

Jämförelse av AC-laddstationer för elbilar från olika tillverkare

Thomas Lang

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

El- och automationsteknik

Vasa 2023

EXAMENSARBETE

Författare: Thomas Lang

Utbildning och ort: Ingenjör (YH), el- och automationsteknik, Vasa

Inriktning: Automationsteknik

Handledare: Henrik Järveläinen

Titel: Jämförelse av AC-laddstationer för elbilar från olika tillverkare

Datum: 29.11.2023 Sidantal: 25

Abstrakt

Detta examensarbete handlar om AC-laddstationer och hur laddstationer för elbilar fungerar. Examensarbetet utfördes åt Bravida Oy och hade som huvudsyfte att undersöka och utvärdera olika egenskaper hos AC-laddstationer för elbilar, med fokus på att jämföra produkter från olika tillverkare.

Examensarbetet inleds med en teoretisk del där olika typer av elfordon och skillnaderna mellan dem behandlas. I arbetet beskrivs standarder, föreskrifter och rekommendationer kring laddstationer samt laddningsmetoderna, olika AC- och DC-laddpluggar och uttag. För att förstå kommunikationen mellan laddstationerna och administrationssystemet beskrivs också kommunikationsprotokollet OCPP i arbetet. För att kunna styra, hantera, fördela och justera effekten i laddningssystemet baserat på belastningen behandlas slutligen även lastbalansering i arbetet.

Genom att genomföra denna studie identifieras styrkor och svagheter för olika AC-laddstationer från olika tillverkare, vilket underlättar för både kunder och montörer att välja den lämpligaste laddstationen för deras specifika behov och önskemål. I arbetet beskrivs också kort hur monteringen av laddstationerna är utförda.

Som teoretisk grund för examensarbetet användes online publiceringar och litteratur inom området. Informationen till resultatet grundar sig på produkttillverkarnas manualer och dokument. Utvärdering och jämförelse av laddstationerna grundar sig på min egen och andra montörers erfarenhet vid installation och konfiguration av de laddstationer som är med i examensarbetet.

Språk: svenska

Nyckelord: laddstation, AC-laddstation, elbil

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Thomas Lang

Koulutus ja paikkakunta: Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Automaatiotekniikka

Ohjaaja: Henrik Järveläinen

Nimike: Eri valmistajien sähköautojen AC-latausasemien vertailu

Päivämäärä: 29.11.2023 Sivumäärä: 25

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee AC-latausasemia ja sähköautojen latauspisteiden toimintaa. Bravida Oy:lle tehdyn opinnäytetyön päätarkoituksena oli tutkia ja arvioida sähköautojen AC-latausasemien erilaisia ominaisuuksia, painopisteenä eri valmistajien tuotteiden vertailu. Tutkintotyö alkaa teoreettisella osalla, jossa käsitellään erilaisia sähköautotyyppisiä ja niiden eroja.

Työssä kuvataan latausasemia ja lataustapoja koskevat standardit, määräykset ja suositukset, erilaiset AC- ja DC-latauspistokkeet ja -pistorasiat. Latausasemien ja hallintajärjestelmän välisen tiedonsiirron ymmärtämiseksi työssä kuvataan myös kommunikointiprotokolla OCPP. Jotta latausjärjestelmän tehoa voitaisiin ohjata, hallita, jakaa ja säätää kuormituksen perusteella, työssä käsitellään myös kuormituksen tasausta.

Tämän tutkimuksen avulla tunnistetaan eri valmistajien eri AC-latausasemien vahvuudet ja heikkoudet, jolloin sekä asiakkaiden että asentajien on helpompi valita tarpeisiinsa ja toiveisiinsa sopivin latausasema. Työssä kuvataan myös lyhyesti, miten latausasemien asennus on suoritettu.

Opinnäytetyön teoreettisena perustana käytettiin verkkojulkaisuja ja kirjallisuutta. Tuloksen tiedot perustuvat tuotevalmistajien käsikirjoihin ja asiakirjoihin. Latausasemien arviointi ja vertailu perustuu omaan ja muiden asentajien kokemuksiin työhön osallistuvien latausasemien asennuksesta ja konfiguroinnista.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: latausasema, AC-latausasema, sähköauto

BACHELOR'S THESIS

Author: Thomas Lang

Degree Programme: Bachelor of Engineering (BEng), Electrical and Automation Engineering

Specialisation: Automation

Supervisor: Henrik Järveläinen

Title: Comparison of AC Charging Stations for Electric Cars from Different Manufacturers

Date: 29.11.2023 Number of pages: 25

Abstract

This thesis is about AC charging stations and how charging stations for electric cars work. The thesis was carried out for Bravida Oy and had the main purpose of investigating and evaluating different characteristics of AC charging stations for electric cars, with a focus on comparing products from different manufacturers.

The degree project begins with a theoretical part where different types of electric vehicles and the differences between them are discussed. The work describes standards, regulations and recommendations regarding charging stations as well as the charging methods, various AC and DC charging plugs and sockets. To understand the communication between the charging stations and the administration system, the communication protocol OCPP is also described in the work. To be able to control, manage, distribute and adjust the power in the charging system based on the load, load balancing is also dealt with in the work.

By conducting this study, the strengths and weaknesses of different AC charging stations from different manufacturers are identified, making it easier for both customers and installers to choose the most suitable charging station for their specific needs and wishes. The work also briefly describes how the installation of the charging stations is carried out.

Online publications and literature were used as the theoretical basis for the thesis. The information for the result is based on the product manufacturers' manuals and documents. Evaluation and comparison of the charging stations is based on my own and other installers' experience in installing and configuring the charging stations involved in the thesis.

Language: Swedish

Key words: charging station, AC charging station, electric car

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Teoretisk bakgrund	2
2.1	Bravida	2
2.1.1	Bravida Charge	2
2.2	Standarder	3
2.2.1	MID-certifiering.....	4
2.3	Generellt om elbilar	5
2.3.1	Lätthybridbil (HEV).....	5
2.3.2	Laddhybridbil (PHEV)	6
2.3.3	Helt eldriven bil (BEV).....	6
2.4	Laddningsmetoder.....	6
2.4.1	Mode 1 – Laddning av lätta elfordon	7
2.4.2	Mode 2 – Långsam laddning.....	7
2.4.3	Mode 3 – Grundladdning	8
2.4.4	Mode 4 – Snabbladdning.....	9
2.4.5	Trådlös laddning.....	10
2.5	OCPP	10
2.5.1	System arkitektur	11
2.6	OSCP	11
2.7	Lastbalansering.....	13
2.7.1	Statisk lastbalansering.....	14
2.7.2	Dynamisk lastbalansering.....	14
3	Resultat	16
3.1	Installation	16
3.2	Finlux Pro EVC04-AC22S SMART 3.7-22kW.....	18
3.3	CTEK CHARGESTORM CONNECTED 2	19
3.4	ABB Terra AC	21
3.5	Alfen Eve Double Pro-line	22
4	Diskussion	24
5	Källförteckning.....	25

1 Inledning

Elbilar blir en allt vanligare syn på vägarna i Finland. På senare år har el blivit vanligare som drivkraft och helt eldrivna bilar har fått en betydande roll i Finlands bilbestånd. Under perioden januari till september 2022 var andelen helt eldrivna bilar i alla förstagångsregistrerade personbilar lite mindre än 16 procent.

