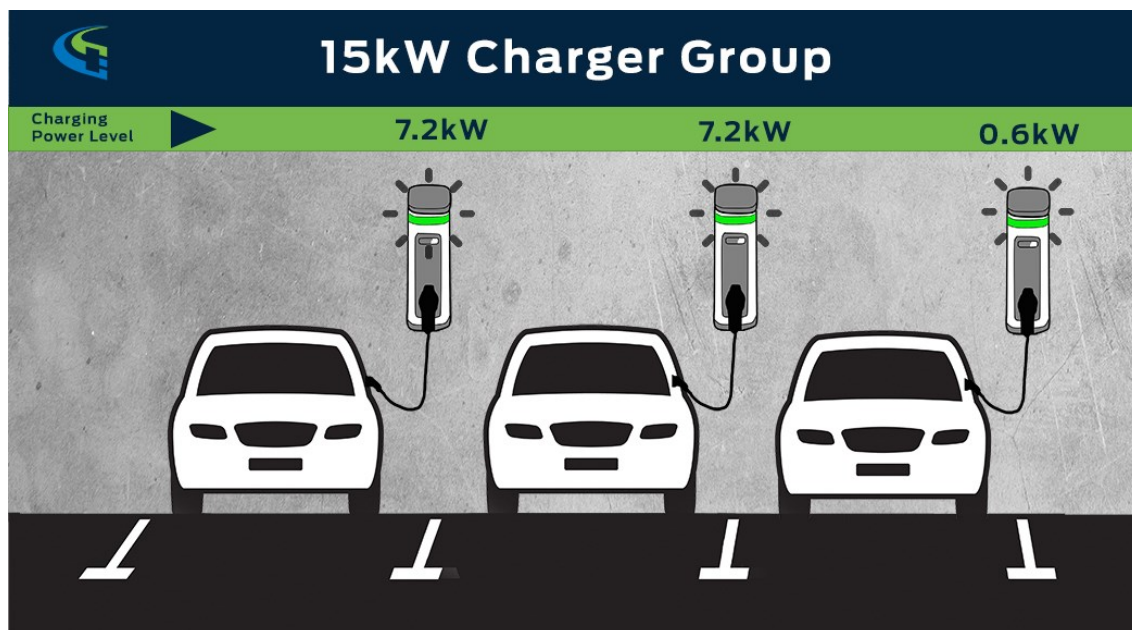


Kuva 6. Staattinen kuormanhallinta [21].

Tässä järjestelmässä korostuvat erityisesti sähkötöiden muutostöistä muodostuvat kustannukset, jos rakennetaan useammalle sähköajoneuvolle latausvalmiutta. Tämä järjestelmä soveltuu hyvin 1–2 latauslaitteen käyttöjärjestelmäksi eli esimerkiksi omakotitaloihin ja pieniin rivitaloihin.

4.2 Dynaaminen kuormanhallinta

Dynaamisessa kuormanhallinnassa korostuu aikaisemmin mainittu sähköauton älykäs lataus. Kun lataustehot ovat säädettävissä reaaliaikaisesti, voidaan tarjota latauspisteitä useammalle autolle. Latausta voidaan myös ajoittaa pisteittäin päivän muun kulutuksen mukaan, latauspisteelle tulojärjestyksen perusteella tai ajoittaa suurin osa latauksesta yöksi. Dynaamisen kuormanhallinnan käyttö myös mahdollisesti vähentää sähkötöistä syntyviä kustannuksia. Kuvassa 7 on havainnollistettu dynaamista kuormanhallintaa.



Kuva 7. Dynaaminen kuormanhallinta [21].

5 Avustukset

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus eli ARA on Suomen valtion virasto, joka toimeenpanee ja myöntää asumiseen sekä rakentamiseen erilaisia avustuksia ja lainoja. ARA kehittää ja valvoo asuntokantaa sekä toimii asiantuntijana erilaisissa asumista ja asuntomarkkinoita koskevissa selvityksissä. ARA myös valmistaa ja julkaisee erilaisia kyselyjä ja tilastoja nettisivuillaan.

Koska tässä luvussa avustuksia käsittelevät kriteerit, määrät sekä maksupäivät ovat nopeasti vanhenevaa tai toisaalta nopeasti uusiutuvaa tietoa, tulee lukijan tarkistaa nykyisten saatavien avustuksia koskevat tiedot ARAn nettisivuilta. Toistaiseksi ARA myöntää energia-avustuksia vuosina 2020–2022 sekä sähköautojen latausinfra-avustusta 2019–2021 tai niin kauan kuin määrärahoja on jäljellä.

Erilaisiin asumista parantamiseen liittyvistä korjauksiin tai parannuksiin voi hakea valtion energia-avustusta, jonka ARA tarkastaa, hyväksyy ja myöntää. Hakemukset lasketaan aina hankekohtaisesti, mutta suurin yhteen laskettu energia-avustussumma on kuitenkin 4000 tai 6000 €/asunto [22, s. 7].

ARA:n mukaan toimenpiteiden kustannuksista vain tietty osuus hyväksytään avustettavaksi eli otetaan huomioon avustuksen laskennassa [22, s. 8]. Jokaisella toimenpiteellä on omat tukiosuutensa. Avustuskelpoisuus perustuu E-luvun prosentuaaliseen muutokseen eli verrataan kohteen käyttöönottohetkellä laskettua E-lukua valmistuneen kohteen E-lukuun. Kaikki tällä välillä tehdyt remontit, jotka vaikuttivat E-lukuun, otetaan huomioon. [22, s. 4.]

5.1 E-luku

Rakennusten energiatehokkuutta kuvataan laskennallisella energiatehokkuuden vertailuluvulla eli E-luvulla. E-luvun avulla pyritään jo olemassa olevia ja tulevia rakennuksia edistämään niin, että ne tukevat ilmastonmuutoksen hillintää ja antavat tietoa rakennuksen energiatehokkuudesta. E-luku löytyy

energiatodistuksesta ja energiatodistuksen voi teettää pätevällä energiatodistuksen laatijalla. Pätevät henkilöt on listattu energiatodistusjärjestelmän laatijarekisteriin, joka löytyy esimerkiksi ARAn nettisivuilta. Energiatodistus on voimassa 10 vuotta. [23]

5.2 Taloyhtiöt

Avustettavat toimenpiteet ovat samat taloyhtiöille ja henkilöasiakkaille, mutta avustukset ovat huomattavasti suurempia. Tämä määrän suuruuden ero johtuu yksinkertaisesti siitä että, taloyhtiössä rakennuksessa on useampi asunto. Avustusta voi hakea useampaan toimenpiteeseen kerralla, mutta vain pienimmän avustussumman antava ehto toteutuu. [24]

Taloyhtiö on avustuskelpoinen, kun sen asuinrakennus on ympärivuotisessa asuinkäytössä sekä sen pinta-alasta 50 % on asuinkäytössä. Avustusta ei voida myöntää taloyhtiölle, joka on kaupallisen toimijan omistama. Vuonna 2020 yleisimmät toimenpiteet, joihin haettiin energia-avustusta, olivat lämpöpumppu- ja lämmönlämmönalteenottojärjestelmien asentaminen tai aurinkoenergian hyödyntämiseen käytettävien laitteistojen asennustyöt. Tästä syystä myös laskentaesimerkki näistä avustuksista. Taulukoissa 2 ja 3 on mainittu muutama avustettava korjaus ja niiden tukiosuudet. [25]

Taulukko 2. Katkelma ARAn avustettavista korjauksista [26].

