



Karelia-ammattikorkeakoulu
Talotekniikka (AMK)

Sähköautojen latauskartoitukset kiinteistön tiedoista

Opinnäytetyö

Pasi Vihavainen

Opinnäytetyö, joulukuu 2022

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
joulukuu 2022
Talotekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Pasi Vihavainen

Nimeke
Sähköautojen latauskartoitukset kiinteistön tiedoista

Toimeksiantaja
Sähköasennus Kuronen Oy

Tiivistelmä

Työssä tutkittiin ja koottiin sähköautojen tekniikkaa sekä niiden latausjärjestelmien suunnittelua, toteutusta ja niihin liittyviä säännöksiä. Tehtävänä oli saada aikaan opas sähköautojen latauksen myyntiin ja suunnitteluun liittyvän prosessin helpottamiseksi. Tavoitteena sujuvoittaa asiakkaalle tarjottavan järjestelmän suunnittelua, sekä nopeuttaa järjestelmävaihtoehtojen rajaamista.

Työssä perehdyttiin eri sähköautotyyppihin, niiden toimintamatkoihin ja akkukapasiteettiin sekä erilaisiin latausstandardeihin. Lisäksi sähköautojen lataukseen käytettävien laaturityyppien ominaisuudet, pistoketyypit, mittarointi, laskutus ja kuormanhallinta. Lähtötietojen selvittämisen tärkeyttä tuotiin työssä esiin. Kohteen tietojen, olemassa olevan sähkötekniikan sekä kaapeloinnin kartoituksen ja niiden pohjalta tehtävän analyysin prosessia käytiin läpi. Työssä käytiin läpi myös kiinteistön vapaasta tehoreservin selvittämistä ja sen käyttöä sähköautojen lataukseen.

Työn lopputuotteena rakennettiin työkalu, jonka avulla kohteen kartoitus ja oikean järjestelmän valinta nopeutuu. Työssä kuvataan työkalun kehitystä, ominaisuuksia ja sen toimintaa.

Kieli
suomi

Sivuja 39
Liitteet 1
Liitesivumäärä 5

Asiasanat
sähköauto, lataus, sähköjärjestelmät



THESIS
December 2022
Degree Programme in Building Services Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Pasi Vihavainen

Title
Surveying Electric Car Charging Based on Property Data
Commissioned by
Sähköasennus Kuronen Oy

Abstract
The work examined and compiled the technology of electric cars, as well as the design, implementation and the related regulations of their charging systems. The task was to come up with a guide to facilitate the process of selling and designing electrical vehicle charging. The aim was to streamline the design of the system offered to the customer and to speed up the delimitation of system options.

The work focused on diverse types of electric cars, their range and battery capacity, as well as different charging standards. In addition, the characteristics of the types of chargers used to charge electric cars, types of plugs, metering, billing and load management were studied. The importance of clarifying the initial data was highlighted in the work. The process of mapping the site's data, existing electrical engineering and cabling and analysis based on them were reviewed. The work also covered the study of the property's free power reserve and its use for charging electric vehicles.

The final product of the work was a tool to speed up the mapping of the site and the selection of the right system. The work describes the development and features of the tool and its operation.

Language
Finnish

Pages 39
Appendices 1
Pages of Appendices 5

Keywords
electric vehicle, charging station, electricity

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Ladattavat sähkö- ja hybridautot	6
2.1	Sähköautot.....	6
2.2	Sähköisen autoilun markkinatilanne	6
2.3	Sähköautojen tekniikka ja akut	8
2.4	Latausstandardit	10
2.5	Lataustarve	11
2.6	Latausasemat	12
2.6.1	Latauspistokkeet ja -teho	12
2.6.2	Mittaustavat ja laskutus	14
2.6.3	Kuormanhallinta.....	15
2.6.4	Tiedonsiirto ja sisäiset suojaukset	17
3	Säädökset ja tuet	19
3.1	Lait.....	19
3.2	Määräykset ja standardit.....	20
3.3	Tuet	22
4	Kohteen määrittäminen	23
4.1	Lähtötiedot	23
4.1.1	Keskukset ja suojaus	23
4.1.2	Kaapeloinnit	25
4.1.3	Kulutustiedot ja tehoreservi.....	27
4.1.4	Alkuperäisten autolämmitystolppien hyödyntäminen	28
4.2	Sähköjärjestelmien päivittäminen tai erillisen liittymän hankinta	30
4.3	Latausjärjestelmän valinta ja laskutustavat.....	31
5	Ohjelman ominaisuudet	31
6	Yhteenveto.....	35
	Lähteet.....	37

Liitteet

Liite 1 Laskennassa käytetyt kaavat

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koota sähkö- ja lataushybridiautojen latauskartoituksia varten ohjeistus, jonka pohjalta tehdään ohjelma yksinkertaistamaan kohteen tietojen käsittelyä ja oikean latausvaihtoehdon tarjoamista. Opinnäytetyö on tehty Sähköasennus Kuronen Oy:n toimeksiannosta ja sen tavoitteena on antaa työkalu helpottamaan kiinteistökohteiden sähköjärjestelmien kartoitusta sähköautojenlatauspisteiden kannalta sekä selkeyttämään myyntiprosessia. Otteita ja käytettyjä laskutoimituksia taulukkolaskentasovelluksella toimivasta selvitystyökalusta löytyy tämän työn liitteenä.

Uusien autojen myyntilastojen mukaan sähköautojen kysyntä on kovassa kasvussa ja jo muutaman vuoden ajan niiden määrä on kaksinkertaistunut vuosittain. Kysynnän kasvulle on monta syytä mutta etenkin fossiilisten polttoaineiden kallistuminen ja tulevaisuuden saatavuus, Euroopan Unionin tulevaisuuden ympäristötavoitteet, joihin kuuluu polttomoottoriautojen myynnin kieltäminen 2035 (Hiihimo & Heima 2022) sekä orastava latausinfra paraneminen ovat vauhdittaneet liikenteen sähköistymistä.

Ollakseen kilpailukykyinen vaihtoehto suomalaisessa autoilussa sähköautojen latausmahdollisuuden ja autojen tarjoaman kantaman on oltava kunnossa. Maailmanlaajuisesti julkisten latausasemien määrä ei kuitenkaan pysy myytävien autojen määrän perässä ja sama tilanne toistuu myös Suomessa (Paukkeri 2022). Tästä syystä kotilatausmahdollisuus onkin monen sähkö- tai lataushybridiauton omistajan toiveissa.

Työ lopputuloksena saatiin kirjallinen raportti, johon on koottu olennainen tieto latausasemakartoituksista ja sen pohjalta luotu taulukkolaskentaohjelmalla toimiva työkalu. Kohteen tiedot ohjelmaan syöttämällä saadaan kokonaiskäsitys, millaiset ovat valmiudet latausasema-asennuksille ja mitä muutoksia mahdollisesti tarvitaan, että päästään haluttuun lopputulokseen. Työkalu nopeuttaa sähköautojen latausasemien myyntiä valmiiden latausvaihtoehtojen esisyötön kautta, jolloin oikeanlaisen latausaseman valinta kohteeseen nopeutuu ja suuntaa antava hinta projektille on tiedossa.

2 Ladattavat sähkö- ja hybridautot

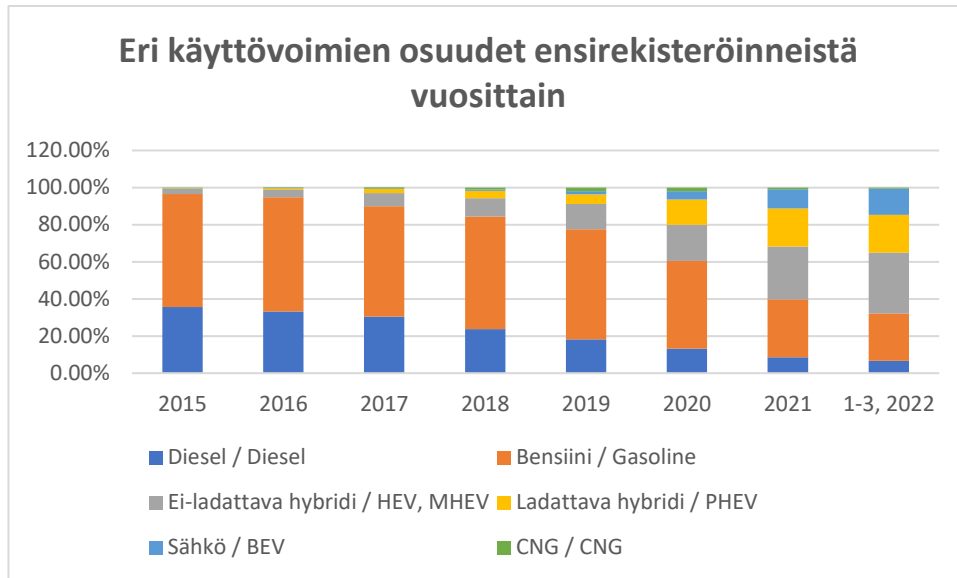
2.1 Sähköautot

Sähköajoneuvo on ajoneuvo, joka käyttää yhtä tai useampaa sähkömoottoria voimanlähteenä. Se voi saada virtansa jarrutusenergiasta, ajoneuvon ulkopuolisista lähteistä tai sitä voidaan käyttää itsenäisesti akuilla, joita voidaan ladataan aurinkopaneeleilla tai muuntamalla polttoaine sähköksi polttokennojen tai generaattorin avulla. Erilaisia versioita sähköajoneuvojen käyttövoimista löytyy täys-sähköisiä, ajomatkan pidentämällä varustettuja, ladattavia hybridisähköajoneuvoja sekä hybridisähköajoneuvoja erilaisilla moottoriyhdistelmillä (Motiva Oy 2022a.)

Sähköautot syntyivät ensimmäisen kerran 1800-luvun lopulla, jolloin sähkö oli yksi suosituimmista moottoriajoneuvojen käyttövoimamenetelmistä (Matulka 2014). 2000-luvulla sähköautot ovat nähneet elpymisen akkuteknologian kehityksen myötä. Samoin sen suosiota on lisääntynyt uusiutuvaan energiaan panostaminen sekä liikenteen aiheuttaman ilmastovaikutusten vähentämiseen pyrkiminen. Sähköautojen kiistattomiin etuihin kuuluu niiden hyvä hyötysuhde: sähköauto pysyvät muuttamaan jopa 77 % verkosta akkuun ladattavasta energiasta liike-energiaksi. Perinteiset bensiinikäyttöiset ajoneuvot kykenevät noin 12–30 % hyötysuhteeseen (U.S. Department of Energy 2022).

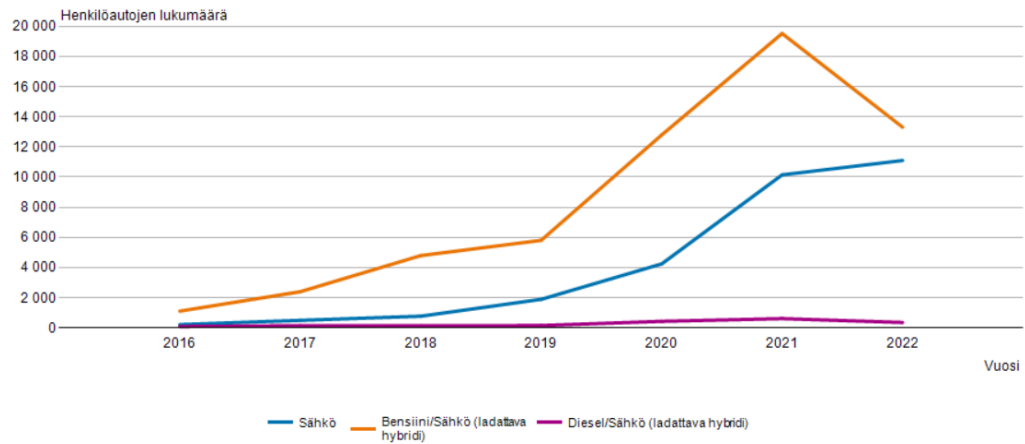
2.2 Sähköisen autoilun markkinatilanne

Tällä hetkellä sähkömoottorilla varustetut ajoneuvot kasvattavat kovalla vauhdilla osuuttaan markkinoilla. Vuonna 2022 hybridejä on myyty jo enemmän, kuin bensiinikäyttöisiä autoja (Autoalan tiedotuskeskus 2022). Myös ladattavien sähköautojen (BEV ja PHEV) osuus on samaa luokkaa hybridi tai bensiinikäyttöisten ajoneuvojen ensirekisteröintien kanssa (Kuvio 1).