Ökningen av elbilar i Finland möjliggörs av ett utbyggt laddningsnätverk. I mars 2022 fanns det cirka 1 700 offentliga laddningsplatser i Finland, varav cirka 7 000 laddningspunkter. Laddnätet expanderar snabbt och laddstationer hemma blir allt vanligare. (Autoalan tiedotuskeskus, 2023).

Examensarbetet utförs åt Bravida Oy och har som huvudsyfte att undersöka och utvärdera olika egenskaper hos AC-laddstationer för elbilar, med fokus på att jämföra produkter från olika tillverkare. Genom att genomföra denna studie kommer man att kunna identifiera styrkor och svagheter hos olika laddstationer, vilket kommer att underlätta för både kunder och montörer att välja den mest passande laddstationen för deras specifika behov och önskemål.

Arbetet kommer att inledas med installation av två olika modeller av laddstationer. Dessa stationer kommer att monteras på Bravidas parkeringsplats. Efter installationen av laddstationerna kommer de installerade laddstationerna och två tidigare installerade laddstationer jämföras för att identifiera olika styrkor och svagheter för varje modell.

2 Teoretisk bakgrund

I teoretiska delen behandlas olika typer av elfordon och skillnaderna mellan dem. Det beskrivs standarder, föreskrifter och rekommendationer kring laddstationer samt laddningsmetoderna, olika AC- och DC-laddpluggar och uttag. För att förstå kommunikationen mellan laddstationerna och administrationssystemet beskrivs också kommunikationsprotokollet OCPP i arbetet. För att kunna styra, hantera, fördela och justera effekten i laddningssystemet baserat på belastningen behandlas slutligen även lastbalansering.

2.1 Bravida

Bravida är den främsta multitekniska tjänsteleverantören i Norden med en marknadsandel på nio procent. Totalt omsätter marknaden cirka 300 miljarder kronor. Med 80 000 kunder och representerad på 180 orter är Bravidas mål att hjälpa kunder att utveckla hela potentialen i sina byggnader genom service och installation. Bravida har idag över 13 000 anställda och har verksamhet i Sverige, Norge, Danmark och Finland. Inom ventilation, VVS, el, brandskydd och säkerhet, solceller, Bravida Charge, energioptimering, GreenHub, kylning, teknisk fastighetsdrift och sprinkler/släcklösningar erbjuder Bravida sina tjänster i Finland.

Bravidas rötter går tillbaka till BPA, ett svenskt bygg- och installationsföretag som grundades på 1920-talet. Nuvarande Bravida grundades 2000, då BPA slogs samman med norska Telenors entreprenadverksamhet, som kallades Bravida. Sedan dess har många företag anslutit sig till Bravida. (Bravida, 2023).

2.1.1 Bravida Charge

Bravida Charge är den gren inom koncernen som jag kommer att hålla fokus på i detta examensarbete i och med att laddstationerna används via Bravida Charge.

Bravida Charge är en lösning för att enkelt kunna hantera och identifiera användare av laddstationer och för att kunna fakturera kunden för användning av laddstationerna.

I helhetslösningen ingår kartläggning, laddstation, laddstationsinstallation och support samt en hanterings- och betalningslösning. Systemet används via appen Bravida Charge som finns att ladda ner på App Store på iOS och Google Play på Android-enheter.

Allt underhåll, övervakning och fjärrsupport av laddstationen sköts av Bravida. Kunden behöver inte heller oroa sig för underhållning av laddstationen eller betalningslösningen eftersom systemet sköter detta automatiskt. Kunden bestämmer endast laddningspriset och vilka personer som har rätt att använda laddningsenheterna.

Systemet har en flexibel tariffunktion, som kan användas för att definiera olika betalningsbaser för laddningstillfällen, såsom pris per kWh, pris per debiterad tidsenhet, fast startavgift med mera. Priserna kan också bero på tiden på dygnet. Nedladdningsanvändare kan grupperas i olika kategorier, som kan tilldelas olika priser och priskriterier.

Bravida Charge-systemet har den mest omfattande kompatibiliteten på marknaden med olika laddningsenheter, från enkla hemmaladdare till stora avancerade snabbladdningsstationer. Omfattande kompatibilitet med olika laddenheter gör också att redan befintliga laddstationer nästan alltid kan kopplas till systemet. (Bravida, 2023).

2.2 Standarder

Enligt den finska elsäkerhetslagen har standardserien SFS 6000 bekräftats att uppfylla alla elektriska lågspänningsinstallationer. SFS 6000-7-722 gäller laddsystem för elfordon, vilket är en viktig del av implementeringen av laddsystemet. I detta kapitel presenterar jag de olika områdena av standarderna: (SESKO, 2021).

- Säkerhetsstandarder mellan laddpunkten och fordonet:
 - SFS-EN 61851 Laddsystem för elfordon.
 - SFS-EN 62196 Pluggar, uttag, Fordonskontakter och anslutningar.
 - SFS-EN 50620 Laddkabel.
 - SFS-EN 62752 Skyddsenhet.
 - IEC 62955 Fast RDC-DD-enhet för laddningsmetod 3.

- Säkerhetsstandarder mellan anslutningen och laddstationen:
 - SFS 600-7-722 Laddstationens installation och matning.
 - SFS-EN 61000-6-2 och -3 EMC, immunitet och emission.
 - SFS-EN 61140 Skydd mot elektriska stötar.
 - SFS-EN 61508 Funktionssäkerhet för elektroniska system.
 - IEC 61439-7 Laddstolpe.

 - Säkerhetsstandarder för debitering av systemdataöverföring och datasäkerhet:
 - IEC 15118-1 Allmän information och definition av användningsmetoder.
 - IEC 15118-2 Krav på nätverk och applikationsprotokoll.
 - IEC 15118-3 Krav för fysiska- och datalänkslager.
 - IEC 15118-4 Nätverks- och datalänkskiktsöverensstämmelsestest.
 - IEC 15118-5 Test för efterlevnad av fysiskt och datalänkslager.
 - IEC 15118-8 Krav på fysiskt lager och datalänkslager för trådlös dataöverföring.
 - IEC 15118-20 Andra generationens nätverks- och applikationsprotokollkrav.
 - IEC 61850-7-420 Specifikation av informationssystem och nätverk för laddstationsautomation
- (SESKO, 2021).