Toimenpide	Avustuksen laskennassa huomioitava osuus toimenpiteiden kustannuksista	Avustuksen enimmäisosuus toimenpiteiden kustannuksista
		(50 % avustettavaksi huomioitavasta osuudesta)
Lämpöpumppu- ja lämmöntalteenottojärjestelmien sekä aurinkoenergian hyödyntämiseen käytettävät laitteistot, tarvittavine kaapeli- ja putkivetoineen	50 %	25 %
Jäähdytysjärjestelmä	20 %	10 %

Skenaario 1:

Kohteena 30 asunnon rakennus ja tavoitteena avustus 4 000 €/asunto. Lämpöpumppuremontin hinta on 300 000 € ja jäähdytysjärjestelmä remontin hinta 80 000 €.

Avustuksen maksimimäärä: $30 * 4\ 000\ € = 120\ 000\ €$.

Lämpöpumppuremontin toimenpidekohtaisella %:lla huomioitava avustusmäärä:

$0,5 * 300\ 000\ € = 150\ 000\ €$.

Jäähdytysjärjestelmä remontin toimenpidekohtaisella %:lla huomioitava avustusmäärä:

$0,2 * 80\ 000\ € = 16\ 000\ €$.

Remonttien huomioitavat osuudet lasketaan yhteen ja kerrotaan avustuksen enimmäisosuudella:

$(150\,000\text{ €} + 16\,000\text{ €}) * 0,5 = 83\,000\text{ €}$.

Avustuksen määräksi näistä määräytyy pienempi. Avustus on 83 000 €, koska vain pienimmän avustussumman antava ehto toteutuu. [24]

5.3 Henkilöasiakkaat

Avustustoimenpiteet ovat samat kuin taloyhtiöillä, mutta ero näillä kahdella korostuu avustusmäärässä sekä avustuskelpoisuuskriteereissä. Avustuskelpoisen henkilöasiakkaan asuinrakennuksen tulee olla ympärivuotisessa käytössä sekä asuinrakennus. Vuonna 2020 henkilöasiakkaiden haetuin energia-avustus oli öljylämmityksestä luopuminen. Tästä syystä laskentaesimerkki kyseisestä toimenpiteestä. [25]

Taulukko 3. Katkelma ARAn avustettavista korjauksista [26].

Toimenpide	Avustuksen laskennassa huomioitava osuus toimenpiteiden kustannuksista	Avustuksen enimmäisosuus toimenpiteiden kustannuksista
		(50 % avustettavaksi huomioitavasta osuudesta)
Öljylämmityksestä luopuminen, kun kokonaisratkaisulla saavutetaan avustuksen saamisen edellyttämä taso.	100 %	50 %

Skenaario 2:

Kohteena on omakotitalo eli yhden asunnon rakennus ja tavoitteena avustus 4000 €/asunto. Öljylämmityksestä luopumisen muutostöiden hinta 10 000 €.

Avustuksen maksimimäärä: $4000 \text{ €} * 1 = 4000 \text{ €}$.

Öljylämmityksestä luopumisremontin toimenpide kohtaisella %:lla huomioitava avustusmäärä:

$10\,000 \text{ €} * 1,0 = 10\,000 \text{ €}$.

Avustuksen huomioitava osuus kerrotaan nyt sarakkeen enimmäisosuudella:

$10\,000 * 0,5 = 5\,000 \text{ €}$.

Avustuksen määräksi näistä määräytyy pienempi. Avustus on 4 000 €, koska vain pienimmän avustussumman antava ehto toteutuu. [22]

5.4 Sähköautojen latausinfra-avustus

Sähköautojen latauspisteiden rakentamiselle myönnetään myös avustuksia. Avustusmäärät poikkeavat kyseisen avustuksen kohdalla merkittävästi, mutta myös avustuskelpoisuus kriteerit muuttuvat. Avustuksen määrään vaikuttaa de minimis -asetus, jonka mukaan ”On aiheellista säilyttää jäsenvaltiossa yhdelle yritykselle kolmen vuoden aikana myönnettävän vähämerkityksisen tuen enimmäismääränä 200 000 euroa” [27]. Avustusta jaetaan asuinrakennuksen omistaville yhteisöille eli taloyhtiöille sekä vuokratotaloyhteisöille ja niiden omistamille pysäköintiyhtiöille. [28]

Tämä avustus kannattaa myös ottaa huomioon, koska 11.11.2020 voimaan astui laki, joka velvoittaa taloyhtiöitä rakentamaan latauspistevalmiuksia, jos kyseessä on laajamittainen rakennustyö ja rakennuslupahakemus on laitettu viireille 11.3.2021 tai sen jälkeen. Uusien asuinrakennusten yhteen, joissa on yli neljä pysäköintipaikkaa, on rakennettava latausvalmius. [29]

Laajamittaisella korjaustyöllä tarkoitetaan rakennushanketta, jonka rakentamiseen on haettava maankäyttö- ja rakennuslain 125 §:n mukainen rakennuslupa. Rakennuslupaa pitää esimerkiksi hakea, kun rakennetaan uusia rakennuksia tai

rakennuksen muutostyöt vaikuttavat energiatehokkuuteen tai muutostyöt vaikuttavat turvallisuuteen ja terveydellisiin oloihin. [30]

Avustusta saa 35 % syntyneistä kuluista tai vaihtoehtoisesta pienen ”tehokannustimen” mukaan rakennetuista latauspisteistä jopa 50 % kuluista, kuitenkin kummassakin tapauksessa enintään 90 000 €. Tällä tehokannustimella tarkoitetaan sellaista suunnitelmaa, jossa yli puolella paikoista on mahdollista ladata sähköajoneuvoa 11 kW:lla. [28]

6 Kohteen esittely

Suunnittelun tueksi olen käyttänyt muutamaa ST-korttia, Sähköinfon D1-2017-käsikirjaa rakennusten sähköasennuksista sekä Sanoma Pron kirjaa Sähköasennustekniikka 16. painos ja SFS 6000 -sarjan standardeja.