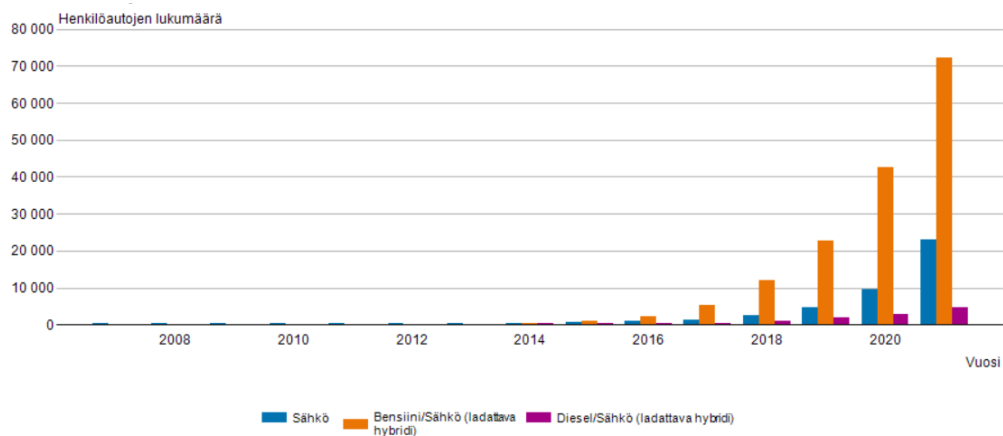
Kuvio 1. Tilasto vuosittaisista käyttövoimien osuuksista ensirekisteröinneissä. (Autoalan Tiedotuskeskus 2022).

Hybridiautojen etuja ovat fossiilisten polttoaineiden mahdollistama pidempi kantama latausmahdollisuuksien ulottumattomissa. Ladattavien hybridien akusto mitoitetaan huomattavasti täyssähköautoa pienemmäksi, jolloin latauksen tarve on tiheämpi. Täyssähköautoilla liikkuminen perustuu täysin akkujen varauskykyyn ja akkujen kapasiteettien kasvaessa myös niiden suosiossa näkyy selvää kasvua. Vuonna 2021 ladattavia henkilöautoja kaikista myydyistä käyttövoimamuodoista oli yli 30 % (Autoalan Tiedotuskeskus 2022). Vahva kasvu näkyy myös vuoden 2022 ensirekisteröinneissä. Tällä hetkellä Manner-Suomen tilastoista (Kuvio 2) näkyy kuinka varsinkin täyssähköisten henkilöautojen ensirekisteröinnit ovat vahvassa kasvussa vuosittain.



Kuvio 2. Ladattavien henkilöautojen rekisteröinnit Manner-Suomessa. (TrafiCom 2022).

Ensirekisteröintien määrä näkyy myös käytettyjen ladattavien henkilöautojen määrän kasvuna (Kuvio 3). Se, että Suomen autokanta, joka on muihin Euroopan maihin verrattuna vanhaa, alkaa uusiutua sähköautojen myötä nopeasti, tuo myös latausmahdollisuuksien tarjoamiselle hyvät lähtökohdat ja kasvavan kysynnän.



Kuvio 3. Liikennekäytössä olevat ladattavat henkilöautot. (TrafiCom 2022).

2.3 Sähköautojen tekniikka ja akut

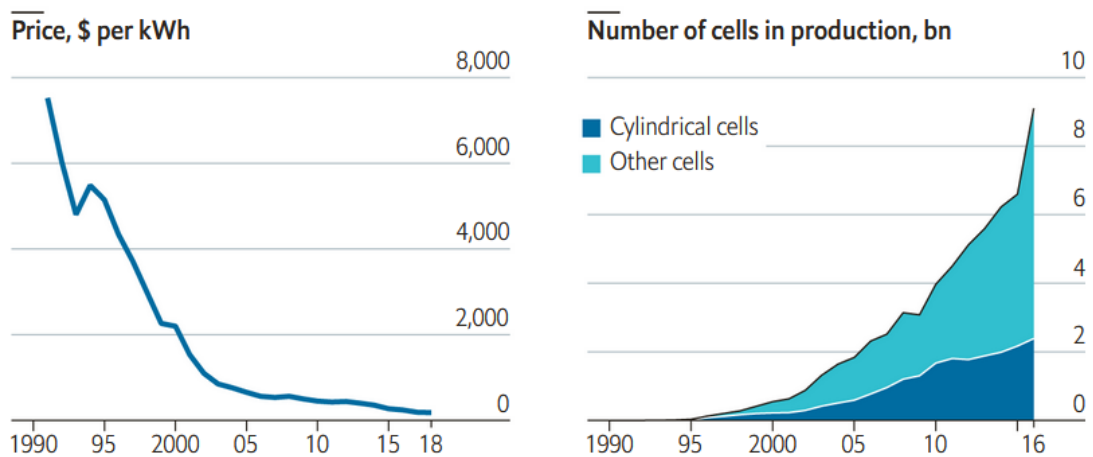
Autoja, jotka tarvitsevat tai hyötyvät latauksesta, yhdistää autoon asennettu ladattava akusto. Sähköautoissa akku toimii auton ainoana energianlähteenä, kun taas ladattavassa hybridiautossa akuston rinnalla toimii myös jokin muu

liikkumisen mahdollistava moottori. Yleisin lataushybridiyhdistelmä on bensiini-moottorin ja ladattavasta akusta energiansa saavan sähkömoottorin yhdistelmä (Motiva 2022b).

Ladattavissa ajoneuvoissa energianlähteenä käytetään pääasiassa lyijy- ja litiumakkuja. LFP-akku eli litiumrautafosfaattiakku ja NCM/NCA-akku (nikkeli-koboltti-mangaani / nikkeli-koboltti-alumiini) ovat yleisimmät litiumakkuteknologiat. Koska molemmissa teknologioissa on etunsa, ei yhtä akkuteknologiastandardia ole vielä valittu (Kriittiset Materiaalit 2022.)

Täyssähköautojen satojen kilojen akkujen jännitteet ovat yleensä 50–400 Voltin väliltä ja suurimmillaan kapasiteetit ovat yli sata kilowattituntia. Akkujen hintojen laskiessa (Kuva 1) ajoneuvojen akkukapasiteetit kasvavat (Economist 2022).

Worldwide, lithium-ion batteries



Kuva 1. Akkujen hinnan kehitys ja valmistusmäärät maailmanlaajuisesti vuosittain (Kuva: Micah S. Ziegler & Jessika E. Trancik)

Tällä on positiivinen vaikutus toimintamatkoihin, mutta samalla akustojen nopeamman latauksen tarve on yhä ajankohtaisempaa. Lataushybridien akut ovat tavallisesti 10–15 kWh luokkaa. Akkujen turvallisuudesta pitää huolen akustonvalvontajärjestelmä BMS, joka valvoo kennokohtaisesti akkujen olosuhteita, kuten lataus- ja varausjännitteitä sekä lämpötiloja (Sähköautot – Nyt! 2022).

2.4 Latausstandardit

Lataustavat määritellään standardissa EN 61851-1 ja ne on jaoteltu neljään eri tapaan tehon ja latauksen valvonnan perusteella, joista Suomessa suositellaan ensisijaisesti käytettäväksi lataustapoja 3 ja 4 (SESKO ry 2021).

Lataustapa 1 on tarkoitettu lähinnä kevyiden sähköajoneuvojen, esimerkiksi sähkömopojen lataukseen. Siinä maksimivirta on enintään 16 ampeeria tavallisesta pistorasiasta, joka on suojattu vikavirtasuojakytkimellä. Euroopassa lataus tapahtuu tavallisesta kotitalouspistorasiasta tai 1- tai 3-vaiheisesta voimapistorasiasta, joka on asennettu kiinteästi. Tässä lataustavassa latausjärjestelmä ei valvo latausta (SFS-EN 61851-1, 2017.)

Lataustapa 2 antaa mahdollisuuden korkeintaan 32 ampeerin lataukseen tavallisesta kotitalouspistorasiasta tai voimapistorasiasta. Toisena erona edelliseen on liitosjohdolta vaadittavat SFS-EN 62752 mukaiset ohjaus- ja suojalaitteyksiköt, jolloin lataustapahtuman turvallisuus on suoraa latausta parempi. Tätä lataustapaa käytetään lähinnä väliaikaisesti lyhytaikaisessa käytössä, jos tyyppin 3 lataustapaa ei ole käytettävissä. Suositeltava latausvirta on enintään 8 ampeeria, koska lataajalla ei aina ole tietoa sähköjärjestelmän ominaisuuksista (SFS-EN 62752, 2016.)

Lataustapa 3 on eurooppalainen sähköajoneuvon latauksen turvallisuusstandardi, joka on suunniteltu erityisesti sähköautojen lataukseen. Se mahdollistaa tavallisen ja puolinopean latauksen enintään 63 ampeerin virralla. Tässä lataustavassa ohjaustoiminnot sekä latauksenvälvonta tulee olla kiinteästi vaihtosähköön liitettyssä latauslaitteessa. Pistorasiana käytetään standardin EN 62196-2 mukaista pistorasiaa, jonka yhteydessä on tiedonsiirtoväylä turvallista latauksen ohjausta varten (EN 62196-2, 2016.)

Toinen sähköautoille suunniteltu lataustapa on tasajännitteellä tapahtuva lataustapa 4, joka mahdollistaa muita tapoja tehokkaamman latauksen. Myös siinä latauslaitteisto tulee olla kiinteästi sähköverkkoon kytketty ja latauksen ohjaus asemasta autoon tapahtuu tiedonsiirtoväylää pitkin. Suurin suositeltava

tasajännitelatausasema, 350 kW lataustehon antavana pikalaturi vaatii myös laitteistolta suurinta turvallisuustasoa, joka on määritelty standardissa EN 61851-23. Latausjohdon tulee olla kiinteästi latausasemassa, toisin kuin irrotettavaa latausjohtoa tukevassa lataustavassa 3 (EN 61851-23, 2017.)

2.5 Lataustarve

Sähköajoneuvon lataustarve määräytyy päivittäisten ajomäärien ja akun koon lisäksi ulkoisista olosuhteista. Motivan sähköautoja käsittelevän artikkelin mukaan polttomoottoriautoja energiatehokkaammat sähköautot kuluttavat tyypillisesti 15–25 kWh sataa kilometriä kohden, mutta esimerkiksi kylmällä ilmalla kulutus voi olla jopa tuplasti kovempaa (Motiva Oy 2022a).

Norjan autoliiton (NAF) tekemien testien mukaan uusimpien sähköautojen yli 600 km toimintasäde antaa jo hyvän lähtökohdan sähköauton päivittäiselle käytölle. Lataustestit DC-latausasemilla 100–270 kW teholla talviolosuhteissa osoittavat, että 25 minuutin latauksella on mahdollista saavuttaa 200–300 km toimintamatka (Norges Automobil-Forbund 2021.) Nopea lataus antaa täyssähköautolle lähes saman käytettävyyden, kuin polttomoottoriautolla. Taloyhtiöissä ja kotilatauksessa, joka tapahtuu yöaikaan, ei suurella nopeudella välttämättä ole niin suurta merkitystä. Toisaalta, kun autot pystyvät vastaanottamaan nopeaa latausta, voidaan taloyhtiöissäkin toteuttaa lataus yhteiskäyttöisellä latausasemalla, johon latausvuoro varataan samaan tapaan, kuin pyykkitupaan tunniksi kerrallaan.

Mercedes-Benzin EQ-täyssähköautoissa 200 kW DC-latauksella, jonka auto pystyy vastaanottamaan, on mahdollista saada akku kymmenen prosentin varauksesta täyteen noin 31 minuutissa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi EQS 450+ mallin 110 kWh akulla valmistajan ilmoituksen mukaan 755 ajokilometriä. Valmistaja mainitsee, että todelliseen virrankulutukseen voi vaikuttaa esimerkiksi auton kokoonpano, ajotyyli sekä sääolosuhteet. Myös ilmoitettu latausteho ja -aika voivat poiketa ilmoitetuista ohjearvoista (Mercedes-Benz 2022.) Akkukapasiteetin kasvaminen ohjaa myös latausasemien tehoja suuremmaksi, koska

normaalilla latausnopeudellakaan suurella kapasiteetilla varustetun täyssähköauton akkua ei pysty lataamaan tyhjästä täyteen ilman useamman tunnin odottelua. Latausnopeuden paraneminen ja autojen kyky ottaa vastaan nopeaa tasajännitelatausta osoittavat, että sähköautoilu alkaa lähestyä polttomoottoriautojen vastaavia toimintamatkoja ja tankkauskokemusta.