2.2.1 MID-certifiering

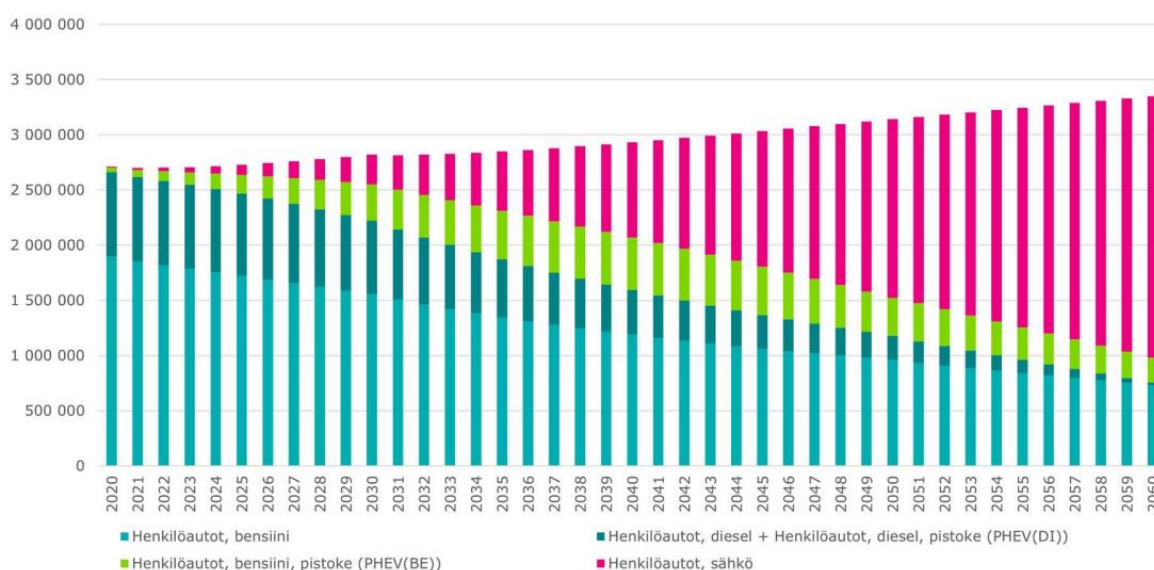
Gemensamma regler för hela EU gäller för kontroll och godkännande av nya elmätartyper enligt mätinstrumentdirektivet (MID). Vid mätning av elenergi som laddas till elbilar ska mätutrustningslagen beaktas. Krav om laddning debiteras utifrån uppmätta energimängder. Kraven gäller mätaren som används för att mäta elektrisk energi, dess visning och registrering av mätdata. Mätutrustningslagens krav gäller både växelströmsmätare och likströmsmätare. För att få fakturera kunder enligt mängd använd el måste laddstationen ha en MID-certifierad elmätare.

Tillverkaren av mätanordningen ansvarar för överensstämmelse. Ansvaret för att mätarna överensstämmer vid användning ligger på den som använder mätresultatet som underlag

för fakturering. Laddningsanordningen där den laddade elenergin mäts för fakturering, ska ha en display som är lätt synlig för konsumenten. (Tukes, 2021).

2.3 Generellt om elbilar

Elfordon inkluderar helt eldrivna fordon, delvis eldrivna hybridfordon och laddhybridfordon. Enligt Traficoms senaste trafikprognos kommer elbilar bli allt vanligare i Finland under de kommande åren. År 2030 beräknas det finnas 600 000 elbilar (inklusive laddhybrider) och antalet personbilar kommer att öka med 6,3 procent från 2021. År 2030 förutspås det finnas 275 000 helt eldrivna bilar i trafiken. (Tekniikan maailma, 2023).



Figur 1. Bilbeståndets utveckling, antalet personbilar i trafik 2020 – 2060. (Tekniikan maailma, 2023).

2.3.1 Lätthybridbil (HEV)

Hybrid betyder att bilen har två olika kraftkällor. Detta betyder oftast ett fordon som har både en förbränningsmotor och en elmotor. Bilen kan färdas med den kraft som produceras från förbränningsmotorn och elmotorn, men batterierna kan inte laddas separat. Förbränningsmotorn laddar batterierna under körning och energin som frigörs under inbromsning används för laddning av batterierna. Förbränningsmotorn är alltid i bruk. Elmotorn minskar belastningen på förbränningsmotorn när motorn belastas hårt, till exempel vid start av bilen, och kan även göra motorn mer effektiv vid acceleration. Lätthybridbilarna har en effekt på ca 10 kW. (Sähköinfo Oy, 2022).

2.3.2 Laddhybridbil (PHEV)

Den laddningsbara hybriden har laddkontakt och en integrerad laddare som möjliggör laddning. Grundstrukturen för en laddhybridbil är likadan som en lätthybridbil, men i en laddhybridbil är batterikapaciteten större och elmotorn mer kraftfull.

Förbränningsmotorn laddar batterierna under körning och energin som frigörs under inbromsning används för laddning av batterierna, vilket har inverkan på den totala förbrukningen och utsläpp. Elmotorns kraft påverkar hur mycket av bromsenergin som kan återvinnas.

Enbart med hjälp av el går det att köra korta sträckor, det vill säga cirka 50 kilometer, beroende på bilmodell. Fossilbränsleanvändningen i laddhybridbilar är mindre än i lätthybridmodeller. (Sähköinfo Oy, 2022).

2.3.3 Helt eldriven bil (BEV)

En helt eldriven bil fungerar enbart med en eller flera elmotorer och den får sin energi från batterierna. Den grundläggande strukturen är ganska enkel eftersom den komplexa förbränningsmotortekniken inte används. Växellådans kraftöverföringslösning är betydligt enklare i en helt eldriven bil än i en vanlig bil med förbränningsmotor.

I praktiken behöver en helt eldriven bil en laddstation på sin förvaringsplats. På dagens marknad är helt eldrivna bilmodeller de mest efterfrågade och utbudet har ökat. Antalet helt eldrivna bilar har uppskattats att växa i framtiden och marknaden har också sett en ökning av små och mellanklassmodeller. Populariteten för helt eldrivna bilar har ökat på grund av låg skattesats och den senaste utvecklingen inom batteriteknik.

Energiförbrukningen kan öka i kallt väder med mer än 25 % jämfört med temperaturer över 0 °C. Förbrukningen under ett år är runt 15–30 kWh/100 km (Vansen, 2023). Räckvidden för nya elbilar är upp till 500–700 km (Sähköinfo Oy, 2022).

2.4 Laddningsmetoder

Laddning av elbilar kan ske på olika sätt. Laddning av elbilar kan delas in i 4 olika grundkategorier enligt laddningssätt och laddningseffekt. Tre av dessa laddningsmetoder är laddning med växelström och en är snabbaddning med likström. (Valtonen, 2020) För

laddning av elbilar har man skapat olika typer av kontakter. Typ-2 laddkontakten är standardiserad i EU, största delen av Europeiska AC-laddstationer har typ-2 kontakt. (Virta Global, 2023).



Figur 1. Typ-2 laddkontakt och uttag (Sähköinfo Oy, 2022).

2.4.1 Mode 1 – Laddning av lätta elfordon

Laddningsteknik mode 1 är avsedd för hemmaladdning. Denna typ av laddning innebär att lätta elfordon med låg effekt laddas med växelström från vanliga hushållsuttag. Uttaget måste vara skyddat med 30mA felströmsbrytare. Denna metod av laddning ger inte användaren stötskydd mot likström. (Deltrix Chargers, 2019; SESKO, 2021).

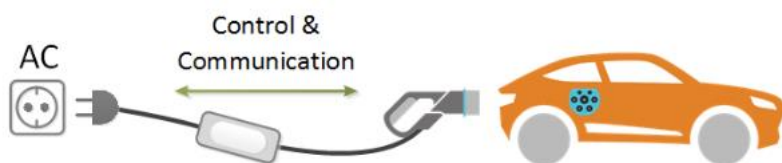


Figur 2. Mode 1 laddning. (Deltrix Chargers, 2019)

2.4.2 Mode 2 – Långsam laddning

Om man inte har tillgång till laddningssätt 3 kan laddningssätt 2 användas. Elfordonet matas med växelström från ett vanligt hushållsuttag eller ett 3-fasuttag. Elbilar eller hybrider kan laddas från ett hushållsuttag, förutsatt att den långvariga laddningsströmmen inte överskrider 8A och laddningseffekt under 1,8 kW enligt standarden SFS-EN62752. 3-fasuttag kan man belastas längre och med högre kontinuerlig laddningsström. Till skillnad från mode 1 används en speciell kabel med integrerat stötskydd mot både AC- och DC-strömmar i Mode 2 laddning. Långsam laddning är för tillfället det vanligaste sättet att ladda elbilar. (Sähköinfo Oy, 2022).