ST-kortit ovat Sähkötieto ry:n luomia ohjeistavia ja opastavia erilaisiin sähkötekniisiin toteutuksiin tehtyjä suosituksia. ST-kortit perustuvat standardeihin, määräyksiin ja kokemuspohjaisiin tuloksiin. ST-kortisto sisältää ST-kortteja, -käsikirjoja-, ohjeistuksia, -esimerkkejä sekä -raportteja. [31]

SFS 6000 -sarjan standardit ovat oleellinen osa sähkösuunnittelua. Niitä noudattamalla täytetään viranomaismääräykset. Standardisarja käsittelee sähkölaitteistojen perusvaatimukset ja periaatteet turvallisesta laitteiston asentamisesta. Erityisesti SFS 6000:7–722:2017 on oleellinen, koska siinä käsitellään lataus-asemiin liittyviä standardeja. [32]

Kirjoissa D1-2017 sekä Sähköasennustekniikka kuvataan tarkemmin, kuinka erilaiset komponentit, kuten sähkösuojaukseen liittyvät ja käytettävät komponentit toimivat, sekä esitetään havainnollistavia kuvia komponenteista. Kirjoissa on myös ohjeita ja teoriaa erilaisiin mitoitusta vaativiin tapauksiin.

6.1 Lähtötietojen selvitys

Suunnittelun helpottamiseksi on hyvä selvittää kohteesta ainakin seuraavat asiat:

- nykyisen sähköjärjestelmän kuormitus sähköjakelijalta,
 - kuinka paljon voidaan asentaa uutta kulutusta, nykyisen liittymisjohdon koko, pääsulakkeiden suurin kasvattamiskoko, oikosulkuvirta liittymispisteeseen asti
- sähkökeskuksen kunto kohteesta,
 - riittääkö keskuksessa tila uusille lähdöille ja riittääkö keskuksen mitoitusvirta

- mahdolliset tietoliikennekaapeloinnit tontilla sekä muut sähköjohdot ennen kaivuutöiden aloitusta.

Tärkeää on myös selvittää latausjärjestelmän sähkömagneettinen yhteensopi-
vuus.

Kohteena on omakotitalo, jossa on lähtötilanteessa 3 x 25 A:n liittymä ja sijait-
see Carunan sähköverkonvyöhykkeellä 1. Kohteen sähköpääkeskus on nimel-
lisvirraltaan 3 x 63 A, ja kaapissa on vapaana lähtöjä. Liittymisjohtona on PEX-
eristetty alumiinivoimakaapeli AXMK 4X16, ja sähkönjakelija on suositellut liitty-
misjohdon olevan pääsääntöisesti 4-johdinkaapelia (AXMK) [33]. Lasketaan
omakotitalon huipputeho. Omakotitalossa on suora sähkölämmitys ja sähkö-
kiuas, joten

$$P_h = 7,5 + 64 * A / 1000, \text{ jossa } A = \text{lämmitetty pinta-ala } m^2\text{:inä} \quad (2)$$

[34, s. 4].

Sijoittamalla lämmitettävä ala yhtälöön, saadaan

$$P_h = 7,5 + 64 * \frac{192m^2}{1000} = 19,79 \text{ k}$$

Saatu teho kuvastaa jo liittymän huipputehoa, koska pinta-alassa otettiin jo huo-
mioon myös autotallin pinta-ala.

Kaavalla 3 saadaan laskettua liittymän huippuvirta:

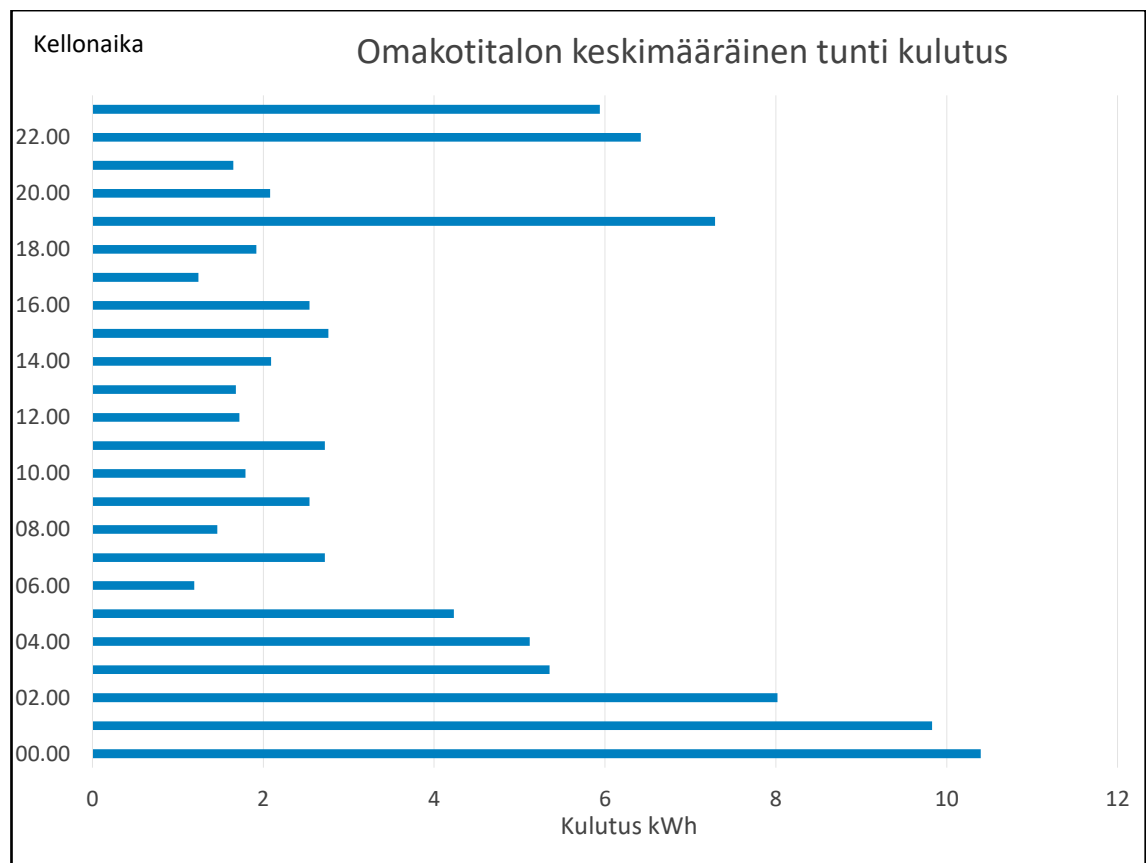
$$I_{Max} = \frac{P_{Max}}{\sqrt{3} * \cos \varphi * U_p} \quad (3)$$

jossa I_{Max} = huippuvirta, P_{Max} = aikaisemmin laskettu huipputeho, U_p = verkon
pääjännite ja $\cos \varphi$ = kuormituksen tehokerroin, arvioitu 0,96 [34, s. 243]. Sijoi-
tetaan se yhtälöön

$$I_{Max} = \frac{19\,790 \text{ W}}{\sqrt{3} * 0,96 * 400 \text{ V}} = 29,75 \text{ A}$$

Tuloksesta voisi päätellä, että sulakkeet olisi alimitoitettu. Talon rakennushetkellä on varmasti arvioitu, etteivät kaikki sähköä kuluttavat laitteet ole ikinä samaan aikaan käytössä. Tietysti asennuskustannukset ja liittymismaksu ovat huokeampia. Taulukosta 4 (s. 23) voi nähdä Carunan liittymismaksuhinnaston, joka on ollut voimassa opinnäytetyötä tehdessä 16.6.2021.