Täyssähköautojen akkukoko on autovalmistajien antamien tietojen mukaan välillä 28,5–110 kWh. Tämä tarkoittaa, että jos halutaan autojen akut ladatuksi yön aikana tyhjästä täyteen, pitää kapasiteettia varata reilusti yli 10 kW jokaista autoa kohti. Käytännössä latausasemien antaessa mahdollisuuden nopeampaan lataukseen ja kuormanhallintaan voidaan kapasiteetti laskea alemmaskin keskiarvoisen akkukapasiteettiin perustuen.

2.6 Latausasemat

2.6.1 Latauspistokkeet ja -teho

Latauspistokkeina lataustavasta 2 alkaen käytetään sähkökulkuneuvoille suunniteltuja pistokkeita. Eurooppalaisissa autoissa on yleisesti käytössä Type 2 -latauspistoke, joka sopii myös CCS2-liittimellä varustettuun sähköautoon ja latausasemaan (SESKO ry 2021). CHAdeMO ja CCS2 mahdollistavat nopean tasajännitelatauksen (Kuva 2).

Liitintyytit

	Yhdysvallat	Japani	EU	Kiina
AC	 J1772(TYPE1)	 J1772(TYPE1)	 TYPE2	 GB/T
DC	 CCS1	 CHAdeMO	 CCS2	 GB/T

Kuva 2. Erilaiset latausliittimet (Kuva: Finlux Pro)

Vähimmäistehoksi ST-kortissa 51.90 määritellään 2 kW (noin 8,7 A) latauspistettä kohden, joka perustuu 6 ampeerin standardoituun minimilatausvirtaan sekä häviöihin (Sähkötieto ry 2021, 7) ja auton lisälaitteiden tarvitsemaan virtaan. Näin lataus lähtee käyntiin, vaikka olosuhteet eivät olisikaan aivan optimaaliset. Lataustavan 2 suositus on rajoittaa lataus maksimissaan 8 ampeeriin ja lataustavan 3 AC-asemien nimellistehot ovat yleisesti 7,4–22 kW. Täyssähköautojen tasasähkölatauksien tehot alkavat 50 kW tehosta ja suuremmat lataustehot, aina 350 kW saakka, yleistyvät autojen vastaanottokyvyn parantuessa.

Keskimäärin suomalaisen ajomatka on 15 kilometriä ja keskimäärin vuorokaudessa ajoja kertyy 41 kilometriä selviää 2016 henkilöliikennetutkimuksesta (Taulukko 1). Tästä voidaan tehdä karkea johtopäätös, että lataustapahtuman aikana saatava toimintamatka tulisi olla ainakin 50 kilometriä. Suosituksena onkin kaupungissa 100 km ja maaseudulla 200 km latausvalmius yöaikaisella latauksella (Sähkötieto ry 2021, 7). Jos ajoneuvo kuluttaa 20 kWh/100 km ja latausnopeus on 2 kW/tunti saadaan 5 tunnin latauksella katettua keskimääräinen vuorokauden liikkuminen.

Taulukko 1. Suomalaisten vuorokausitason liikkuminen. (Taulukko: Liikennevirasto)

	Kotimaanmatkat
matkaluku (matkaa/henkilö/vuorokausi)	2,73
matkasuorite (km/henkilö/vuorokausi)	40,7
kokonaismatka-aika (min/henkilö/vuorokausi)	73,4
matkan keskipituus (km/matka)	14,9
matka-ajan keskiarvo (min/matka)	26,9

Välimatkat pitenevät, kun siirrytään kauemmas keskustoista kohti syrjäseutuja. Toinen vaikuttava tekijä on lämpötilavyöhykkeet. Talvisin, kun sähköautojen akustot ovat kylmän ilman takia kovilla pohjoisemmassa sijaitsevat kohteet saattavat vaatia suurempaa lataustehoa, jotta nopeammin tyhjenevät akustot saadaan ladattua riittävässä ajassa.

2.6.2 Mittaustavat ja laskutus

Laskutusta varten latausasemien sähkönkulutusta on mitattava Euroopan Unionin yhteinen MID-direktiivin (Measuring Instruments Directive, 2014/32/EU) mukaisella sähköenergian mittauslaitteella. Tällöinen mitatun käytetyn sähkön määrän virhemarginaali on varmasti määriteltyjen normien sisällä. Myös käyttäjän pitää pystyä lukemaan mittaria, joko fyysisesti tai tieto pitää olla etäluettavissa pilvi- tai mobiilisovelluksesta. Direktiivissä ohjeistetaan varustamaan kulutusmittauksiin tarkoitetut mittauslaitteet näytöllä, josta kuluttaja voi helposti nähdä lukeman, jonka mukaan hinta maksetaan. Muuhun kuin laskutettavaan kulutuksen seurantaan voidaan käyttää myös muita tehomittareita sekä latausaseman tai auton järjestelmiä. (Mittalaitedirektiivi 2014/32EU).

Latauksen laskutus voidaan toteuttaa aika tai kulutusperusteisesti. Tavallisin tapa taloyhtiöissä on ladatun energian mukaan. Muita tapoja on latausaika-, lataus-teho ja pysäköinti-aika latausaseman sisältävällä parkkipaikalla mutta näiden käyttö ei ole asukaslatauksissa perusteltuja. Laskutuksen perustana oleva mitaus voi olla parkkipaikkakohtaisten latausasemien kyseessä ollessa suoraan piharasiassa, joista niiden lukemat luetaan manuaalisesti. Toinen vaihtoehto on yhteiskäytössä olevien latausasemien kohdalla tunnistautuminen, jolloin ladattu energia voidaan kohdistaa lataajalle. Tunnistautumiseen voidaan käyttää RFID-tekniikkaa (Kuva 3) käyttäviä siruja tai mobiilisovellusta, jolla latauslupa valtuutetaan.



Kuva 3. RFID-tunnisteita avaimenperänä ja korttimuodossa (Kuva: Partco Oy)

Laskutuksessa voidaan hyödyntää yksilöityjä RFID-tunnisteita niin, että lataustapahtuma kirjautuu käytön mukaan. Tällöin latausaseman pitää olla yhdistettynä tiedot säilyttävään palveluun, josta ne on helppo ottaa kirjanpitoon laskutusta varten.

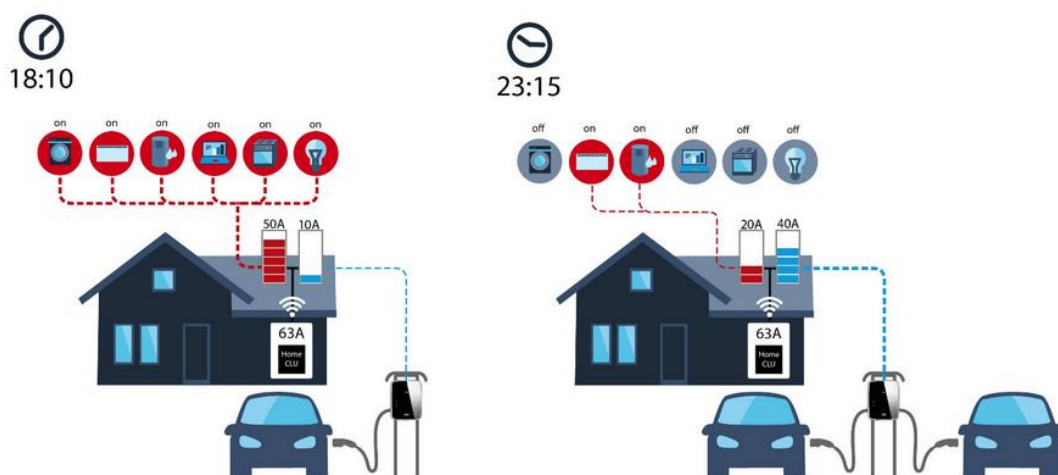
2.6.3 Kuormanhallinta

Ilman kuormanhallintaa lataustehot pitää pystyä määrittelemään etukäteen niin, että huonoimmassakaan tilanteessa lataus ei ylikuormita kiinteistön sähköjärjestelmää. Latausasemia mitoitettaessa korjauskertoimena on aina 1 eli kaikki

asemat ovat yhtä aikaa käytössä. Ohjeistus suosittaa, että yksittäinen asema mitoitetaan 22 kW mukaan, kun taas useamman aseman järjestelmässä yksittäiselle asemalle voidaan käyttää standardin määrittelemää pienintä 2 kW lataustehoa. (SESKO ry 2021.) Lataukseen vaadittavan tehon tarpeen määrittämiseen löytyy myös kokemusperäinen laskentamalli sähköajoneuvojen lataustehon määrittämiseen kaava liittymän mitoitusta käsittelevässä ST-kortista 13.31 (Sähkötieto ry 2020, 4).

$$\text{Sähköajoneuvojen lataus: } P_{\text{sähköajoneuvojen lataus}} = \frac{\text{haluttu toimitasäde latauskerralla (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{\text{auto}}}{\text{latauskerran aika h}} \quad ^6$$

Sähköautojen latauksen yhteydessä kuormanhallinnalla tarkoitetaan järjestelmää, joka yksinkertaisimmillaan katkaisee latauksen, kun tietty tehoraja kiinteistössä ylittyy, jotta kiinteistön sähkölaitteisto ei ylikuormittuisi. Tällainen on/off-tyyppinen kuormanhallinta toimii kiinteistön syöttöjohtoon asennettavien virranvalvontareleiden ohjaamana. Koska lataustehoa ei säädetä älykkäästi vaan koko lataus loppuu määritellyn virran ylittyessä tämä kuormanhallinta voi olla, edullisuudesta huolimatta, ongelmallinen. Jos sähkölaitteisto on muutenkin melko suurella kuormituksella latausaika saattaa jäädä vähäiseksi varsinkin talviaikaan. Kuormanhallinta varustettuna logiikalla (Kuva 4) antaa mahdollisuuden parempaan vapaan kapasiteetin hyödyntämisen.



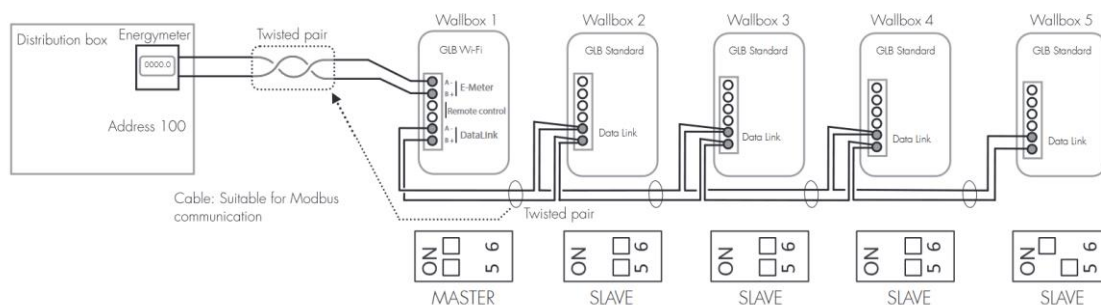
Kuva 4. Kuormanhallinta käytännössä, jossa vapaa kapasiteetti käytetään lataamiseen (Kuva: Defa Oy)

Kun järjestelmässä mitataan kiinteistön sähkönkulutusta ja säädetään latausasemien ottamaa maksimivirtaa sen mukaan sekä jaetaan vielä vapaa kapasiteetti käytössä olevien latausasemien kesken päästään todella hyvään lopputulokseen. Käytännössä taloyhtiöissä tämä voisi tarkoittaa sitä, että latauksen voisi laittaa kiinteistökeskuksen muun kuormituksen rinnalle. Kun yöaikaan esimerkiksi pyykkituvan koneiden käyttö tai saunominen ei kuormita keskusta voidaan sen vapaa teho syöttää autolataukseen. Useamman latausaseman kohteissa on syytä myös muistaa vaihekierto, jolla taataan kuormituksen tasaisempi jakautuminen vaiheiden kesken (Kenkilä 2022.)