Laddningstiden med den långsamma laddningsmetoden kan ta mer än 40 timmar beroende på bilmodell. Långsam laddning rekommenderas inte för långa användningsperioder för att vanliga hushållsuttag inte är gjorda för hög belastning under en längre tid. (SESKO, 2021; Deltrix Chargers, 2019).



Figur 3. Mode 2 laddning. (Deltrix Chargers, 2019).

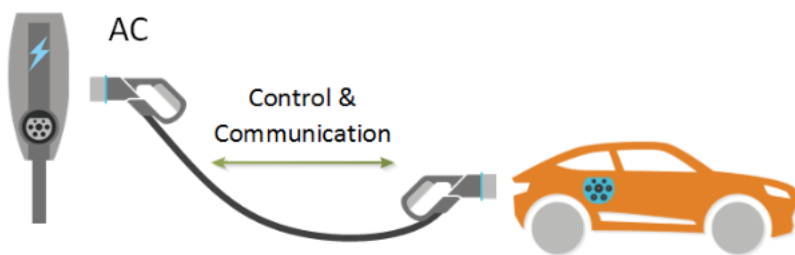
2.4.3 Mode 3 – Grundladdning

Elfordonet matas med AC-ström via en typ-2 kabel från en monterad AC-laddstation enligt standarden SFS-EN 62196–2. Offentliga laddstationer skall ha ett uttag eller fordonskontakt enligt tidigare nämnd standard och om möjligt också använda smarta laddningssystem. Laddkabeln kan även vara en integrerad del av laddstationen. (Sähköinfo Oy, 2022).

Laddströmmen kan vara 3 x 64 A vilket uppnår en maximal effekt på 43 kW. Beroende på vilken effekt som används kan uttaget även användas med mindre strömmar. Laddningseffekten som används vid grundläggande laddning är vanligtvis 11 - 22 kW. Laddningstiden i grundladdning är vanligtvis 5 till 8 timmar för att få batteriet fulladdat.

I laddsystemet medföljer en kommunikationsbuss, som säkerställer att fordonet är korrekt och säkert anslutet till laddpunkten. Bussen kan också styra belastningen och strömförsörjningen i båda riktningarna. Under laddning låses kontakterna mekaniskt eller elektroniskt. I laddstationen finns felströmsbrytare på både AC- och DC-sidan.

Denna laddningsmetod är den mest rekommenderade av de fyra olika metoderna. (SESKO, 2021; Deltrix Chargers, 2019).



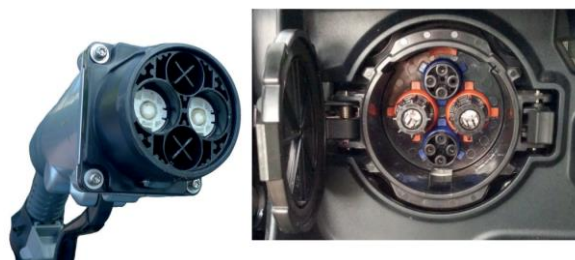
Figur 4. Mode 3 laddning. (Deltrix Chargers, 2019).

2.4.4 Mode 4 – Snabbladdning

Snabbladdning laddar batteriet i en elbil snabbt med hög effekt. Laddningseffekten kan vara upp till 350 kW och hundratals ampere. Snabbladdning skiljer sig från andra laddningsmetoder genom att bilens laddning förbigår laddaren och likström matas direkt till bilens batteri. Vid snabbladdning kan laddningsprocenten för bilens batteri nå 80 % på så lite som 15 till 30 minuter. Laddkabeln är en del av laddstationen och laddkabelns fordonskontakt är en CCS Combo kontakt (Combined Charging System) eller CHAdeMO enligt standarden SFS-EN 62196–3. (Sähköinfo Oy, 2022).

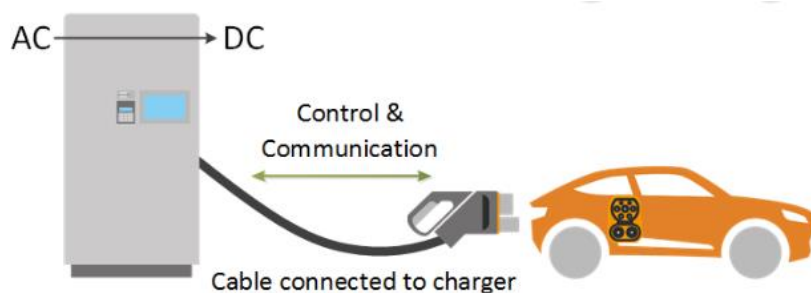


Figur 5. CCS (Combo 2)- kontakt och -uttag (Sähköinfo Oy, 2022).



Figur 7. CHAdeMO- kontakt och -uttag (Sähköinfo Oy, 2022).

Offentliga laddstationer måste ha ett uttag eller fordonskontakt typ-2 enligt standarden SFS-EN 62196–2 och/eller en fordonskontakt CCS Combo enligt standarden SFS-EN 62196–3. Där det är möjligt måste det användas intelligenta laddningssystem. (SESKO, 2021; Deltrix Chargers, 2019).



Figur 8. Mode 4 laddning. (Deltrix Chargers, 2019).

2.4.5 Trådlös laddning

Elfordon kan även laddas trådlöst. Trådlös laddning delas in i tre kategorier; närfältsladdning, medfältsladdning och fjärfältsladdning.

Närfältsladdning inkluderar induktiv laddning, magnetisk resonansladdning och kapacitiv laddning. Medfältsladdning inkluderar magnetisk växelladdning. De två första laddningsmetoderna, närfälts- och mellanfältsladdning, även känd som mekanisk laddning, är de vanligaste och används idag för elbilar. Trådlösa laddningen inom dessa två kategorier fungerar genom att konvertera nätfrekvensen 50 Hz till en högfrekvens upp till 600 kHz, som sedan levereras via en sändarplatta och tas emot av en mottagarplatta ansluten till den elbil som laddas.

Fjärfältsladdningstekniker, som laserladdning, mikrovågsladdning och radiovågsladdning, är fortfarande metoder som kräver mycket forskning och förväntas bli framtiden för trådlös laddningsteknik. Fjärfältsladdningsmetoder anses vara det bästa alternativet för laddning av elbilar i framtiden. Ett av de största problemen med trådlös laddningsteknik är dock att anslutningen mellan sändaren och mottagaren lätt bryts. (Jung, 2021).

2.5 OCPP

OCPP står för Open Charge Point Protocol. Syftet med OCPP-protokollet är att förenkla användningen av laddstationer från olika tillverkare med olika laddoperatörer. OCPP är i praktiken laddstationers och laddsystems intellekt. OCPP möjliggör övervakning och hantering av laster. Genom att använda OCPP-protokollet kan laddstationer, oavsett tillverkare, anslutas till vilken laddningsoperatörs operativsystem som helst. I detta fall kan

olika tillverkares laddstationer styrs från laddningsoperatörens centraliserade kontrollsystem. Med hjälp av ett enhetligt och öppet protokoll går det att konkurrensätta och byta laddningsoperatör utan att förlora hanteringen av laddstationen.