Kuvasta 8 nähdään, että kulutus on ollut korkeimmillaan 22.00–02.00. Silloinkin hetkellinen huippukulutus on ollut 10,4 kWh eli huippuvirta on jäänyt 15,6 A. Tässä tilanteessa voisi jopa mitoittaa pienemmän laturin, jossa olisi kuormanhallintaa.



Kuva 8. Carunalta saatua dataa hetkellisestä kulutuksesta, ote vuoden kylmimmältä viikolta.

Taulukko 4. Carunan liittymismaksuhinnasto [36].

Pääsulake- koko	Liittymis- maksu vyö- hyke 1 (€)	Liittymismaksu vyöhyke 2 (€)	Liittymismaksu vyöhyke 3 (€)
3 x 25 A	2 640	3 420	4 100
3 x 35 A	3 700	4 790	5 740
3 x 50 A	5 290	6 850	
3 x 63 A	6 660	8 630	
3 x 80 A	8 460	10 910	
3 x 100 A	10 580	13 640	
3 x 125 A	13 230	17 050	
3 x 160 A	16 930	21 820	
3 x 200 A	21 170	27 820	

Seuraavat suunnitelmat on mitoitettu yhdelle autolle kerrallaan. Vaikka latauspisteissä olisikin pistokkeiden määrän puolesta mahdollista ladata useampaa ajoneuvoa, ei taloudessa ole kahta sähköajoneuvoa. Jokaiselle asennukselle tulee tehdä ammattilaisen toimesta käyttöönottotarkastus, jossa tarkistetaan suojalaitteiden toiminta kuten vikavirtasuojien toiminta, oikosulkuvirtamittaus sekä laatia tarkastuspöytäkirja.

6.2 Suunnitelma 1

Tässä suunnitelmassa on tarkoitus asentaa 22 kW:n AC-vaihtovirtalaturi. Aluksi selvitetään liittymän uusi huipputeho. Lisätään aikaisemmin laskettuun talon huipputehoon nyt laturin teho.

$$P_{Max} = 19,79 \text{ kW} + 22,00 \text{ kW} = 41,79 \text{ kW}$$

Kaavan 3 avulla voidaan nyt laskea liittymän uusi huippuvirta.

$$I_{Max} = \frac{41\,790 \text{ W}}{\sqrt{3} * 0,96 * 400 \text{ V}} = 62,83 \text{ A}$$

Tarkistetaan sähköjakelijan tarjoamat pääsulakekoot ja valitaan niiden perusteella uudeksi sulakekooksi 3 x 63 A (taulukko 5).

Taulukko 5 Carunan taulukko eri pääsulakkeiden vaatimiin kaapeleihin [33].

Yksi kaapeli, poikkipinta-ala mm	Suurin sallittu pääsulake
25	3 x 63 A
35	3 x 80 A
50	3 x 100 A
95	3 x 125 A
150	3 x 160 A
240	3 x 200 A
300	3 x 250 A

Liittymisjohto joudutaan uusimaan. Taulukon 3 mukaan pääsulakekoon 3 x 63 A:a vastaavaksi kaapelin poikkipinta-alaksi riittää 25 mm². Tarkistetaan johdon kuormitettavuus, kun liittymisjohto matkaa suojaputkessa maassa ja nousee tämän jälkeen suojaputkessa betoniseinää pitkin pääkeskukselle. Liittymisjohto on alumiininen. Standardin SFS 6000-5-52 mukaan johdon kuormitettavuus on tarkistettava hankalimman asennustavan olosuhteiden mukaisesti [2, s. 16].

Maahan suojaputkeen asennettu kaapeli vastaa asennustapaa D1, ja sen kuormitettavuus on 75 A. Betoniseinän pinnalle suojaputkeen asennettu kaapeli vastaa asennustapaa B2, ja sen kuormitettavuus on 84 A. Tästä voidaan päätellä, että kaapelin pienin kuormitettavuus on 75 A. Standardin SFS-6000-5-52 taulukon Y.52.1 mukaan, valitun 63 A sulakekoon johtimen pienin kuormitusarvo on 70 A, joten johtimen kuormitettavuus ylittyy. [2, s. 41; 2, s. 76.]

Latausasema asennetaan ulos, joten latauspisteen koteloitiluokan tulee olla vähintään IP44 ja kestää vähintään keskimääräistä iskua AG2 vastaan. Latausasema tulee suojata myös erikseen vikavirtasuojalla. Varustetaan latausasema erikseen B-tyyppin vikavirtasuojalla. [37, s. 9; 37, s. 10.]

Latausaseman ja keskuksen väliset kaapelit kulkevat putkessa puista seinää pitkin. Asennus vastaa asennustapaa B2. Asennukseen soveltuu 10 mm²:n kuparikaapeli, ja sen kuormitettavuus on 60 A. Latausasema vaatii toimiakseen 3 x 32 A:n lähdön, ja vaikka kaapelin pienin kuormitettavuus on 60 A, taulukon mukaan ylikuormitussuojaksi voidaan valita 32 A:n sulake tai katkaisin, jonka laukaisuvirta on korkeintaan 35 A. [2, s. 41; 2, s. 76.]

Tarkastetaan vielä latauslaitteen kaapelin jännitteenalenema. Jännitteenaleneman kaava on

$$u = b(\rho_1 * \frac{L}{S} * \cos\varphi + \lambda * L * \sin\varphi)I_B \quad (4)$$

Siinä u = jännitteenalenema voltteina, b = kerroin (1 kolmivaiheisille ja 2 yksivaiheisille piireille), ρ_1 = johdinmateriaalin resistiivisyys normaalikäytössä (1,25 kertaa resistiivisyys 20 °C:n lämpötilassa, tai 0,0225 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ kuparille ja alumiinille 0,036 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$, L = johtojärjestelmän pituus metreinä, S = johtimen poikkipinta-ala mm², $\cos\varphi$ = tehokerroin (jos ei ole tiedossa tarkkoja arvoja, oletetaan sen olevan 0,8 ($\sin\varphi = 0,6$)), λ = johtimen reaktanssi pituusyksikköä kohden (jos ei ole tarkkoja arvoja, reaktanssi oletetaan 0,08 m Ω/m) [3, s. 67].