2.6.4 Tiedonsiirto ja sisäiset suojaukset

Sähköautojen latauksen hallintaan kuuluu lataustavasta 2 alkaen tiedonsiirtoa. Vaikka vähimmillään se on vain kommunikaatiota latauskaapelin kanssa, sillä on merkitystä latauksen turvallisuuteen esimerkiksi latausvirran määrittelyn kautta. Lataustapahtuman tietoja voidaan käyttää myös laajemmin, kun halutaan hallinnoida ja kerätä dataa lataustapahtumasta. Tiedonsiirtoa varten eri laitetuotoimittajilta löytyy monenlaisia ratkaisuja kaapeloidusta Modbus-väylästä

(Kuva 5) kaikkiin nykyaikaisiin langattomiin tekniikoihin, jota hallinnoidaan joko mobiililaitteella, tietokoneyhteydellä tai pilvipalvelun kautta.



Kuva 5. Garo latausasemien Modbus-väyläinen tiedonsiirtoväylä (Kuva: Garo Oy)

Open Charge Alliance on kehittänyt yhtenäistä kommunikointitapaa sähkökulkuneuvojen latausjärjestelmissä. Taustajärjestelmiä varten on kehitetty avoin OCPP-standardi (Open Charge Point Protocol) kommunikointirajapintaa varten (ABB 2022). Yhteisen standardin käyttö takaa sen, toimivan integraation latausjärjestelmien, sähkökulkuneuvojen ja sähköverkon välillä ja se on helposti käytönotettavissa myös kolmansille osapuolille. Toinen järjestön kehittämä standardi on OSCP, joka on tarkoitettu latausasemien ja siirtoverkon hallintajärjestelmien väliseen kommunikointiin. Tässä protokollassa käytetään muun muassa vuorokauden ennustetta siirtoverkon käyttöasteesta, jolloin siihen liitetyllä latausinfraalla voidaan ennustettujen kuormitushuippujen aikana lataustehoja pienentää. (GreenFlux 2022.)

Latausasemien sähköturvallisuuteen pyritään määrittelemällä vaatimukset latausasemien sisäisistä suojuksista, joita ovat ylivirtasuojaus, maasulkusuojaus ja ylijännitesuojus. Edellisten lisäksi myös DC-vuotovirran valvonta on monessa markkinoilla myynnissä olevassa latausasemaan tullut vakioksi, koska se mahdollistaa syötön vikavirtasuojauksen huomattavasti edullisemmalla ja yleisemmällä A-tyyppin vikavirtasuojakytkimellä kalliin B-tyyppin tasavikavirtaa vastaan suojaavan sijaan.

3 Säädökset ja tuet

3.1 Lait

Sähköajoneuvojen latausasemien asentamista suunnitellessa on otettava huomioon Euroopan Unionin direktiivit ja Suomen lainsäädäntö. 733/2020 eli Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä vaatii, että kaikkiin uusiin tai korjattaviin taloyhtiöiden pysäköintialueisiin täytyy asentaa sähköauton latausvalmius ja jos parkkipaikkoja on enemmän kuin neljä myös normaalitehoinen latauspiste. Tällä lailla tavoitellaan latausinfraverkon nopeaa laajenemista ja taloyhtiöiden osallistumista latausmahdollisuuksien tarjoamiseen. Sama laki myös määrittelee myös, että uuden muun kuin asuinrakennuksen yhteyteen, jossa on yli 10 autopaikkaa on asennettava normaali latausasema jokaista 50 autopaikkaa kohden kolmeen asemaan asti. Myös parkkialueen latausvalmiuden rakentamisesta sekä pysäköintitalojen latauspisteistä säädetään tässä laissa (Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä, 733/2020).

Asunto-osakeyhtiölaki 1599/2009 määrittelee yhdenvertaisuusperiaatteen, jota taloyhtiöiden latausasemapäätöksiä tehtäessä otettava huomioon. Kaikille osakkeen omistajille on tarjottava samanlainen mahdollisuus samoilla ehdoilla ja edellytyksillä latauspisteen asentamiseen autopaikalleen. Jos latausinfra rakentaminen onnistuu kiinteistön sähköjärjestelmän ja vapaan kapasiteetin puitteissa kohtuullisin kustannuksin voidaan asiasta päättää enemmistöpäätöksensä yhtiökokouksessa (Asunto-osakeyhtiölaki 1599/2009.)

Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta suosittelee julkiset latauspisteet varustettaviksi älykkäällä latausjärjestelmällä ja se esitetään seuraavasti:

- - älykkäällä latauksella latausjärjestelmää, joka sisältää tietoliikenneyhteyden ajoneuvon ja latauslaitteen välillä sekä tietoliikenneyhteyden latauslaitteen ja latauspalveluntuottajan välillä mahdollistaen lataustapahtuman reaaliaikaisen mittauksen ja ohjauksen sekä lataustehon porrastetun säädön ylöspäin ja alaspäin kesken lataustapahtuman ilman, että lataus keskeytyy (Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta 478/2017).

Mittauslaitelaisissa määrittää vaatimukset mittauksille, kun sähköauton lataamiseen käytettyä sähköenergiaa mitataan laskutusta varten (Mittauslaitelaki 707/2011). Valtioneuvoston asetus 66/2009 sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta määrittelee mittarointeja, joiden pohjalla on laskutus latausasemissa (Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 66/2009).

3.2 Määräykset ja standardit

Suomen sähköteknisen alan kansallinen standardointijärjestön (SESKO ry) asiantuntijaryhmä on laatinut lataussuosituksen, jossa he esittävät ohjeita uusille sähköajoneuvojen lataukseen käytettäville tehtäville asennuksille, olemassa olevien laajennukseen sekä turvalliseen tapaan tehdä muutoksia latauksen mahdollistamiseksi (SESKO ry, 2020).

Latausasemien sähkönsyötössä käytettävissä sähköverkoissa sekä niitä suunnitellessa on huomioita erityisesti sähköturvallisuus. Standardisarjassa 6000 määritellään pienjänniteasennuksia koskevat perusvaatimukset.

Sähköajoneuvojen lataamiseen käytettävien kiinteistöjen sähköverkkojen erityiset asennusvaatimukset esitetään standardissa SFS 6000-7-722, jossa annetaan erityisvaatimuksia sähköajoneuvojen lataamiseen tarkoitetuille asennuksille. Standardissa mainitaan myös kartoitukseen liittyviä asiayhteyksiä seuraavasti:

Käyttöönottotarkastuksen yhteydessä on tarkastettava myös latausaseman asennuksen vaikutukset olemassa olevaan asennukseen (esim. kuormitusvirran kasvusta johtuvat vaikutukset kaapelien kuormitettavuuteen ja ylivirtasuojaukseen) - - Ennen kuin sähköajoneuvojen latausjärjestelmää

palvelevaa sähkönjakelua uusitaan, on selvittävä miten olemassa olevan sähköliittymän teho- ja energiakapasiteetti riittävät (SFS 6000-7-722, 2017).

Muita sähköautojen lataamiseen liittyviä standardeja on SFS-EN 61851-1, jossa ladattavan auton latauslaitteen ominaisuudet ja käyttöolosuhteet, syöttölaitteen ja sähköauton välisen yhteyden määrittely sekä syöttölaitteiden sähköturvallisuusvaatimukset. (SFS-EN61851-1, 2017) Menetelmiä toiminnallisen turvallisuuden saavuttamiseksi ainoastaan sähkömagneettisten ilmiöiden osalta käydään läpi julkaisuissa SFS-EN 61000-6-2 ja -3 (SFS-EN IEC 61000-6, 2019).

Standardissa SFS-EN 61851-23 Käydään läpi yleiset vaatimukset sähköauton DC- latausaseman ja sähköauton väliselle ohjausviestinnälle (SFS-EN 61851-23, 2016) ja SFS-EN 61851-24 Vaatimukset digitaaliselle viestinnälle DC-latausaseman ja sähköajoneuvon välillä latauksen ohjaamiseksi (SFS-EN 61851-24, 2016).

SFS-EN 62196-1 (SFS-EN 62196-1, 2016) ja -2 (SFS-EN 62196-2, 2017) julkaisuissa käydään läpi AC-pistokytkimet ja sitä sovelletaan pistorasioihin, pistorasioihin, ajoneuvon liittimiin, ajoneuvon sisääntuloihin ja sähköajoneuvojen kaapelikokoonpanoihin. Niiden nimellinen nimelliskäyttöjännite on enintään 480 VAC, 50 Hz - 60 Hz ja nimellisvirta enintään 63 A kolmivaiheisena tai 70 A yksivaiheisena. Samat säännökset annetaan standardeissa SFS-EN 61851-1 ja -3 tasajännitelatauksille, joiden nimellinen käyttöjännite on enintään 1 500 VDC ja nimellisvirta enintään 250 A, 1 000 VAC ja nimellisvirta enintään 250 A.

Latauskaapelistandardi (SFS-EN 50620, 2017) määrittelee suunnittelu-, mitat- ja testausvaatimukset halogeenittomille kaapeleille, joiden jänniteluokitus on enintään 450/750 V. Kaapelit on tarkoitettu joustaviin sovelluksiin vaikeissa olosuhteissa sähkönsyöttöpisteen tai latausaseman ja ajoneuvon välistä virransyöttöä varten. Suojalaiteyksikköä koskevaan standardia (SFS-EN 62752, 2016) sovelletaan kaapelinsisäisiä ohjaus- ja suojalaitteita (IC-CPD) sähkökäyttöisten maantieajoneuvojen latausta varten lataustavassa 2 eli irrallisella kaapelilla, jossa on suojalaite.

IEC 62955 standardi koskee tasavirran valvontaa (RDC-DD) kiinteästi kytkettyjen lataustavan 3 vaihtovirtalatausasemien osalta, kun nimellisjännite on enintään 440 VAC ja nimellistaajuus 50 Hz, 60 Hz tai 50/60 Hz ja nimellisvirrat enintään 125 A (IEC 62955, 2018). Lataustapojen 3 ja 4 latausasemille koteloinnit määritellään standardissa IEC/TS 61439-7 (IEC/TS 61439-7, 2022).

Kansainvälinen standardi sähköiskulta suojaamista antaa sähköasennuksille ja -laitteille peruseriaatteet ja vaatimukset kaikilla jännitteillä ja virroilla alle 1 kHz taajuuksilla (SFS-EN 61140, 2018). Toinen sähköisten järjestelmien turvallisuuden liittyviä järjestelmiä käsittelevä standardi on EN 61508 (SFS-EN 61508, 2011).

3.3 Tuet

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA tulee myöntämään vuosina 2022–2023 sähköautojen latausinfraan rakentamiseen avustuksia 30 miljoonaa euroa. Myös taloyhtiöiden on mahdollista hakea näitä avustuksia. Avustusta voivat saada kerralla vähintään viiden latauslaitteen edellyttämiä kiinteistöjen sähköjärjestelmien muutoksiin. Sen hakeminen on mahdollista asuinrakennuksen omistavavilla yhteisöillä eli esimerkiksi taloyhtiöillä, vuokrataloyhteisöillä sekä edellä mainittujen omistamilla pysäköintiyhtiöillä (IGL-Technologies Oy 2022.)

Latausinfraa projektia budjetoidessa avustusten kanssa on huomattava että, avustus on 35 % toteutuneista kuluista mutta kuitenkin enintään 90 000 euroa. Tehokannuste nostaa tuen määrän 50 % ja sen edellytyksenä on, että puolella pysäköintipaikoista on mahdollisuus ladata 11 kW:n teholla. Kustannuksiin, joihin voi saada avustusta kuuluvat taloyhtiössä tehtävä tarvekartoitus, projektin hankesuunnittelu, sähköpääkeskukseen muutostöiden aiheuttamat kustannukset, sähköliittymän koon muutokseen liittyvät kustannukset, kaapeloinnit ja kaapelireitit tavanomaisine maanrakennus töineen sekä tuen saajan omistuksessa olevat latauslaitteet (ARA 2022.)