OCPP-protokollet gör det möjligt att identifiera en enskild laddningshändelse och fakturera användaren. Laddningssystemet ska då innehålla system för bakgrund, styrning, energimätning och användaridentifiering. De vanligaste metoderna för användaridentifiering är RFID, PIN eller via mobil app. Energimätaren skall vara specifik för laddstationen och beroende på faktureringsmetod MID-certifierad.

Styrsystemet kan vara lokalt eller molnbaserat. En del av bakgrundssystemet är tillgängliga alternativ för användar- och fjärrhantering. Fjärrstyrning är viktigt i offentliga laddstationer så att laddstationen kan startas om vid behov och laddningen kan hanteras manuellt. Användarhanteringsfunktionen är viktig om man vill begränsa användarbasen av laddstationer. Rapporterings-, service- och underhållsloggar finns också tillgängliga som en del av bakgrundssystemet. Med hjälp av service- och underhållsloggar övervakas aktiviteten av laddsystem och laddstationer. (Sähköinfo Oy, 2022).

2.5.1 System arkitektur

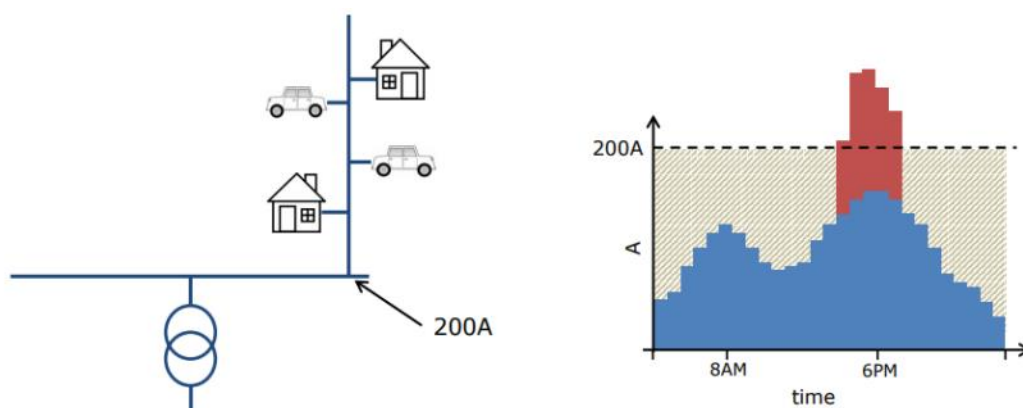
OCPP definierar kommunikationsvägen mellan en laddare som stöds och ett Charging Station Management System (CSMS). I många fall är CSMS en molnbaserad plattform. Kommunikationen mellan laddaren och CSMS sker med Web Sockets (WS), ett dubbelriktat HTTP-liknande protokoll. När den kanalen är krypterad kallas protokollet Secure Web Socket (WSS), liknande HTTPS. OCPP används mellan Charge Points och ett Charge Point Management System (CPMS). (Wevo Energy, 2023).

2.6 OSCP

OSCP står för Open Smart Charging Protocol. OSCP grundades av Open Charge Alliance, samma företag som driver OCPP-protokollet. Hittills har OSCP lanserats i två versioner. Den första, OSCP 1.0, släpptes officiellt 2015, medan dess efterföljare, OSCP 2.0, år 2020. Den största skillnaden på de två versionerna är att terminologin i specifikationsdokumentet har ändrats för att passa en bredare publik.

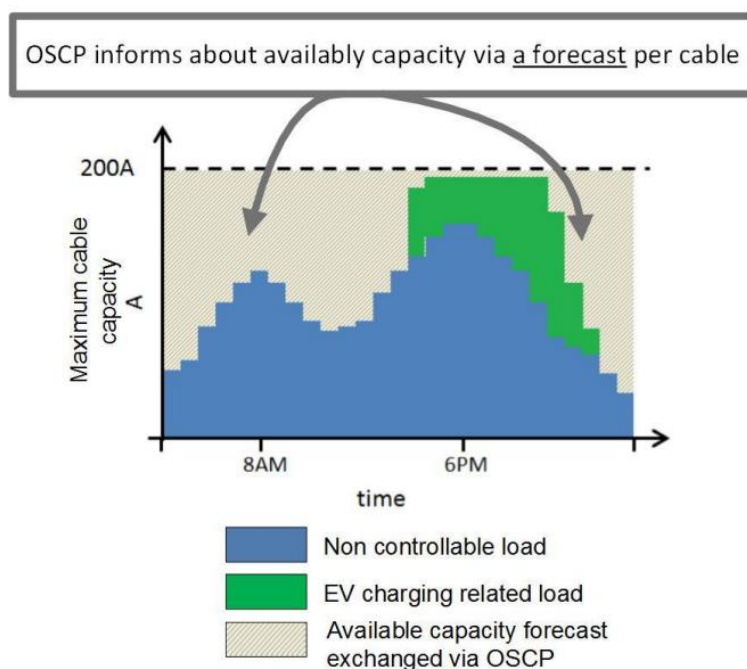
OSCP möjliggör kommunikation mellan laddningspunkten och energiledningssystemet eller ett DSO-system. På så sätt kan den integreras från elbilssidan och även av energileverantören. Kärnfunktionen av OSCP är att den kan leverera en 24-timmars prognos för nätkapaciteten till laddstationsoperatören, som sedan kan justera laddningsprofilerna för att skapa den mest optimala laddningseffekten utan att överbelasta elnätet. (Solidstudio, 2022).

I figur 9 visas ett exempel där det är en 200 A säkring vid nodpunkten. I det här fallet bör husens totala belastning aldrig överstiga 200 A. I stapeldiagrammet i figur 7, klockan 16:00, kommer folk hem från jobbet och lägger bilen på laddning då uppstår en pik i strömförbrukningen. I det här fallet räcker inte 200 A säkringen till och belastningen blir för stor för säkringen. Distributionsnätsföretaget skulle då behöva göra stora investeringar genom att dra större kablar och ändra på säkringsstorlekar för att undvika strömavbrott på grund av överbelastning. (CIRED, 2015).



Figur 9. Ökad nätbelastning med elbilar visas i rött. Det blå området är normal belastning och ledig nätverkskapacitet är markerad i grått. (CIRED, 2015).

Med OSCP kunde distributionsnätsföretag undvika dyra investeringar eftersom det skulle vara möjligt att kontrollera laddningen enligt belastningsprognoserna från elnätet. De flesta elbilar står parkerade längre tid än det tar att ladda bilarna. Detta kan utnyttjas på ett sådant sätt att laddningsbelastningarna regleras enligt nätkapacitet. I figur 8 visas en balanserad belastning vid laddning av elbilar med hjälp av OSCP. (CIRED, 2015).



Figur 10. Balanserad belastning med hjälp av OSCP. (CIRED, 2015).