Kaavaan sijoittamalla saadaan

$$u = 1 * \left(0,0225 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{6 \text{ m}}{25 \text{ mm}^2} * 0,8 + \frac{0,08\text{m}\Omega}{\text{m}} * 6\text{m} * 0,6 \right) * 32 \text{ A} = 9,35 \text{ V}$$

Suhteellinen alenema saadaan kaavasta

$$\Delta u = 100 * \left(\frac{u}{U_0} \right) \quad (5)$$

jossa Δu = suhteellinen alenema, U_0 = jännite vaiheen ja nollan välillä voltteina [3, s. 68].

Kaavaan sijoittamalla saadaan

$$\Delta u = 100 * \frac{9,35 V}{400 V} = 2,34 \%$$

Taulukon G.52.1 mukaan sallitaan 5 %:n jännitteenalenema, kun on kyseessä pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta [2, s. 67]. Johdin täyttää tämän.

Jälkimarkkinoilta löytyy paljon vaihtoehtoja, jotka täyttävät aikaisemmin mainitut kriteerit kuten kotelointiluokan ja uudelle liittymällä varatun tehoreservin. Seuraavaksi esitetään muutama vaihtoehto. Kuvassa 9 (s. 27) on esitetty mallivaihtoehdot.

ABB Terra AC Wallbox 22 kW -latausasema

Latausasema on kotelointiluokaltaan IP54 sekä iskunkestävyydeltään IK10. Laitteen vahvuuksina on latauksenaikainen kuormanhallinta, verkkoon yhdistettävyys, mikä mahdollistaa etäohjelmapäivitykset, sekä kompakti koko. Toimintaa voi tarkastella ABB:n omalla ohjelmalla älypuhelimella, jolla voi seurata ajoneuvon latausta reaaliaikaisesti ja säädellä latausvirtaa. Luvattoman käytön esto on toteutettu RFID-tunnisteella. Latausasema on varustettu tyyppin 2 latauspistokkeella. [38]

Webasto Pure II 22 kW -latausasema

Latausasema on kotelointiluokaltaan IP54 ja iskunkestävyydeltään IK08. Kuormanhallintaa varten se täytyy sijoittaa erilliseen laitteistoon. Latausasema on varustettu tyyppin 2 latauspistokkeella. Luvattoman käytön esto on toteutettu avainkytkimellä. [39]

Schneider Electric EVLink Wallbox 22 kW -latausasema

Latausasema on kotelointiluokaltaan IP54 ja iskunkestävyydeltään IK10. Kuormanhallinta on rakennettu laitteeseen. Latausasema on varustettu tyyppin 2 latauspistokkeella. Luvattoman käytön esto on toteutettu avainkytkimellä. [40]



Kuva 9. Vasen Webasto pure 2, keskellä SE EVLink Wallbox, oikea Terra AC [41; 42; 43].

6.3 Suunnitelma 2

Toisessa suunnitelmassa on tarkoitus asentaa 24 kW DC-tasavirtalaturi. Aluksi selvitetään liittymän uusi huipputeho. Lisätään aikaisemmin laskettuun talon huipputehoon nyt laturin teho.

$$P_{Max} = 19,79kW + 24,00 kW = 43,79 kW$$

Kaavan 3 avulla voidaan nyt laskea liittymän uusi huippuvirta.

$$I_{Max} = \frac{43\,790\,W}{\sqrt{3} * 0,96 * 400\,V} = 65,84\,A$$

Tarkistetaan sähköjakelijan tarjoamat pääsulakekoot ja valitaan niiden perusteella uudeksi sulakekooksi 3 x 80 A (taulukko 5). Vaikka huippuvirta ylittää hieman sähköjakelijan tarjoaman sulakekoon 63 A, valitaan koko 80 A muuttamasta syystä: Kyseessä on pikalaturi ja luonteeltaan laturi on tarkoitettu

huomattavasti lyhyempi aikaiseen käyttöön kuin vaihtovirtalaturi, joten ei ole syytä lähteä rajoittamaan kuormanhallinnan avulla latausvirtaa. Vaikka kuvasta 8 käy ilmi, että talon todellinen sähkönkulutus on pienempi kuin laskettuna, ei se vielä takaa sitä, ettei laskettuna saatu tulos olisi mahdoton.

Sähköpääkeskus joudutaan uusimaan. Keskuksessa tulee olla vähintään samat lähdöt kuin aikaisemmin sekä tilaa vikavirtasuojille ja mittamuuntajille. Mitoitusvirraltaan kaapin tulee olla vähintään 3 x 80 A.

Liittymisjohto joudutaan uusimaan. Taulukon 5 mukaan pääsulakekoon 3 x 80 A vastaavaksi kaapelin poikkipinta-alaksi riittää 35 mm². Tarkistetaan johdon kuormitettavuus, kun liittymisjohto matkaa suojaputkessa maassa ja nousee tämän jälkeen suojaputkessa betoniseinää pitkin pääkeskukselle. Liittymisjohto on alumiininen. Standardin SFS 6000-5-52 mukaan johdon kuormitettavuus on tarkistettava hankalimman asennustavan olosuhteiden mukaisesti. [2, s. 16.]

Maahan suojaputkeen asennettu kaapeli vastaa asennustapaa D1 ja sen kuormitettavuus on 90 A. Betoniseinän pinnalle suojaputkeen asennettu kaapeli vastaa asennustapaa B2 ja sen kuormitettavuus on 103 A. Tästä voidaan päätellä, että kaapelin pienin kuormitettavuus on 90 A. Standardin SFS-6000-5:52 taulukon Y.52.1 mukaan, valitun 80 A:n sulakekoon johtimen pienin kuormitusarvo on 88 A, joten johtimen kuormitettavuus ylittyy. [2, s. 41; 2, s. 76.]

Latausaseman ja keskuksen väliset kaapelit kulkevat putkessa puista seinää pitkin. Standardin SFS 6000-5-52 taulukon B.52.5 mukaan asennus vastaa asennustapaa B2. Asennukseen soveltuu 25 mm²:n kuparikaapeli, ja sen kuormitettavuus on 105 A. Latausasema vaatii toimiakseen 3 x 40 A:n lähdön, ja vaikka kaapelin pienin kuormitettavuus on 105 A, taulukon mukaan ylikuormitussuojaksi voidaan valita 40 A:n sulake tai katkaisin, jonka laukaisuvirta on korkeintaan. Asennetaan myös tyypin B vikavirtasuojia standardin SFS 6000-7-722 mukaisesti. [2, s. 41; 44, s. 26; 37, s. 10.]