4 Kohteen määrittäminen

4.1 Lähtötiedot

Kartoitus- tai selvityspyyntö käynnistää prosessin, jossa kohteen tarpeet ja mahdollisuudet tutkitaan, analysoidaan ja tuotetaan päätelmistä raportti tai toimenpidesuunnitelma. Yleensä pyyntö tulee taloyhtiöiden tapauksessa isännöintitoimistojen kautta. Ensimmäiseksi kohteesta kannattaa hankkia yleistiedot, selvittää projektin yhteyshenkilöt sekä huoltoyhtiö, jotta kohteeseen pääsee tutustumaan tarvittaessa. Lisätietoja taloyhtiökohteista voi antaa taloyhtiön isännöintiyhtiö tai puheenjohtaja. Koska pyyntö kartoitukselle on tullut, on tarve lataukselle olemassa tai vireillä. Kartoituksen lähtötiedoiksi on hyvä tiedustella millaisia tarpeita asuntoyhtiössä lataukselle on. Nykyiset tai harkinnassa olevat autotyypit vaikuttavat siihen mikä lataustapa olisi kohteeseen järkevin toteuttaa.

Latausinfraa taloyhtiöihin suunnitellessa tulee ottaa huomioon taloyhtiön asukkaiden ja taloyhtiön hallituksen näkemys lataustarpeesta. Jos yhtiössä asuvilla on jo ladattavia ajoneuvoja, voi niiden tyyppi antaa osviittaa parhaiten tarpeeseen sopivasta kokoonpanosta. Toiveena voi olla yhteiskäyttöinen latausasema tai asukkaiden autopaikoille latausmahdollisuus, jolloin yhdenvertaisuus on tärkeä muistaa. Myös kulujen jako on syytä selvittää, koska suurempiin investointeihin tarvitaan yhtiökokouksen päätös. Parkkipaikkojen sijainti ja omistussuhde voi vaikuttaa miten niille voidaan latausmahdollisuuksia suunnitella (IGL-technologies 2022.)

4.1.1 Keskuksien ja suojaus

Kiinteistön sähköjärjestelmää kartoittaessa keskuksiin on syytä kiinnittää huomiota, ja varsinkin vanhemmissa taloissa, erityisellä tarkkaavaisuudella. Sähköjärjestelmän tekniseksi käyttöikäksi mainitaan eri lähteissä 30–50 vuotta ja Rakennustiedon Kiinteistön kuntoarvio -kortin mukaan jo 16–25 vuotta vanhat keskuslaitteet luokitellaan suoraan tyydyttäväkuntoiseksi (Rakennustieto 2019).

Monessa 70-luvun ja vanhemmassa talossa siis koko sähköjärjestelmä voi olla siinä pisteessä, että sen uusimista kannattaa harkita. Kiinteistön kytkinlaitosten ja kaapelointien uusiminen on toki iso saneeraus ja se kannattaa varmasti suunnitella muiden suurien remonttien yhteyteen. Sähköjärjestelmän uusinnan yhteydessä latausmahdollisuus on syytä ottaa huomioon jo valmiiksi vähintään varauksena.

Kiinteistön liittymiskaapelin koko selvitetään ja verrataan sitä liittymän kokoon ja keskusten oikosulkukestoisuuteen. Jos liittymässä on suurentamisvaraa syöttökaapeliin nähden, voidaan liittymää suurentaa latausjärjestelmän suurentamiseksi. Sähköpääkeskuksesta voidaan tutkia laitteiston kunto mittauksin ja lämpökuvaamalla, jotta varmistutaan laitteiston täyden potentiaalın hyödyntämisen turvallisuudesta.

Mittaukset voi ryhmitellä sähkölaitteiston osalta kolmeen pääryhmään: hetkelliset perussuuremittaukset, seurantamittaukset ja turvallisuusmittaukset. Perussuuremittauksissa mitataan hetkellisesti laitteiston virta, jännite ja taajuus. Näiden perusteella voidaan päätellä nopeasti laitteiston periaatteellinen kunto. Seurantamittauksilla saadaan esiin epätavallisuudet, jotka ilmenevät vain hetkittäin. Turvallisuusmittaukset sisältävät mittauksia, jotka vaikuttavat laitteiston käytön turvallisuuteen. Mittauksista valitaan aina kohteeseen parhaiten sopivat. Latauskartoitusta varten sähköjärjestelmän oikosulkuvirta- ja eristysresistanssimittaukset voisivat tulla kysymykseen, jos laitteisto on jo hiukan vanhempi (Sähkötietory 2018.)

Seuraava tarkastettava asia sähköjärjestelmässä on kiinteistöosan noususulakkeet ja mahdollisesti kiinteistökeskuksen virrankesto. Jos latausjärjestelmälle ei oteta uutta liittymää tai se ei ole taloyhtiöiden tapauksessa suoraan osakkaiden omien sähköliittymien takana, tulee latauksessa käytetty sähkö laskutukseen kiinteistön sähkömittauksesta. Myös noususulakkeiden suurentamismahdollisuus on syytä tarkastaa etenkin, jos liittymäkoko kasvatetaan.

Latausasemat tulee suojata mitoitus toimintavirrallaan enintään 30 mA vikavirtasuojalla. Vapaiden lähtöjen ja vikavirtasuojien ottaman tila keskuksesta on

syytä ottaa huomioon tutkiessa keskuksen soveltuvuutta lataukseen. Osassa latausasemia vikavirtasuojakytkin löytyy asemaan integroituna, jolloin niitä ei tarvitse lisätä keskuspäähän. Lataustavan 3 latauslaitteissa vikavirtasuojaus pitää toteuttaa myös silloin, kun tasasähkövirta ylittää 6 mA. Vikavirtasuojan on oltava tyyppiä B, eli tasavikavirralla suojaavaa tyyppiä mutta tyyppin A vikavirtasuoja, jos käytössä on tasavirran valvontaan soveltuvia laitteita tai käytetään latauslaitteeseen integroitua tasasähkövikavirtasuojaa. Latauslaitteisto voi olla järkevä liittää osaksi taloautomaatiojärjestelmää, jolloin automaatiojärjestelmä voi esimerkiksi tulipalon sattuessa lopettaa lataukset turvallisuussyistä.

Suunnittelussa on otettava huomioon sähköajoneuvon syöttöön tarkoitettu keskus ja käytettävän piirin suojalaitteet tulee mitoittaa niin, että se ei ylikuormitu pitkäaikaisestakaan sähköajoneuvon latauksesta täydellä kuormituksella edes vuoden lämpimään aikaan. Mitoituksen pitää siis perustua tilanteeseen, jossa ilmanlämpötilana käytetään vähintään 30 °C ja maan lämpötilana 20 °C. Tilaa keskuksessa on varattava suojalaitteille, vikavirtasuojaukselle ja mittalaitteille. Varsinkin vanhemmissa keskuksissa erillisen latausosan asentaminen voi olla järkevää. (SESKO ry 2021.)

4.1.2 Kaapeloinnit

Kiinteistön sähköjärjestelmää kartoittaessa kaapelointiin on syytä kiinnittää huomiota. Samoin kuin keskustenkin osalta kaapelointien tekniseksi käyttöikäksi mainitaan eri lähteissä 30–50 vuotta. Kiinteistön kuntoarvio -kortin mukaan 30 vuotta vanhat kytkinlaitteiden väliset kaapeloinnit luokitellaan suoraan tyydyttäväkuntoiseksi. Ryhmäjohtojen osalta saman luokituksen saavat jo 16–20 vuotta vanhat asennukset. (Rakennustieto Oy 2018.)

Silmämääräisellä tarkastuksella voidaan todeta kaapeloinnin kiinnitykset ja mahdolliset kaapelireittien ja kaapeleiden eristykseen liittyvät ongelmatilanteet. Kiinteistön syöttökaapelin koko vaikuttaa kiinteistön suurimpaan mahdolliseen liittymäkokoan (Kuva 6). Monesti kiinteistöjen syöttökaapeli on mitoitettu niin, että liittymäkoon kasvattaminen on mahdollista.

Pääsulakekoko A (asennustapa D1, viereisten putkien välinen etäisyys 0, ei todennusvaatimusta asennustavalle/ -reitille)	Liittymisjohtolaji (AXMK)	Suurin sallittu pääsulakekoko A (Vain jos palonkestävä asennus, jolloin toteutettu asennustapa/ -reitti todennettava selvityksellä verkkoyhtiölle)
3x25 - 3x35	4x25S	3x63
3x25 - 3x63	4x50S	3x100
3x63 - 3x125	4x95S	3x160
3x63 - 3x160	4x150S	3x200
3x63 - 3x200	4x240S	3x250
2 x (3x200)	2 x 4x240S	2 x (3x250)
3 x (3x160)	3 x 4x240S	3 x (3x200)
4 x (3x160)	4 x 4x240S	4 x (3x200)
5 x (3x125)	5 x 4x240S	5 x (3x160)
6 x (3x125)	6 x 4x240S	6 x (3x160)
7 x (3x125)	7 x 4x240S	7 x (3x160)
8 x (3x125)	8 x 4x240S	8 x (3x160)
9 x (3x125)	9 x 4x240S	9 x (3x160)
10 x (3x100)	10 x 4x240S	10 x (3x160)

Kuva 6. Liittymisjohdon vaikutus pääsulakekokoon (Kuva: Elenia)

Toinen mahdollinen tilanne on liittymäkoon liian suuri koko kiinteistön kulutukseen verrattuna, jolloin vapaata potentiaalia on runsaasti. Tällaisen tilanteen voi selittää kiinteistössä tapahtuneet muutokset sähköjärjestelmässä. Pyykkitupa on voinut muuttua reilusti energiatehokkaammaksi tai taloyhtiön kylmiö on muutettu muuhun käyttöön. Myös lämmitysjärjestelmän muutokset energiatehokkaammiksi lisäävät vapaan kapasiteetin mahdollisuutta. Tarkemmin kiinteistön sähköjärjestelmän teoreettiset mahdollisuudet selviävät kiinteistön tilastoiduista huipputehotaulukoista.

Jos latausjärjestelmä päätetään toteuttaa uusin kaapeloinnein, joka on suositeltavaa, pitää saada uusi kaapelireitti autopaikalle. Sisätiloihin asennettavat kaapelit lisäävät kiinteistön palokuormaa, jolloin uusia kaapeleita asennettaessa on otettava huomioon, ettei palotilanteen olosuhteita huononnetta. Standardisarjassa 6000 mainitaan, että maanalaisissa pysäköintitiloissa suositellaan D_{ca}-s2d2a2 –luokan kaapeleiden käyttöä niiden halogeenittomuuden ja vähäisen savunmuodostuksen takia (SESKO ry 2021). Samoin hätäpoistumiseen käytettävien tilojen kautta kulkevat kaapeloinnit on syytä toteuttaa nykysäädösten mukaisesti omana palo-osastonaan.

Uudet maakaapelit tulee asentaa suojaputkeen, jolloin ne ovat helposti vaihdettavissa suurempiin tai korvattavissa uusilla rikkoutumisen sattuessa. Samalla kannattaa asentaa myös oma suojaputki kuormanhallinnassa tarvittavia tiedon siirtokaapeleita varten. Myös varaputkien asennusta latauspisteiden lisäämisen helpottamiseksi kannattaa tapauskohtaisesti harkita.

Latausasemalle suositellaan kuparikaapelointia keskukselta (Ensto Oy 2021), jolloin asennettavuus helpottuu ja eikä tarvetta vaihtoliittimille ole. Kaapeli voidaan ketjuttaa asemalta toiselle, jolloin kaapelimenekki voi olla huomattavasti pienempi. Ketjutusta varten kaapelin koko on kuitenkin mitoitettava riittäväksi. Keskusten väliset kaapelit voivat olla alumiinia, jos paikoitusalueelle asennetaan oma latauskeskus. Alumiinikaapeli on kuparista halvempaa, kun siirrettävänä on suuria virtoja.