2.7 Lastbalansering

Det grundläggande syftet med lastbalansering är att styra, hantera, fördela och justera effekten i laddningssystemet baserat på belastningen. Utan lasthantering i fastigheter skulle anskaffning av laddstationer bli betydligt dyrare på grund av utbyggnad av elanslutningen. Utan lastbalansering kan laddstationerna skapa en för stor belastning och störning på fastighetens nät om flera elbilar laddas samtidigt. Med hjälp av lastbalansering är det möjligt att begränsa och övervaka laddstationernas matande effekt enligt fastighetens lastsituation.

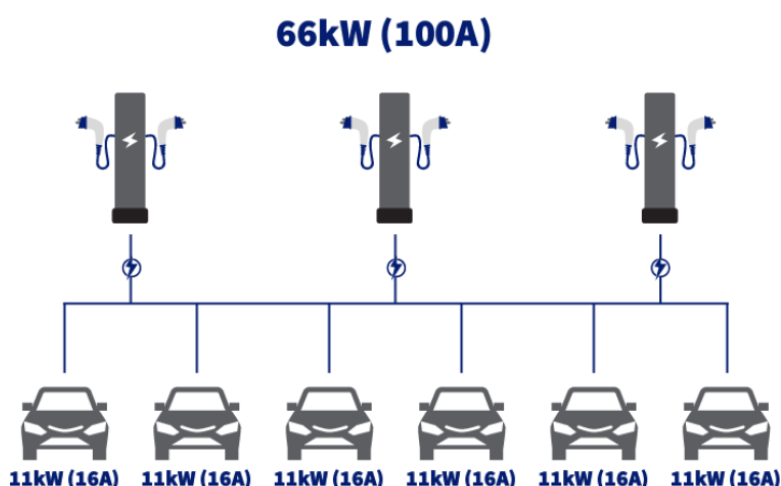
Lastbalansering kan delas in i två grupper: statisk lastbalansering och dynamisk lastbalansering. Statisk lastbalansering innebär att man ställer in ett förbestämt värde på säkringens storlek och laddningen av elbilen sker utifrån detta värde. Med dynamisk lastbalansering delas fastighetens tillgängliga effekt mellan laddstationerna.

Lastbalansering kan delas in i olika nivåer. Lastbalansering av enskilda laddstationer är den ena, där laddeffekten begränsas statiskt eller dynamiskt mellan bilen och laddpunkten. Mellannivåstyrning är den andra, som består av laddstationer med två laddpunkter, där laddeffekten delas mellan laddpunkterna då båda laddpunkterna är i bruk. Nästa nivå består av laddstationer och laddpunkter med ett laddningshanteringssystem. Individuella

laddpunkter tar emot sina kontrollkommandon från laddningshanteringssystemet för att begränsa laddningsströmmen så att den inställda statiska eller dynamiska laddningskapacitetsgränsen inte överskrids. (Paraslataus, 2023).

2.7.1 Statisk lastbalansering

Den statiska lastbalanseringen, eller så kallad standard lastbalansering, kan genomföras i stora drag på två sätt. I den enklare implementeringen ges ett visst värde till laddstationsnätet, vilket sedan programmeras till laddstationerna, var efter laddstationerna pratar med varandra och delar på strömmen som är tillgänglig. Vanligtvis görs en av laddstationerna till masterstation. Denna ansvarar för att varje laddstation laddar med rätt effekt och att inte laddnätets effektgräns överskrids. Den statiska lastbalanseringen tar inte hänsyn till eller mäter fastighetens verkliga förbrukning. I figur 11 är 100 A reserverat i huvudcentralen för laddnätet. (Paraslataus, 2023).

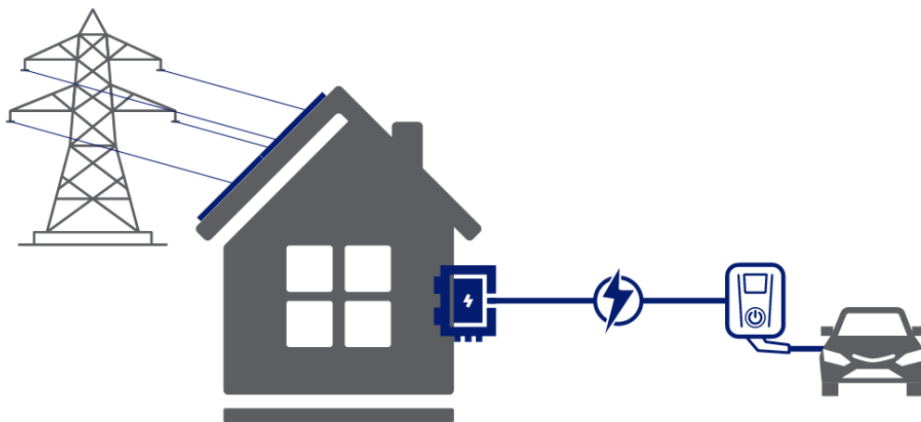


Figur 11. Statisk lastbalansering. (Paraslataus, 2023).

2.7.2 Dynamisk lastbalansering

Dynamisk lastbalansering, det vill säga adaptiv lastbalansering, justerar laddstationernas laddningseffekt automatiskt enligt hur mycket ström som är tillgänglig i fastigheten. Lastbalanseringen mäter aktivt fastighetens överskottseffekt och justerar laddnätets effekt enligt det. Med hjälp av dynamisk lastbalansering kan laddstationerna maximera laddningseffekten och därmed förkorta laddningstiden. I ett dynamiskt lasthanteringssystem kontrollerar en energimätare eller en strömmätare ansluten till

lasthanteringsenheten fastighetens aktiva effekt. Efter detta går informationen till lasthanteringsenheten i laddcentralen, eller till laddnätets masterstation, som reglerar laddeffekten utifrån den data som mottas från energimätningen. (Paraslataus, 2023).



Figur 12. Dynamisk lastbalansering. (Paraslataus, 2023).

3 Resultat

Skillnaderna på dessa laddstationer är inte väldigt stora. En av skillnaderna är att i en del av laddstationer går det att vidarekoppla ethernet-kabel. Om det inte är möjligt att vidarekoppla ethernet-kabel måste de stjärnkopplas från en network switch. Om vidarekoppling är möjligt går det att förse första laddstationen i slingan med en ethernet-kabel från network switchen och från den koppla vidare till nästa och så vidare. Om kunden till exempel önskar 10 laddstationer på en parkeringsplats gynnar det att kunna vidare koppla ethernet kabeln. Men om det handlar om en privatkund med endast en laddstation har det ingen större betydelse.

Alla laddstationer har jordfelsbrytare på både AC och DC sidan, MID-certifierade energimätare och som tilläggsutrustning dynamisk lastbalansering. Endast Ctek Chargestorm connected 2 fås inte med skärm vilket kan vara ett minus från kundens perspektiv. Även de färdiga kabelgenomföringarna som befinner på Chargestormens övre sida är ett minus ifall laddstationen monteras på vägg. Om den monteras på stolpe kommer kablarna oavsett in undre vägen genom stolpen.

3.1 Installation

Projektet utfördes på Bravida Vasas parkeringsplats. Laddstationscentralen befinner sig inne i lagret och laddstationerna på lagrets yttervägg. Planering och montering av laddstationscentralen ingår inte i examensarbetet.

Installationen började med att montera laddstationerna på ytterväggen så att de passade in med parkeringsrutorna. Som matningskabel på ytterväggen för laddstationerna användes en Wago flatkabel 5 x 16 mm² för att enkelt kunna lägga till laddstationer i framtiden. Flatkabeln matades med en MMJ 5 x 16 mm² från laddstationscentralen. Flatkabeln installerades på tre meters höjd. Precis ovanför flatkabeln monterades även en trådhylla ansedd för ethernet-kablarna.