Tarkastetaan vielä latauslaitteen kaapelin jännitteenalenema kaavalla 4:

$$u = 1 * \left(0,0225 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{6 \text{ m}}{35 \text{ mm}^2} * 0,8 + \frac{0,08 \text{ m}\Omega}{\text{m}} * 6 \text{ m} * 0,6 \right) * 40 \text{ A} = 11,64 \text{ V}$$

Suhteellinen alenema saadaan kaavalla 5:

$$\Delta u = 100 * \frac{11,64 \text{ V}}{400 \text{ V}} = 2,91 \%$$

Taulukon G.52.1 mukaan sallitaan 5 %:n jännitteenalenema, kun on kyseessä pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta [2, s. 67]. Johdin täyttää tämän.

Asennettava latausasema on ABB:n Terra DC Wallbox 24 kW. Jälkimarkkinoilta löytyy muutamia samankaltaisia vaihtoehtoja, mutta huomattavasti vähemmän kuin aikaisemmassa suunnitelmassa käytettyä vaihtovirtalaturia.

ABB Terra DC Wallbox 24 kW -latausasema

Kyseessä on seinälle asennettava tasavirtalaturi. Eroavaisuutena vaihtovirtalaturiin on, että tasavirtalaturista saadaan suurempi latausvirta, mutta asennuskustannukset ovat huomattavasti korkeammat. Latausasema voidaan joko varustaa CCS Combo 2- tai CHAdeMO-latauspistokkeilla tai molemmilla. Latausasema on kotelointiluokaltaan IP54 ja iskunkestävyydeltään IK10. Luvattoman käytön esto on toteutettu RFID-tunnisteella. Kuvassa 10 on kyseinen latausasema. [45]



Kuva 10. ABB:n Terra DC Wallbox 24 kW -latausasema [46].

6.4 Suunnitelma 3

Kolmannessa suunnitelmassa on tarkoitus asentaa ABB:n DC-tasavirtalaturi Terra 54 CJ 50 kW. Aluksi selvitetään liittymän uusi huipputeho. Lisätään aikaisemmin laskettuun talon huipputehoon nyt laturin teho:

$$P_{Max} = 19,79 \text{ kW} + 50,00 \text{ kW} = 69,79 \text{ kW}$$

Kaavan 3 avulla voidaan nyt laskea liittymän uusi huippuvirta:

$$I_{Max} = \frac{69790 \text{ W}}{\sqrt{3} * 0,96 * 400 \text{ V}} = 104,93 \text{ A}$$

Tarkistetaan sähkönjakelijan tarjoamat pääsulakekoot ja valitaan niiden perusteella uudeksi sulakekooksi 3 x 125 A (taulukko 5). Vaikka huippuvirta ylittää

hieman sähköjakelijan tarjoaman sulakekoon 100 A, valitaan koko 125 A samoista syystä kuin aikaisemmin mainittuna suunnitelmassa 2.

Sähköpääkeskus joudutaan uusimaan. Keskukselta tulee löytyä vähintään samat lähdöt kuin aikaisemmin sekä tilaa vikavirtasuojille ja mittamuuntajille. Mitoitustavirraltaan kaapin tulee olla vähintään 3 x 125 A.

Liittymisjohto joudutaan uusimaan. Taulukon 2 mukaan pääsulakekoon 3 x 125 A vastaavaksi kaapelin poikkipinta-alaksi riittää 95 mm^2 . Tarkistetaan johdon kuormitettavuus, kun liittymisjohto matkaa suojaputkessa maassa ja nousee tämän jälkeen suojaputkessa betoniseinää pitkin pääkeskukselle. Liittymisjohto on alumiininen. Standardin SFS 6000-5-52 mukaan johdon kuormitettavuus on tarkastettava hankalimman asennustavan olosuhteiden mukaisesti [2, s. 16].

Maahan suojaputkeen asennettu kaapeli vastaa asennustapaa D1, ja sen kuormitettavuus on 154 A. Betoniseinän pinnalle suojaputkeen asennettu kaapeli vastaa asennustapaa B2, ja sen kuormitettavuus on 188 A. Tästä voidaan päätellä, että kaapelin pienin kuormitettavuus on 154 A. Standardin SFS-6000-5-52 taulukon Y.52.1 mukaan valitun 125 A:n sulakekoon johtimen pienin kuormitusarvo on 138 A, joten johtimen kuormitettavuus ylittyy. [2, s. 41; 2, s. 76.]

Latausasemaa varten joudutaan rakentamaan jalusta. Jalustan voi tilata ABB:ltä tai teetättää itse. Jalustan mitat löytyvät kyseisen latausaseman asennusohjeista. [47, s. 19.]

Latausaseman ja keskuksen väliset kaapelit kulkevat betoniseinää pitkin putkessa maahan, jatkavat matkaa maassa putkessa ja nousevat ontelolaattaa pitkin putkessa latausasemaan. Latausaseman valmistaja suosittelee käytettäväksi kaapelia YMVkas mb 4 x 70 + 70 mm^2 . Betoniseinän pinnalle suojaputkeen asennettu kaapeli vastaa asennustapaa B2 ja sen kuormitettavuus on 149 A. Suojaputkeen maahan asennettu kaapeli vastaa asennustapaa D1 ja sen kuormitettavuus on 143A. Suojaputkessa ontelolaatan sisällä kulkevaa kaapelia vastaava asennustapa on B2 ja sen kuormitettavuus on 149 A. Tästä voidaan päätellä, että kaapelin pienin kuormitettavuus on 143 A. Laittevalmistaja on

ilmoittanut Terra 54 CJ:n huippuvirraksi 80 A. Standardin SFS-6000-5-52 taulukon Y.52.1 mukaan: ylikuormitussuojaksi soveltuu 80 A sulake tai katkaisin, jonka laukaisuvirta on enintään 88 A. Asennetaan myös tyyppin B vikavirtasuojia standardin SFS 6000-7-722 mukaisesti. [47, s. 20; 2, s. 40; 2, s. 76; 37, s. 10.]

Tarkastetaan vielä jännitteen alenema latauslaitteen kaapelissa kaavalla 4:

$$u = 1 * \left(0,0225 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{5 \text{ m}}{70 \text{ mm}^2} * 0,8 + \frac{0,08 \text{ m}\Omega}{\text{m}} * 5 \text{ m} * 0,6 \right) * 80 \text{ A} = 19,30 \text{ V}$$

Suhteellinen alenema saadaan kaavalla 5:

$$\Delta u = 100 * \frac{19,30 \text{ V}}{400 \text{ V}} = 4,83 \%$$

Taulukon G.52.1 mukaan sallitaan 5 %:n jännitteenalenema, kun on kyseessä pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta [2, s. 67]. Johdin täyttää tämän.

ABB Terra 54 CJ DC -pikalatausasema

ABB Terra 54 CJ DC -pikalatausasema on varustettu CCS Combo 2- ja CHA-deMO-latauspistokkeilla. Latausasemasta saa useampaa eri variaatiota, kuten versiota, jossa on yksi pikalatauspistoke sekä vaihtovirtapistoke joko 22 kW:n tai 43 kW:n teholla, pelkällä vaihtovirtapistokkeella varustettua versiota sekä sellaista, jossa on kaksi pikalatauspistoketta sekä vaihtovirtalatauspistoke. Latausasema on kotelointiluokaltaan IP54 ja iskunkestävyydeltään IK10. Luvattoman käytön esto on toteutettu RFID-tunnisteella. Kuvassa 11 on kyseinen latausasema. [48]



Kuva 11. ABB:n Terra 54 CJ DC -pikalatausasema [49].