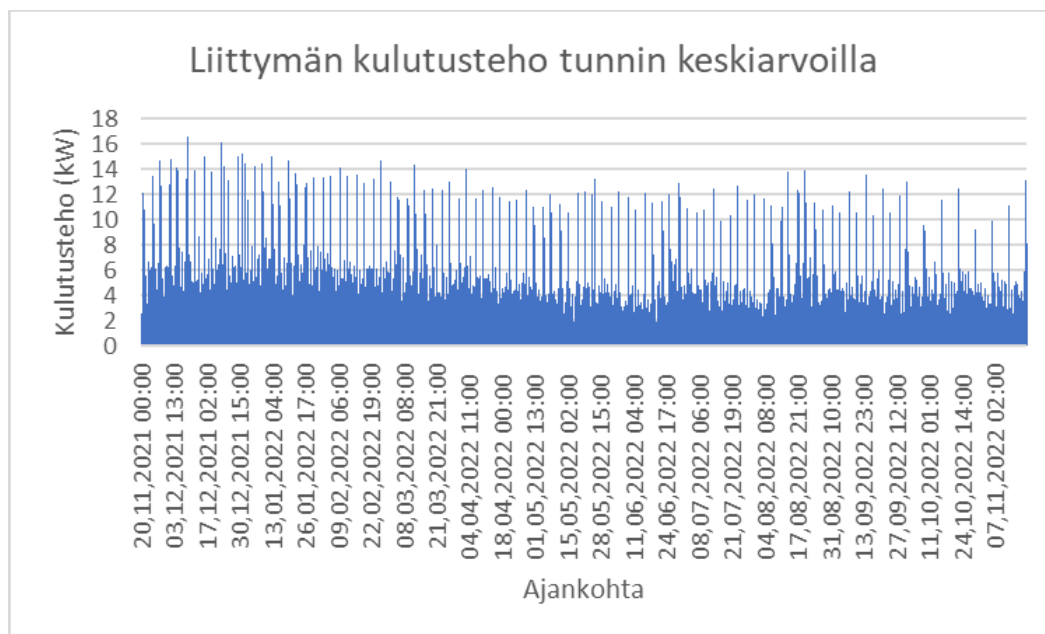
4.1.3 Kulutustiedot ja tehoreservi

Latausjärjestelmän tarpeen selvittyä on tärkeä selvittää millaiset edellytykset järjestelmän toteutukselle kiinteistön sähköjärjestelmä teoriassa antaa. Aluksi pyydetään kiinteistön sähköverkkoyhtiöltä tai sähkönmyyjältä saatava tuntikohtainen tilasto kiinteistön tuntikohtaisesta sähkönkäytöstä (Kuva 7). Tilaston tulisi olla mielellään tuntikohtainen taulukko viimeisimmän vuoden kulutuksista, jolloin siitä voidaan saada selville liittymän suurin ja pienin tunnin keskihuipputeho.

	A	B
1	Ajankohta	Energian kulutus (kWh)
2	20,11,2021 00:00	0.5
3	20,11,2021 01:00	0.48
4	20,11,2021 02:00	0.48
5	20,11,2021 03:00	0.53
6	20,11,2021 04:00	0.49
7	20,11,2021 05:00	0.48
8	20,11,2021 06:00	0.48
9	20,11,2021 07:00	0.48
10	20,11,2021 08:00	0.49
11	20,11,2021 09:00	0.49
12	20,11,2021 10:00	0.51
13	20,11,2021 11:00	0.67

Kuva 7. Sähkön siirtoyhtiöltä tai -myyjältä saatava tuntikohtaisen kulutuksen sisältävä tilasto.

Saatava tilasto on monesti vuoden jokaisen tunnin tehon sisältävä taulukko kulutustiedoista, jolloin sen tulkitseminen vaatii muokkaamista kaaviomuotoon (Kuva 8) tai tilastojen järjestämistä oleellisen tiedon löytämiseksi.



Kuva 8. Tuntikohtainen tilasto kuvaajana

Monella sähköyhtiöllä on tilastoa voi tutkia myös suoraan heidän verkkopohjaisesta portaalistaan.

4.1.4 Alkuperäisten autolämmitystolppien hyödyntäminen

Autonlämmittämiseen tarkoitettuja piharasioita, joita monen taloyhtiön pysäköintialueelta löytyy jo valmiiksi, voidaan käyttää sähköautojen lataukseen. Niiden käytössä ongelmaksi muodostuu yleensä kellokytkin, joka rajoittaa hitaan latauksen esimerkiksi vain kahden tunnin mittaiseksi. Toiseksi piharasioissa ei yleensä ole pistokekohtaista energianmittausta, jolloin latauksessa käytetty sähköä ei voida yksilöidä pois esilämmitykseen käytetystä sähköstä.

Kiinteistön sähköjärjestelmää kartoittaessa on syytä tutkia myös autolämmityksille varatun etusulakkeen sekä asennettujen kaapeleiden koot.

Alkuperäisten lämmitykseen tarkoitettujen piharasioiden kunto on syytä tutkia. Huonokuntoiset ja vanhanaikaiset piharasiat (Kuva 9) on suositeltavaa vaihtaa uusiin.



Kuva 9. Vanha lohkolämmitykseen tarkoitettu piharasia.

Investoinniltaan muutos on edullinen, koska keskusmuutoksia, kaivuita tai muita suuria kulueriä ei ole. Lataukseen soveltuvat piharasiat on tarkoitettu lataustavan 2 lataukseen eli ne sisältävät kWh-mittauksen ja vikavirtasuojauksen. Yhdistelmärasioissa on mukana myös lohkolämmittimen käyttöön tarkoitettun kellokytkimen (Kuva 10).



Kuva 10. Fibox EVPike Hybrid-piharasia (Kuva: Fibox Oy)

Kyseinen piharasiatyypin on hyvä varsinkin parkkialueilla, joissa asukkailla on suuri vaihtuvuus ja auton käyttövoimassa on vaihtuvuutta. Tämän tyyppiset piharasiat on monesti mahdollista asentaa suoraan vanhojen piharasioiden tilalle tuoden paljon joustoa pysäköintipaikalla tapahtuvaan sähkönkäyttöön.

Taloyhtiöissä parkkipaikat voivat sijaita myös kiinteistöjen yhteydessä, jolloin lämmitykseen tarkoitettu ulkopistorasia on esimerkiksi kiinteistön ulkoseinässä. Näiden käyttö lataukseen sellaisenaan kannattaa tarkastuttaa omalta vakuutusyhtiöltä, koska ne saattavat asettaa vakuutusehdoissaan sekä suojeleuhjeissaan lisävaatimuksia tavallisen sukopistorasian latauskäytölle (SESKO ry 2021).

4.2 Sähköjärjestelmien päivittäminen tai erillisen liittymän hankinta

Selvityksessä voi ilmetä, että nykyiseen sähköjärjestelmään ei ole mahdollista lisätä sähköautojen latausjärjestelmää siinä laajuudessa, kuin tarvetta on ilmennyt. Tällöin mahdollisia vaihtoehtoja on sähköjärjestelmän saneeraus vastaamaan suurempaa sähkön tarvetta tai varsinkin suuren latausjärjestelmän kyseessä ollessa voidaan toteuttaa latausjärjestelmä parkkialueelle omalla liittymällä.

Oma liittymä keskuksineen voi tulla kokonaiskustannuksiltaan halvemmaksi, kuin alkuperäisen sähköjärjestelmän saneeraus. Tällä järjestelyllä laitteiston pääkeskus saadaan lähelle latauspisteitä, kaapeloinnit latausasemille voidaan pitää lyhyinä ja latausjärjestelmän laajentaminen tulevaisuudessa helpottuu. Samalla kuormanhallinta ja tiedonsiirtokaapelointien toteuttaminen voidaan ottaa huomioon.

4.3 Latausjärjestelmän valinta ja laskutustavat

Kartoituksen pohjalta tehdään raportti kohteesta ja sen sähköjärjestelmän mahdollisuuksista latauslaitteistojen asennuksiin. Raportin lisäksi voidaan tehdä toimenpide-ehdotus, jossa tarkemmin määritellään millaisilla toimenpiteillä sähköautojen lataus, olisi toteutettavissa juuri tähän kohteeseen järkevimmin. Toimenpide-ehdotuksen lähtökohtana kannattaa pitää tarvekartoitusta, koska muuten tarkkojen järjestelmäkokonaisuuksien ja niiden vaatimien asennusten määrää on vaikea antaa.

Tarpeen ollessa selvillä ja kartoituksen esitietojen pohjalta voidaan tarkka laitemäärä, sen vaatimat kaapeloinnit sekä keskusmuutokset määritellä hyvin tarkasti. Suunnitelmien pohjalta kartoituksen tilaajan on mahdollista pyytää projektin toteutuksesta tarjoukset latauslaiteasennuksia tekevilta sähköalan toimijoilta. Samalla suunnitelmiin on hyvä kartoittaa jo ennakkoon tilaajan toive latauksesta aiheutuvien kulujen kattamiseen, koska tunnistautumisen- ja laskutustapoja on monia.

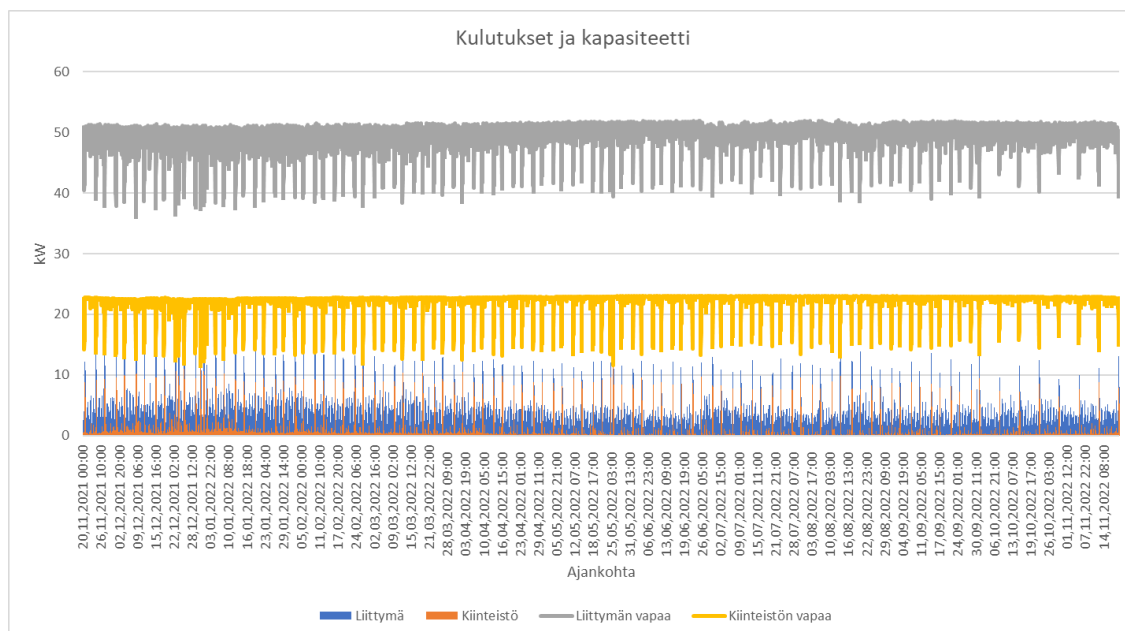
5 Ohjelman ominaisuudet

Ohjelman pohjaksi valikoitui taulukkolaskentaohjelma, koska ei vaadi erillistä käyttöliittymää tai ohjelmistojen asennusta. Toinen positiivinen ominaisuus on monipuolisuus laskennassa, logiikassa ja taulukkojen käsittelyssä. Lisäksi

ohjeistusta ominaisuuksien käyttöönottoon ja hyvä muokattavuus myös jälkikäteen ohjasivat taulukkopohjaisen työkalun valintaan. Ohjelman tekoon käytin Microsoft Excel-sovellusta.

Ohjelman perimmäinen toimintaperiaate on antaa lähtötietojen syötön jälkeen riittävästi tietoa kartoituksen pohjaksi. Tärkeimmät toiminnallisuudet ovat vapaan potentiaalin kuvaaminen, latausasemien määrittely ja kaapeloinnin sekä suojalaitteiden valinta. Tavoitteena oli siis luoda yksinkertainen lähtötietojen syöttö, jonka jälkeen tietojen pohjalta saadut tulokset näytetään samassa näkyvässä. Selkeyden vuoksi laskennat ja taulukoinnit ovat omilla välilehdillään.

Lähtötietoihin sisältyy verkkoyhtiöltä saatavat tiedot kohteesta, kuten liittymän koko, liittymiskaapeli, kiinteistöosan noususulakkeet ja oikosulkuvirran suuruus. Ohjelmaan pystyy lisäämään myös tuntikohtaiset liittymän ja kiinteistön tehokulutukset, jolloin se piirtää niistä pylväsdiagrammin (Kuva 11) ja vertailun vuoksi maksimikapasiteetin vähennettynä oikealla kulutuksella.