Figur 13. Tillföringsmodul



Figur 14. Wago flatkabel

Två hål borrades i ytterväggen för att få ethernet-kablarna och matningskabeln genom väggen till utsidan. Ovanför varje laddstation och vid väggenomföringen för matningen från centralen monterades tillföringsmoduler på flatkabeln. Från tillföringsmodulerna försågs varje laddstation med MMJ 5 x 10 mm² matningskabel. För att utesluta störningar i datakabeln monterades två aluminiumrör mellan tillföringsmodulerna och laddstationerna. Ena röret var till för matningskabeln och det andra röret var till för ethernet-kabeln.



Figur 15. Tillföringsmodul ovanför laddstation



Figur 16. Tillföringsmodul vid väggenomföringen

Från en network switch bredvid laddstationscentralen drogs enskilda ethernet-kablar för varje laddstation. Ethernet-kablarna fästes fast på trådhyllan och drogs sedan ned genom aluminiumröret och in i laddstationerna. Avslutningsvis kopplades först laddstationerna, sedan tillföringsmodulerna och till sist kopplades matningen in i centralen.



Figur 17. Laddstationscentralen



Figur 18. Ctek Chargestorm Connected 2

3.2 Finlux Pro EVC04-AC22S SMART 3.7-22kW

Finlux Pro EVC04-AC22S SMART 3.7-22kW är en 1/3-fas laddstation med en ställbar laddningseffekt mellan 3,7 - 22kW och laddningsström på 10 - 32A. Laddstationen är utrustad med antingen ett typ-2 uttag eller integrerad laddningskabel. Enhetens skal är IP54 klassad vilket betyder att den är dammtät och skyddad mot vattenstänk från alla håll. Laddstationen kan monteras på vägg. Laddstationen är även utrustad med jordfelsbrytare på AC och DC sidan.

Laddstationen är utrustad med en MID-certifierad Klefr energimätare vilket gör avläsning av energiförbrukningen för faktureringsändamål möjligt. Med Drive Green applikationen kan användaren följa laddningsprocessen och själv välja när laddningen skall påbörjas och/eller avslutas. Med RFID-läsare går det att identifiera kunden. Som alternativ för kommunikationsgränssnitt kan ethernet eller wifi användas. Som tilläggsutrustning fås även skärm och dynamisk lastbalansering. (Finluxpro, 2023).



Installation och konfiguration:

Montören Jonas Snickars berättar: "Uppsättningen av laddstationen på väggen gick enkelt med hjälp av installationsmodellen som kom med i förpackningen. Med hjälp av installationsmodellen gick det lätt att märka ut var skruvhålen kommer att sitta. Inget anmärkningsvärt gällande inkoppling av matningskabeln."

"Konfigurationen för denna laddstation var enkel, inget anmärkningsvärt." (personlig kommunikation 2.11.2023)

3.3 CTEK CHARGESTORM CONNECTED 2

Laddstationen Ctek Chargestorm Connected 2 är en 1/3-fas laddstation med en ställbar laddningseffekt mellan 1,4 - 22kW och laddningsström på 6 - 32A. Laddstationen är utrustad med antingen typ-2 uttag eller typ-2 integrerade kablar. Laddstationens skal är IP54 klassad vilket betyder att den är dammtät och skyddad mot vattenstänk från alla håll. Laddstationen kan monteras på både stolpe och vägg. Kopplingsplintarna för matningskabeln är 16mm².

Chargestorm Connected 2 är utrustad med en MID-certifierad energimätare vilket gör avläsning av energiförbrukningen för faktureringsändamål möjligt. Laddstationen är även utrustad med 6mA jordfelsbrytare på DC sidan och 30mA jordfelsbrytare på AC sidan.

Laddstationen kan fungera i två olika autentiseringslägen; open access och RFID tillträde. Open access innebär att laddningen startar omedelbart när bilen ansluts till laddstationen. RFID-åtkomst innebär att laddningen inte startar förrän en RFID-tag har använts för

autentisering. Vissa operatörer erbjuder även ytterligare autentisering, till exempel via en mobilapp.

Med en ethernet-kabel ansluts laddstationen till nätet. Om ethernet inte kan användas kan enheten även förses med ett 3G/4G-modem. Internetanslutning krävs för portaltjänster och apphantering. Vidare koppling av ethernet-kabel är inte möjligt med denna laddstation. Enheten är utrustad med intern lastbalansering mellan laddningspunkterna (NanoGrid™ Internal). Andra lastbalanseringslösningar fås som tilläggsutrustning (NanoGrid™ Home, NanoGrid™ Local, NanoGrid™ CTEK Grid Central). Som kommunikationsprotokoll används OCPP 1.5/1.6. (Ctek, 2023).



Installation och konfiguration:

Denna laddstation installerade och konfigurerade jag själv. Uppsättningen på väggen gick smidigt med installationsmodellen som kom med i förpackningen. En stor nackdel med tanke på montering av laddstationen är att de färdiga genomföringarna är på övre sidan vilket aldrig är att föredra på en utomhus installation. Energi mätaren är också väldigt nära genomföringen på övre sidan vilket gör det svårt att ta in matningskabeln den vägen. I stället borrades två nya hål för genomföringar på undre sidan.

För konfigureringen krävs en mini-USB kabel vilket inte är standard nuförtiden. Lite problematiskt var det också att stå och hålla i datorn medan man samtidigt konfigurerar. Men programmet i sig var rätt så enkelt att förstå och använda.

3.4 ABB Terra AC

ABB:s Terra AC-kollektion är till storleken små laddstationer som är lämpliga för småhus, arbetsplatser, kommersiella lokaler och parkeringsplatser. Terra AC-stationer kan monteras på vägg eller på stolpe. Laddningssystemet kan kopplas till ABB:s fastighetsautomationssystem med hjälp av kompletterande system. Terra AC laddstationer finns att få som 1- och 3-fas 3,7 kW – 22 kW, med antingen ett typ-2 uttag eller typ-2 kabel. Terra AC har en inbyggd MID-certifierad energimätare vilket möjliggör anslutning av intelligent lasthantering. Det går även att få en skärm som tilläggsutrustning. Jordfelsbrytare finns på både AC och DC sidan.

Internetuppkoppling av laddstationen kan upprättas via GSM, WiFi eller ethernet. Som kommunikationsprotokoll används OCPP 1.6. Laddstationen är utrustad med användaridentifikation, antingen med en separat Chargersync mobilapplikation, Bluetooth eller med en RFID-läsare. Vidare koppling av ethernet-kabel är möjligt. Konfigurering sker via applikation eller via ABB:s webbportal. (ABB, 2023).



Installation och konfiguration:

Montören Jonas Snickars berättar: "Uppsättningen av laddstationen på väggen gick enkelt med hjälp av installationsmodellen som kom med i förpackningen. Med hjälp av installationsmodellen gick det lätt att märka ut var skruvhålen kommer att sitta. Inget anmärkningsvärt gällande inkoppling av matningskabeln."