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää muutostöitä, joita vaaditaan, kun suunnitellaan pikalatausaseman asentamista omakotitalokiinteistöön. Opinnäytetyössä saatiin aikaan kolme suunnitelmaa erilaisille latausvaihtoehdoille omakotitalokiinteistöön.

Suunnitelmista nähdään, millaisia muutostöitä vaaditaan kun, vanhempaan omakotitaloon asennetaan lisäkulutusta. Työssä mitoitettiin uudet pääsulakkeet, liittymisjohto sekä latauslaitteen ja keskuksen välinen johdin. Opinnäytetyössä ei oteta kantaa siihen, kuinka kauan näiden suunnitelmien toteuttaminen veisi. Varsinkin suunnitelmassa 3 latauslaitteen toimitusajaksi oli annettu 4–5 viikkoon, mikä kannattaa ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa. On vaikea kuitenkin sanoa, nouseeko tasavirtalatureiden määrä yksityiskäytössä.

Sähköajoneuvojen latausasemien jälkimarkkinat kasvavat jatkuvasti. Latauslaitteiden hinnat laskevat, mutta toistaiseksi pika-tasavirtalatureiden hinnat ovat vielä korkeat. Sen sijaan vaihtovirtalatureiden hinnat ovat jo hyvinkin kilpailukykyisiä siihen nähden, kuinka paljon erilaisia ominaisuuksia niissä on jo. Tätä työtä voisikin kehittää pohtimalla vaihtoehtoisia tapoja toteuttaa latausaseman asentaminen ja mitoitus yksityiskäyttöön.

Varsinainen opinnäytetyö toimi ensiaskeleena sähkösuunnitteluun. Sain hyvän kuvan siitä, kuinka standardeja tulee tulkita, sekä kokea suunnittelun vapauden ja rajoittuvuuden.

Lähteet

- 1 Ahoranta, Jukka. 2016. Sähköasennustekniikka. 16. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro.
- 2 SFS 6000-5-52:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. 2017. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS RY.
- 3 Tiainen, Esa. 2017. D1 2017. 26. painos. Helsinki: Sähköinfo Oy.
- 4 Sähköajoneuvojen lataussuositus. 2021. Verkkojulkaisu. SESKO ry. < https://www.sesko.fi/files/1210/SESKO_lataussuositus_2021-02-17.pdf >. Luettu 30.3.2021.
- 5 Sähköautosanasto. 2021. SESKO ry. Verkkojulkaisu. < https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat/sahkoautosanasto >. Luettu 13.5.2021.
- 6 Sähköajoneuvojen latauspisteiden suojausvaatimukset. 2020. Verkkojulkaisu. SESKO ry. < https://www.sesko.fi/files/1165/Sahkoajoneuvojen_latausjarjestelmien_vikavirtasuojavaatimukset_2020_2020-03-13.pdf >. Luettu 3.4.2021.
- 7 Sähköajoneuvojen lataussuositus 2021. 2021. Verkkojulkaisu. SESKO ry. < https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat/lataussuositus >. Luettu 9.6.2021.
- 8 Renault Zoe tekniset tiedot. 2020. Renault. Verkkojulkaisu <https://www.renault.fi/wp-content/uploads/2020/02/ZOE_ZE_50_tekniset_tiedot_FI.pdf>. Luettu 30.5.2021.
- 9 Skoda Octavia tekniset tiedot. 2021. Skoda. Verkkojulkaisu <http://web.skoda.fi/lataukset/uusi-octavia/uusi-octavia/Uusi-SKODA-OC-TAVIA-tekniset-tiedot.pdf?_ga=2.242188481.272445113.1622366117-a34f4646-343e-434c-ac62-3cfd5d424bc0>. Luettu 30.5.2021.
- 10 BMW 330e tekniset tiedot. 2021. BMW. Verkkojulkaisu <<https://www.bmw.fi/fi/mallisto/3-sarja/sedan/2018/bmw-3-sarja-sedan-tekniset-tiedot.BMW-330e-Sedan.html> >. Luettu 30.5.2021.
- 11 Volkswagen ID3 tekniset tiedot. 2020. Verkkojulkaisu. Volkswagen. < https://www.volkswagen.fi/idhub/content/dam/onehub_pkw/importers/fi/henkiloautot/esitteet/ID3_K71_W1_web_PDF_25112020.pdf >. Luettu 30.5.2021.
- 12 Habib, Salman; Khan, Muhammad Mansoor; Abbas, Farukh; Tang, Houjun. 2018. Verkkojulkaisu. Assessment of electric vehicles concerning impacts, charging infrastructure with unidirectional and bidirectional

- chargers, and power flow comparisons. < https://www.researchgate.net/figure/Electric-vehicle-EV-infrastructure-with-charging-power-levels-and-on-board-off-board_fig5_324591348 >. Luettu 5.5.2021.
- 13 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/94/EU. 2014. Verkkojulkaisu. Euroopan parlamentti. < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0094> >. Luettu 28.3.2021.
 - 14 EV Charging cables. Verkkojulkaisu. EVSE. < <https://evse.com.au/ev-charging-cables-leads/> >. Luettu 5.5.2021.
 - 15 Ronanki, Deepak; Kelkar, Apoorva; Williamson, Sheldon S. 2019. Verkkojulkaisu. Extreme Fast Charging Technology- Prospects to Enhance Sustainable Electric Transportation. < https://www.researchgate.net/figure/Conventional-DC-off-board-charger-configuration_fig2_336136633 >. Luettu 5.5.2021.
 - 16 The roadblocks EV trucks face in modernizing the transportation sector. 2020. Verkkojulkaisu. Renewable Energy World. < <https://www.renewableenergyworld.com/storage/the-roadblocks-ev-trucks-face-in-modernizing-the-transportation-sector/#gref> >. Luettu 12.4.2021.
 - 17 Ahoranta, Jukka. 2016. Sähkötekniikka. 15. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro.
 - 18 Sähköautojen latausjärjestelmiä koskeva standardointi. 2019. Verkkojulkaisu. Sesko. < https://www.sesko.fi/files/1051/Sahkoautojen_latausjarjestelmat_perusesitys_2018dec.pdf >. Luettu 28.3.2021.
 - 19 Protocol Development. Verkkojulkaisu. CHAdeMO. < <https://www.chademo.com/activities/protocol-development/> >. Luettu 12.4.2021.
 - 20 Sähköntuotanto ja -käyttö. 2021. Verkkojulkaisu. Energiateollisuus ry. < https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/sahkontuotanto_ja_kaytto >. Luettu 13.5.2021.
 - 21 Smart Load Management. Verkkojulkaisu. SemaConnect. < <https://semaconnect.com/products/load-management/> >. Luettu 9.6.2021.
 - 22 Energia-avustus henkilöasiakkaille. 2020. ARA. Verkkojulkaisu. < <https://www.ara.fi/download/noname/%7B7A04129F-6B58-43A6-B6C7-17519E91681F%7D/154046> >. Luettu 25.4.2021.
 - 23 Pientalot rakennusten energiatodistusten piiriin. 2012. Ympäristöministeriö. Verkkojulkaisu. < <https://ym.fi/-/10184/pientalot-rakennusten-energiatodistusten-piiriin> >. Luettu 12.4.2021.
 - 24 Energia-avustus taloyhtiöille. 2020. ARA. Verkkojulkaisu. < <https://www.ara.fi/download/noname/%7B5894F745-E16A-4EBD-9DE1-49759AEDACE4%7D/154070> >. Luettu 25.4.2021.