Kuva 11. Kuvaaja liittymän ja kiinteistön kulutuksista tuntikohtaisesti sekä vapaa potentiaali

Lähtötietoihin kirjataan myös haluttu latauslaitteiden määrä ja laskenta vertaa annettuja tietoja ja valitsee suositusten mukaisen tehotarpeen latausasemille

(Kuva 12). Ohjelmassa käytetyt taulukot ja laskentakaavat löytyvät standardista 6000–5–52 (SFS 6000-5-52:2017, 2017). Laskentaa on avattu tämän opinnäytetyön liitteessä 1 ja se ottaa huomioon kaapelityypin, asennustavan ja -olosuhteet korjauskertoimiseen. Kaapelivalintaa ja vikasuojausta varten on oma laskenta, johon käyttäjä voi määritellä kaapelireitin aiheuttamia korjauskertoimia (Kuva 13). Näistä kertoimista lasketaan yhteinen korjauskerroin, jota käytetään, kun tutkitaan valittujen komponenttien soveltuvuutta kohteeseen.

Lähtötiedot			
Tulokset			
Latauspaikkoja	11 kpl	Sähköautojen toimintasäde	50 km
		Sähköautojen latauskerran aika	8 h
Paikoitusalueet			
Paikoitusalue sähköajoneuvojen vaatima teho kaavalla laskettuna			13.75 kW
Paikoitusalue sähköajoneuvojen vähimmäisvarauksella 2 kW per paikka			22 kW
Minimi latausteho standardin mukaan			2 kW
Normaali latausteho			22 kW
Asemaien teho			22 kW
Näennäisteho			24.4 kW
Kokonaisvirta			35.3 A
Kaapelilaji			3x70+35 PLKVJ
Kaapelin suurin sulake			180 A x 3
Liittymän koko			80 A x 3
Tuntikohtainen minimiteho			0.05 kWh
Tuntikohtainen huipputeho			11.41 kWh
Tuntikohtaisten tehojen keskiarvo			0.76 kWh
Kiinteistön noususulakkeet			35 A x 3
Kiinteistön laskennallinen huipputeho			24.25 kW
Kiinteistön vapaa potentiaali ilman kuormanhallintaa			11.63 kW
Liittymän vapaa potentiaali älykkäällä kuormanhallinnalla			36.10 kW
1 kpl 22 kW asema ilman kuormanhallintaa		Toteutuu	
11 kpl 2 kW asemia ei kuormanhallintaa		Ei toteudu	
useampi latausasema kuormanhallinnalla (min 2 kW/per asema)		Toteutuu	

Kuva 12. Lähtötietojen syöttö ja tulosten tarkastelu ohjelmassa

Korjauskertoimien (Kuva 13) jälkeen on mahdollista tarkastella valittujen kaapeleiden, suojalaitteiden sekä kaapelireitin korjauskertoimien vaikutus poiskytkentäehtojen toteutumiseen (Kuva 14).

Kuormitettavuuden korjauskerroin
0.94
Kaapelin vaippa
PVC
Asennus ilma vai maa
ilma
Ympäristön lämpötila
30
Ympäriöivän maan lämpötila
20
Sijoitus
Nipussa ilmassa, pinnalla, upotettuna tai kotelon sisällä
Virtapiirien tai monijohdinkaapeleiden määrä
1
Maan lämpöresistiivisyys
Puolikova savi ja kostea sora

Kuva 13. Korjauskertoimen määrittely ohjelmassa

Ensimmäinen versio ohjelmasta toimi halutusti. Suurin työmäärä ohjelmassa oli tehdä tarvittavat taulukot sekä niistä tietoa hakevat komentorivit ja ehtolauseet. Erilaiset valinnat laskennassa tapahtuvat alasetovalikoista, jotka haetaan kootuista taulukoista ohjelmassa (Kuva 15).

Oikosulkuvirrat keskuksissa					
Kupari					
KJK	Ik	3000	A		
	Zv	0.07	Ω		
PK	kaapelityyppi	4x120 Al	m ²		
	Sulakekoko	125	A		
	Sulaketyyppi	gG5			
	z	0.326	Ω		
	pituus	60	m		
	Zv1	0.11	Ω		
	Ik1	1954	A		
KK	kaapelityyppi	4x16 Cu	m ²		
	Sulakekoko	50	A		
	Sulaketyyppi	gG0,4			
	z	1.418	Ω		
	pituus	30	m		
	Zv1	0.16	Ω		
	Ik1	1387	A		
k kerroin	0.94				
Poiskytkentä ehdot					
	Kaapelikoko	16	mm ²		
	Sulaketyyppi	gG0,4		Keskus	PK
	Sulakekoko	50	A	z	1.418 Ω
	Kaapelin pituus	30	m	I1max	129 metriä
	Pienin oikosulkuvirta	500	A		
Toteutuminen Poiskytkentäehdot Toteutuu					

Kuva 14. Poiskytkennän tarkastelu ohjelmassa

Laskutoimituksiin liittyvät solut lukitsin vahingossa tapahtuvien muutosten estämiseksi. Lisäyksenä ohjelmaan tulee myöhemmin jännitteenaleneman laskenta ja selektiivisyystarkastelu, joita ei vielä tähän ensimmäiseen versioon saatu.

lk1	1954	A
kaapelityyppi	4x16 Cu	2
Sulakekoko	4x16 Cu	^
Sulaketyyppi	4x25 Cu	
	4x35 Cu	
z	4x50 Cu	
pituus	4x70 Cu	
Zv1	4x95 Cu	
lk1	4x120 Cu	
	4x150 Cu	v
k kerrnin	n 9d	

Kuva 15. Alasvetovalikko kaapelin valintaan

Muita mahdollisia lisäyksiä olisi laittaa sopivat latausasemat hintoineen sekä kaapeloinnista ja asennuksesta aiheutuvat kustannukset. Tällöin ohjelmalla voisi antaa nopeasti hinta-arvion työn tarjoamiseksi puhuttaessa perusasennuksesta. Toinen mahdollinen lisäys voisi olla graafinen käyttöliittymä sekä raporttisivu saatujen tulosten nopeaan tulostamiseen työkalusta.

6 Yhteenveto

Tämä työ perehdytti minut sähköautojen lataukseen liittyviin määreisiin eli eri sähköautotyyppeihin, niiden lataustarpeeseen sekä erilaisiin latausstandardeihin. Käsittelin tässä työssä sähköautojen lataukseen käytettävien laturityyppien ominaisuudet ja vaatimukset, pistoketyypit, käytiin läpi latauksen oikeaoppinen mittarointi, latauksen yksilöinti sekä kuormanhallinta.

Lataukseen liittyy paljon määräyksiä, joita niin laitevalmistajien, kuin asennuksista vastaavan tahon on noudatettava turvallisen lopputuloksen aikaansaamiseksi. Lait ohjaavat kohti sähköistyvää liikennettä velvoittaen taloyhtiöt ja muut kiinteistöjen omistajat ja rakennuttajat varautumaan sähköautojen latauksen mahdollistamiseen. Tässä työssä perehdyttiin myös itse kiinteistön latauskartoitusten tärkeimpiin vaiheisiin eli laitteiston kunnon, vapaan potentiaalin ja toteutustapojen selvittämisen periaatteisiin. Kohteen tietojen, olemassa olevan

sähkötekniikan sekä kaapeloinnin kartoituksen ja niiden pohjalta tehtävän analyysin prosessia käytiin läpi. Työssä käytiin läpi myös kiinteistön vapaasta tehoreservin selvittämistä ja sen käyttöä sähköautojen lataukseen.

Työtä tehdessä sain käyttää oppimaani sekä hakemaan tietoa monista lähteistä. Aihepiiriä rajaa tarkat suositukset ja standardit, joihin tutustuin ja avasin niiden sisältöä tähän työhön. Koska työn kohteena olevat kartoitukset ovat kohdallani olleet pääsääntöisesti olemassa olevaan vanhempaan asuntokantaan suuntautuvia, pitää lähtötietojen hankkimisessa olla erityisen tarkka. Tarpeen lisäksi kiinteistön sähköjärjestelmälle on hyvä tehdä vähintään pintapuolinen kuntoarvio ennen latauslaitteistohankintoja. Työ antoi hyvät lähtökohdat työkalun valmiiksi saattamiseen ja ensimmäinen testiversio onkin jo kokeiltavana. Taulukkolaskentatyökalun tekeminen vaati runsaasti tutustumista mahdollisuuksiin, joita Microsoft Excel tarjosi. Erilaisten tietokantahakujen ja ehtolauseiden tekeminen vaati ohjeistuksien läpi käyntiä sekä kokeiluja onnistuneen lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Lähtökohtana ollut kartoituksen nopeampi läpivienti saatavilla olevat lähtötiedot ohjelmaan syöttämällä saavutettiin, koska ohjelma osaa visuaalisesti näyttää vapaan kapasiteetin graafisen kuvaajan avulla ja se on mahdollista liittää raporttiin. Sillä voi myös laskea nopeasti suurimman mahdollisen latausasemien määrän, joka muutoksitta järjestelmään on lisättävissä sekä uuden kaapeloinnin tekniset vaatimukset. Ohjelmaa on helppo muokata ja jatkokehittää, jotta se palvelee yhä paremmin tulevilla tarpeilla. Aivan kaikkia toiminnallisuuksia ei vielä ohjelmaan saatu mutta muokkaaminen enemmän informaatiota tuottavaksi ja paremmin tarpeita palvelevaksi on mahdollista.

Lähteet

- ABB Oy. 2022. Integroi sähköauton latausasema maksu- ja toimistosovelluksiin. <https://new.abb.com/ev-charging/fi/latausverkon-palvelut/ocpp-api>. 30.11.2022.
- Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA). 2022. Latausinfra-avustus. <https://www.ara.fi/latausinfra-avustus>. 30.11.2022.
- Autoalan Tiedotuskeskus. 2022. Ensirekisteröinnit käyttövoimittain. https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/ensirekisteroinnit_kayttovoi-mittain/henkiloautojen_kayttovoimatilastot. 30.11.2022.
- Economist. 2022. Lithium battery costs have fallen by 98% in three decades. <https://www.economist.com/graphic-detail/2021/03/31/lithium-battery-costs-have-fallen-by-98-in-three-decades>. 30.11.2022.
- Elenia. 2022. Pienjänniteliittyvien tekninen ohje. <https://www.elenia.fi/fi-les/e217220a6e4f7c65decbe233d167650f0befe52/pienjanniteliittyvien-tekninen-ohje-elenia.pdf>. 30.11.2022.
- Ensto Oy. 2021. Suunnittelijan opas. Sähköautojen latausjärjestelmien huomioiminen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa 2021. <https://www.ensto.com/globalassets/whitepapers/suunnittelijan-opas-sahkoautojen-latausjarjestelmat.pdf>. 30.11.2022.
- Garó. 2022. GLB Full Guide. <https://garo.fi/wp-content/uploads/2021/04/GLB-FI-Full-Guide-380185-4.1.pdf>. 30.11.2022.
- GreenFlux. 2022. Open protocols. <https://www.greenflux.com/spotlights/open-protocols/>. 30.11.2022.
- Hiilamo E.-A., Heima T.-P. 2022. EU:ssa syntyi sopu: Uusien polttomoottoriautojen myynti kielletään vuodesta 2035 alkaen. 28.10.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-12669595>. 30.11.2022.
- IEC 62955. 2018. Residual direct current detecting device (RDC-DD) to be used for mode 3 charging of electric vehicles. Helsinki. Suomen Standardisointiliitto SFS ry.
- IGL-Technologies Oy. 2022. OPAS: Sähköauton latauspiste taloyhtiöön – kaikki mitä tulee tietää, kun suunnittelet latauspisteiden hankkimista. <https://latausasemaopas.fi/latausasemaopas-taloyhtiöille/>. 30.11.2022.
- Kenkkilä, J. 2021. Blogi Vältä yli-investoinnit sähköautojen latausjärjestelmään. Sparkli Oy. <https://www.sparkli.fi/fi/ajankohtaista/n/blogi-valta-yli-investoinnit-sahko-autojen-latausjarjestelmaan-zaptec-pro-jarjestelmassa-22kw-n-lataus-ase-mille-riittaa-keskimaarin-alle-kahden-kw-n-laskennallinen-vapaa-ka-pasiteetti>. 30.11.2022.
- Kriittiset Materiaalit. 2022. NCM, NCA vai LFP: akkukatodien sota käydään kolmen kemian välillä. <https://www.kriittisetmateriaalit.fi/ncm-nca-vai-lfp-akkukatodien-sota-kaydaan-kolmen-kemian-valilla/>. 30.11.2022.
- Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä 733/2020.
- Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta 478/2017.