- 25 Korjaus- ja energia-avustukset 2020. 2021. Verkkojulkaisu. ARA. < <https://www.ara.fi/download/noname/%7B115C1710-5C56-4651-AB3E-4FEDAAFCDEE0%7D/166831> >. Luettu 27.4.2021.
- 26 Avustettavat korjaukset ja avustuksen laskenta. 2021. Verkkojulkaisu. ARA. < https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ ja_ avustukset/Energiaavustus/Avustettavat_ toimenpiteet_ ja_ avustuksen_ laskenta >. Luettu 12.4.2021.
- 27 Komission asetus (EU) N:o 1407/2013. 2013. Verkkojulkaisu. Euroopan Unioni. < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013R1407&from=FR> >. Luettu 12.4.2021.
- 28 Avustus sähköautojen latausinfraan rakentamiseen. 2021. ARA. Verkkojulkaisu. < <https://www.ara.fi/download/noname/%7B476B71D5-4945-4504-A665-7C97962DAA0A%7D/148167> >. Luettu 28.3.2021.
- 29 Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. 2020. 733/29.10.2020.
- 30 Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999. 132/5.2.1999.
- 31 ST-julkaisut. Verkkojulkaisu. Sähkötieto ry. < <http://www.sahkotieto.fi/index.php?k=14937> >. Luettu 13.6.2021.
- 32 SFS 6000 Pienjännitesähköasennusten standardisarja. Verkkojulkaisu. Suomen standardisoimisliitto SFS RY. < <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suositut-standardit/sfs-6000-pienjannitesahkoasennusten-standardisarja/> >. Luettu 13.6.2021.
- 33 Carunan yleisohjeet sähköurakoitsijoille ja -suunnittelijoille. 2020. Verkkojulkaisu. Caruna. < https://images.caruna.fi/carunan_yleisohjeet_sahkourakoitsijoille_ ja_ -suunnittelijoille_2020_ web.pdf >. Luettu 28.3.2021.
- 34 Aura, Lauri; Tonteri, Antti J. 2000. Teoreettinen sähkötekniikka. 3. tarkistettu painos. Helsinki: WSOY.
- 35 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen ST 13.31. 2020. Verkkojulkaisu. Sähkötieto ry. < <https://severi.sahkoinfo.fi/> >. Luettu 25.4.2021.
- 36 Liittymismaksuhinnasto Caruna Oy. 2020. Verkkojulkaisu. Caruna. < https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/liittymismaksuhinnasto_caruna_oy_1.12.2020.pdf?QuDs6k2ekALL2kC_7632U2FsO9X8IsZj >. Luettu 8.3.2021.
- 37 SFS 6000-7-722:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7–722. Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. 2017. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS RY.

- 38 ABB: Sähköauton lataamisen koti. Verkkojulkaisu. ABB. < <https://new.abb.com/ev-charging/fi/terra-ac-latausasema> >. Luettu 13.6.2021.
- 39 Webasto Pure (Versio II) tekniset tiedot. Verkkojulkaisu. Webasto. < <https://webastolataus.fi/tekniset-tiedot/> >. Luettu 16.6.2021.
- 40 EVlink Wallbox tekniset tiedot. 2019. Verkkojulkaisu. Schneider Electric. < https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Instruction+sheet&p_File_Name=QGH34400-01.pdf&p_Doc_Ref=QGH34400 >. Luettu 16.6.2021.
- 41 Webasto Pure II. Verkkojulkaisu. Verkkokauppa.com. < https://www.verkkokauppa.com/fi/product/44993/qjnmc/Webasto-Pure-II-sahkoauton-latausasema-Type2-22-kW-7-0-m?gclid=CjwKCAjwwqaGBhBKEiwAMk-FtOMthIAVaigOSL68VMly9162JQAzdDzZm_DT-VUtZDqTVpKFT-FoadxoC8_YQAvD_BwE >. Luettu 16.6.2021.
- 42 EVlink Wallbox 22 kW. Verkkojulkaisu. Schneider Electric. < <https://www.se.com/ww/en/product/EVH2S22P04K/evlink-wallbox---22-kw--t2-socket-outlet-with-shutter---charging-station/> >. Luettu 17.6.2021.
- 43 Sähköautojen lataus taloyhtiössä helpottuu uudella Terra AC -latausasemalla. Verkkojulkaisu. ABB. < <https://new.abb.com/ev-charging/fi/products/car-charging/terra-ac-latausasema-22-kw> >. Luettu 17.6.2021.
- 44 Terra DC Wallbox Installation manual. 2019. Verkkojulkaisu. ABB. < <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107680A6608&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch> >. Luettu 12.6.2021.
- 45 Älykkäämpää liikennettä. 2019. Verkkojulkaisu. ABB. < <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107492A7018&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch> >. Luettu 16.6.2021.
- 46 DC Seinälatausasema – 24 kW. Verkkojulkaisu. ABB. < <https://new.abb.com/ev-charging/fi/products/car-charging/dc-sein%C3%A4latausasema-24-kW> >. Luettu 12.6.2021.
- 47 Terra 54 / 54HV charger Installation Manual. 2018. Verkkojulkaisu. ABB. < https://library.e.abb.com/public/5f58d25f8b944c848ca3d955df625775/Terra54_Installation_Manual.pdf >. Luettu 12.6.2021.
- 48 Smarter Mobility. Verkkojulkaisu. ABB. < https://library.e.abb.com/public/9f72c044f8ab4ff29c5ae0eb915c0843/4EVC901707-LFEN_Terra%2054_11_19.pdf >. Luettu 16.6.2021.

- 49 Terra 54 CJ. Verkkajulkaisu. ABB. < <https://new.abb.com/ev-charging/fi/products/car-charging/dc-latausasema/terra-54-cj> >. Luettu 16.6.2021.