- Liikennevirasto. 2018. Liikenneviraston tilastoja 1/2018. Henkilöliikennetutkimus 2016. Suomalaisten liikkuminen.
https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/149583/lti_2018-01_henkiloliikennetutkimus_2016_web.pdf. 30.11.2022.
- Matulka, R. 2014. The History of the Electric Car. 15.9.2014. <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> 8.12.2022.
- Motiva Oy. 2022a. Sähköautot.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/vaalitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot. 30.11.2022.
- Motiva Oy. 2022b. Moottoritekniikka.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/vaalitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka. 30.11.2022.
- Mercedes-Benz. 2022. EQ infotaulukko.
<https://www.mercedes-benz.fi/passengercars/models/eq-electric-cars/eq-infotaulukko.module.html>. 30.11.2022.
- Mittalaitedirektiivi 014/32/EU. 2015.
- Norges Automobil-Forbund. 2021. Familie-SUVene innfrir på rekkevidde om sommeren.
<https://nye.naf.no/elbil/bruke-elbil/test-rekkevidde-sommer-2021> 31.11.2022.
- Paukkeri, M. 2022. EU:n esitys: Sähköauton latausaseman pitäisi vuosikymmenen loppuun mennessä löytyä 60 kilometrin etäisyydeltä isosta osasta Suomea. 6.6.2022. <https://yle.fi/a/3-12478130>. 30.11.2022.
- RT 103098. 2019. Kiinteistön kuntoarvio. Kuntoluokan määräytyminen. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- SESKO ry. 2021. Lataussuositus.
<https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/lataussuositus/>. 30.11.2022
- SFS 6000-5-52:2017. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Helsinki. SESKO Ry.
- SFS-EN 50620. 2017. Electric cables - Charging cables for electric vehicles. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN 61140. 2018. Suojaus sähköiskulta. Asennusten ja laitteiden yhteiset ominaisuudet. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN 61508. 2011. Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN 61851-1. 2017. Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN 61851-23. 2016. Electric vehicle conductive charging system - Part 23: DC electric vehicle charging station. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN 61851-24. 2016. Electric vehicle conductive charging system - Part 24: Digital communication between a d.c. EV charging station and an electric vehicle for control of d.c. charging. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN 62196-1. 2016. Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 1: General requirements. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

- SFS- EN 62196-2. 2017. Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN 62752. 2016. In-cable control and protection device for mode 2 charging of electric road vehicles (IC-CPD). Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN IEC 61000-6-2. 2019. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN IEC 61439-7. 2022. Pienjännitekeskukset. Osa 7: Erityiskäyttöihin kuten venesatamiin, leirintäalueille, toreille ja sähköajoneuvojen lataus-asemiin käytettävät keskukset. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- ST-Käsikirja 41. 2019. Sähköautot ja latausjärjestelmät. Tampere. Sähkötieto ry.
- ST-Käsikirja 51.90. 2021. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. Espoo: Sähkötieto ry.
- ST-Käsikirja 13.31. 2021. Liittymän mitoittaminen. Espoo. Sähkötieto ry.
- ST-kortti 97.00. 2018. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien kuntoarvio ja tutkimus. Helsinki. Sähkötieto ry.
- Sähköautot – Nyt! 2011. 2 - Akut ja akustojenvälontajärjestelmä (BMS). <http://www.sahkoautot.fi/wiki:akut>. 21.4.2022.
- Sähköinen Liikenne ry. 2022. Sähköisen liikenteen tilannekatsaus Q4/2021. <https://emobility.teknologiateollisuus.fi/sites/emobility/files/inline-files/2021%20Q4%20Sa%CC%88hko%CC%88inen%20liikenne%20tilannekatsaus%202022%2002%2003%20%20jaettava.pdf>. 30.11.2022.
- U.S. Department of Energy. 2022. All Electrical-Vehicles. <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>. 30.11.2022.

Liite 1 Laskennassa käytetyt kaavat

Tässä liitteessä käsitellään laskentatyökalussa käytettyjen kaavojen toimintaa käsin laskettuna esimerkkikohteen avulla (33). Kohde on 1962 rakennettu kerrostalo Joensuussa, jossa on 14 asuntoa ja 10 autopaikkaa talon pysäköintialueella. Esimerkissä latausasemaksi esimerkissä käytetään hyvin yleistä 22 kW latauslaitetta. Asema tukee kuormanhallintaa, jolloin asemien määrän lisääminen myöhemmin on helppoa.

Syöttökaapelina kiinteistöön tulee PLKVJ 3x70+35 maakaapeli ja liittymän koko on 3x80 A. Kaapelin pituus katujakokaapilta pääkeskukseen on 40 metriä. Caruna Espoo Oy:ltä saatu kolmevaiheinen oikosulkuvirta loppusolmussa on 4301 A. Kaavalla kaksi saadaan laskettua pääkeskuksen impedanssi.

$$I_K = \frac{c * U_N}{\sqrt{3} * Z_V} \rightarrow Z_V = \frac{c * U_N}{\sqrt{3} * I_K} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 4301 \text{ A}} = 0,051 \Omega$$

Jossa,

I_K = Oikosulkuvirta loppusolmussa

c = jännitteen korjauskerroin 0,95

U_N = Nimellisjännite

Z_V = Verkon impedanssi

Syöttökaapelin impedanssi lasketaan kaavalla kolme. Kaapelin vaihejohtimen resistanssi $r=0,551 \Omega$ ja suojamaa johtimen $r=0,082 \Omega$ johdinlämpötilassa $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

Kaava 1

$$Z_K = l * (Z_L + Z_{PE}) = 0,04 \text{ km} * (0,557 \Omega + 0,657 \Omega) = 0,049 \Omega$$

Jossa,

Z_{PE} = Suojamaajohtimen impedanssi

l = Kaapelin pituus

Z_L = Vaihejohtimen impedanssi

Z_K = Kaapelin impedanssi

Pääkeskuksen kokonaisimpedanssi saadaan kaavalla 4.

Kaava 2

$$Z_{V1} = Z_V + Z_K = 0,051 \Omega + 0,049 \Omega = 0,1 \Omega$$

Jossa,

Z_K = Oikosulkuvirta loppusolmussa

Z_{V1} = Pääkeskuksen impedanssi

Z_V = Verkon impedanssi

Kaavalla kaksi saadaan laskettua pääkeskuksen oikosulkuvirta.

$$I_K = \frac{c * U_N}{\sqrt{3} * Z_{V1}} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} * 0,1 \Omega} = 2203 A$$

Jossa,

I_K = Oikosulkuvirta loppusolmussa

c = jännitteen korjauskerroin 0,95

U_N = Nimellisjännite

Z_{V1} = Pääkeskuksen impedanssi

Tämä jälkeen voidaan laskea latausaseman syöttöön tarvittavan kaapelin koko. Latausaseman teho 22 kW ja tehokerroimen $\cos \phi$ käytetään 0,9. Lasketaan kokonaisteho kaavalla viisi.

Kaava 3

$$S_{Lat} = \frac{P_{Lat}}{\cos \phi} = \frac{22 kW}{0,9} = 24,4 kVA$$

Jossa,

S_{Lat} = Latausasemien kokonaisteho

$\cos \phi$ = Tehokerroin

P_{Lat} = Latausasemien nimellisteho

Latausasemien tarvitsema virta lasketaan kaavalla 6.

Kaava 4

$$I_{Lat} = \frac{S_{Lat}}{\sqrt{3} * U_N} = \frac{48,9 kVA}{\sqrt{3} * 400 V} = 35,3 A$$

Jossa,

I_{Lat} = Latausaseman virta

S_{Lat} = Latausaseman kokonaisteho

$U_N = \text{Nimellisjännite}$

Reitti latausasemalle kulkee seinällä ja lävistää ulkoseinän, joka on 400 mm betonia. Tämän jälkeen loppumatka kulkee suojaputkessa upotettuna maahan. Standardin 6000–5–52 taulukoista saadaan korjauskertoimet. Asennustapa C, joka lävistää lämpöeristeen, jota on arvioiden 100 mm antaa korjauskertoimella 0,81 (taulukosta 52.x). Maahan suojaputkeen asennettu osuus ei tuota kuormitettavuutta heikentäviä kertoimia. Sulakkeeksi valitaan seuraavaksi suurempi standardikoko 40 A. Korjauskertoimella jaettuna saadaan kaavalla seitsemän laskettua millainen kuormitettavuus kaapelin pitää kestää.

Kaava 5

$$I_K = \frac{I_n}{k} = \frac{40 \text{ A}}{0,81} = 49,4 \text{ A}$$

Seuraavaksi valitaan kaapeli taulukosta B.52.1 sarakkeesta 6. Sopiva kaapeli on MCMK 4x10+10, jonka kuormitettavuus on 71 A.

Seuraavaksi lasketaan valitun kaapelin riittävyys oikosulkusuojauksen kannalta, kun matkaa keskukselta latausasemille on 40 metriä. Kaapelireittinä on seinäasennus, sekä asennus maahan suojaputkessa. Kaapelin impedanssi lämpötilassa 80 °C on 2,246 Ω/km. Lasketaan silmukkaimpedanssi latauskeskuksella kaavalla kahdeksan.

Kaava 6

$$Z_{Lat} = Z_{V1} + l * 2 * z_k = 0,1 \Omega + 0,04 \text{ km} * 2 * 2,246 \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,28 \Omega$$

Jossa,

$Z_{Lat} = \text{Latausaseman impedanssi}$

$Z_{V1} = \text{Keskuksen impedanssi}$

$Z_k = \text{Kaapelin impedanssi}$

$l = \text{Latausaseman kaapelin pituus}$

Impedanssin avulla voidaan laskea oikosulkuvirta latausasemilla kaavalla kaksi.

$$I_K = \frac{c * U_N}{\sqrt{3} * Z_{Lat}} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 0,28 \Omega} = 784,4 \text{ A}$$

B-tyyppin 40 A johdonsuojakatkaisijalla pienin toimintavirta D1:n mukaan on 200 A ja C-tyyppillä 400 A. Voidaan todeta, että laskennallinen oikosulkuvirta on riittävä, valitaanpa kumpi tahansa johdonsuojakatkaisija oikosulkusuojaksi.

Seuraavassa vaiheessa tutkitaan onko jännitteenalenema sallitun viiden prosentin sisällä asennuksessa.

Kaava 7

$$u = b \left(\rho_1 * \frac{l}{s} * \cos\varphi + \lambda L \sin\varphi \right) I_B$$

$$u1 = 1 \left(36 \frac{m\Omega * mm^2}{m} * \frac{40 m}{70 mm^2} * 0,9 * 0,08 \frac{m\Omega}{m} * 40 m * 0,31 \right) * 32 A = 0,83 V$$

$$u2 = 1 \left(22,5 \frac{m\Omega * mm^2}{m} * \frac{40 m}{10 mm^2} * 0,9 * 0,08 \frac{m\Omega}{m} * 40 m * 0,31 \right) * 32 A = 3,6 V$$

Jossa,

U1 = jännitteenalenema syöttökaapelissa

U2 = jännitteenalenema latausaseman kaapelissa

b = 1 (3-vaihepiiri)

ρ_1 = johtimen resistiivisyys

l = johtojärjestelmän pituus

s = johtimen pinta-ala

$\cos\varphi$ = tehokerroin 0,9

λ = johtimen reaktanssi/pituusyksikkö

I_B = suunniteltu virta

Ja prosentuaalinen osuus kaavalla kymmenen.

Kaava 8

$$\Delta u = 100 * \frac{u1 + u2}{U_0} = 100 * \frac{0,83 V + 3,6 V}{230 V} = 1,9 \%$$

Jossa,

ΔU = Suhteellinen jännitteenalenema

u = jännitteen alenema

U_0 = vaihejännite

Laskelmista voidaan päätellä, että myöskään jännitteen alenema ei ole ongelma tässä kaapelivalinnassa. Käsien laskemalla 22 kW latausasema on mahdollista lisätä tähän kohteeseen.

Kaava 9

$$x_1 \geq 1,6 * x_2 \rightarrow 80A > 40 A * 1,6 \rightarrow 80A > 64 A$$

Selektiivisyyttä on vielä syytä tutkia, koska kiinteistön noususulakkeet ovat vain 35 A. Toisaalta itse kiinteistön pääsulakkeisiin verrattuna latausaseman noususulakkeet toimivat selektiivisesti.