"Applikationen som användes för konfigurationen kraschade var och varannan minut vilket var väldigt frustrerande." (personlig kommunikation 2.11.2023)

3.5 Alfen Eve Double Pro-line

Alfen Eve Double Pro-line är en smart laddstation med två typ-2 uttag. Laddstationen är anpassad för privat och halvoffentliga platser. Det finns olika modeller beroende på behovet, 1- och 3-fas med enkel eller dubbel matning 3,7 – 22 kW per uttag. Installation av enheten är möjligt på både vägg och stolpe. Skalet är IP54 klassat. Alfen Eve Double Pro-line har även en 7" LCD-skärm där det är möjligt att ladda upp företagets logo. Från skärmen kan man också avläsa laddeffekten. Laddstationen är utrustad med en MID-certifierad energimätare vilket gör avläsning av energiförbrukningen för faktureringsändamål möjligt. Jordfelsbrytare finns på både AC och DC sidan.

Laddstationen kan fungera i två olika autentiseringslägen; Plug and charge och RFID tillträde. Plug and charge innebär att laddningen startar omedelbart när bilen ansluts till laddstationen. RFID-åtkomst innebär att laddningen inte startar förrän en RFID-taggar har använts för autentisering. Vissa operatörer erbjuder även ytterligare autentisering, till exempel via en mobilapp.

Både dynamisk och statisk lastbalansering är möjligt med Alfen Smart Charging Network där upp till 50 laddstationer med dubbla uttag kan anslutas. OCPP 1.6 används som kommunikationsprotokoll för denna laddstation. För uppkoppling till nätet kan man använda sig av ethernet eller GPRS. Konfiguration av laddstationen görs med Alfens egna app. (Alfen Elkamo, 2023).



Installation och konfiguration:

Denna laddstation installerade och konfigurerade jag själv. Alfen Eve Double Pro är lite större än de andra laddstationerna men har däremot mycket rum för inkoppling av matningskabeln. Det var aningen svårare att montera på väggen än de andra laddstationerna i och med att Alfen inte hade installationsmodell som de andra.

Konfigureringen av enheten var inte speciellt svårt. Konfigurationen genomfördes med Alfens egna app. Med hjälp av instruktionerna gick konfigurationen lätt.

4 Diskussion

Det blev lite problematiskt när jag själv inte installerade Finlux och ABB laddstationerna. Jag hade inte lika bra koll på hur applikationen till Terra AC:n ser ut och fungerar och samma sak med Finluxens konfigurerings program. Det blir också en utmaning att utvärdera just de stationer som någon annan har kopplat och konfigurerat.

Prognosen över bilbeståndet i Finland i framtiden har jag kanske lite svårt att själv tro på. Så som marknaden för tillfället ser ut stämmer nog prognosen över elbilar, men den kan skifta om det kommer ett mer grönt och mer kostnadseffektivt sätt. Vätgasen är till exempel ett alternativ som skulle vara ett ännu grönare alternativ. Hela tillverkningsprocessen av batterier och tillverkning av själva elen bilarna använder som bränsle är inte lika "grönt" som elbilmarnas jättar får det att låta som. Om man skulle kunna ta vara på all överskottsenergi som vattenkraft, vindkraft och solkraft producerar, skulle man i teorin kunna få en 100 % grön energikedja. Genom att tillverka vätgas av överskottsenergin skulle man kunna förvara den energin i vätgaslager. De negativa sidorna med vätgasen är att verkningsgraden i bästa fall ligger på 40 – 45 %. Vilket betyder att största delen av energin går till spillo och alternativet är inte längre kostnadseffektivt.

Avslutningsvis tycker jag att ämnet har varit väldigt intressant och lärorikt. I och med att elbilar blir allt vanligare är det en fördel att få möjlighet att skriva om detta ämne och att i framtiden kunna se utvecklingen av laddstationer. Jag är framför allt väldigt intresserad av framtida lösningar för fjärrladdning och all teknik det bär med sig.

5 Källförteckning

- ABB. (1. januari 2023). *Terra AC W7-T-0 wallbox, type 2 latausasema maks. 7 kW (1x32A)*. Noudettu osoitteesta Terra AC W7-T-0 wallbox, type 2 latausasema maks. 7 kW (1x32A): <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107680A3806&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch>
- Alfen Elkamo. (2023, januari 1). *Eve Double Pro-line*. Retrieved from Eve Double Pro-line: <https://alfenelkamo.fi/sites/elkamo.fi/files/downloads/Manual-Eve-2017-English.pdf>
- Autoalan tiedotuskeskus. (23. mars 2023). *Liikennekäytössä olevien ladattavien henkilöautojen määrä*. Noudettu osoitteesta Liikennekäytössä olevien ladattavien henkilöautojen määrä: https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys
- Bravida. (2023). *Bravida*. Noudettu osoitteesta Bravida: <https://www.bravida.fi/>
- CIREN. (den 15 juni 2015). *OSCP - AN OPEN PROTOCOL FOR SMART CHARGING OF ELECTRIC VEHICLES*. Amsterdam, Nord Holland, Nederländerna. Hämtat från http://cired.net/publications/cired2015/papers/CIREN2015_0106_final.pdf
- Ctek. (1. januari 2023). *CHARGESTORM® CONNECTED 2*. Noudettu osoitteesta CHARGESTORM® CONNECTED 2: https://www.ctek.com/storage/7C261F40F1B68D7C311E0A1904ADD4DC17A7D255E3FB01151B823D6C2241DAF3/0000000000000000000000000000000018674/pdf/media/42ab2887a2c34a80841806a2fe03a3c0/CHARGESTORM_CONNECTED_2-productsheet-low-FI-FI.pdf
- Deltrix Chargers. (den 1 januari 2019). *Charging modes*. Hämtat från Charging modes: <https://deltrixchargers.com/about-emobility/charging-modes/>
- Finluxpro. (1. januari 2023). *Latausasema Finlux Pro EVC04-AC22S SMART 3.7-22kW*. Noudettu osoitteesta Latausasema Finlux Pro EVC04-AC22S SMART 3.7-22kW: https://finluxpro.com/wp-content/uploads/2021/01/Snro_3418900_20210111.pdf
- Jung, J.-W. (den 1 januari 2021). *A Comprehensive State-of-the-Art Review of Wired/Wireless Charging Technologies for Battery Electric Vehicles: Classification/Common Topologies/Future Research Issues*. Seoul, Syd Korea. Hämtat från <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9336630>
- Paraslataus. (1. januari 2023). *Kuormanhallinta latausasemissa*. Noudettu osoitteesta Kuormanhallinta latausasemissa: <https://paraslataus.fi/kuormanhallinta/>
- SESKO. (den 17 februari 2021). *Sähköajoneuvojen lataussuositus*. Hämtat från Sähköajoneuvojen lataussuositus: https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/lataussuositus/#pll_switcher

- Solidstudio. (den 18 november 2022). *About Open Smart Charging Protocol (OSCP)*. Hämtat från About Open Smart Charging Protocol (OSCP): <https://solidstudio.io/blog/about-open-smart-charging-protocol-ocsp>
- Sähköinfo Oy. (2022). *Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät*. Esbo, Nyland, Finland: Sähköinfo oy.
- Tekniikan maailma. (2023). Milloin sähköautojen määrä ylittää bensa-autojen määrän Suomessa? Traficom in uusi ennuste kertoo tarkan haarukan. *Tekniikan maailma*, 1. Hämtat från <https://tekniikanmaailma.fi/milloin-sahkoautojen-maara-ylittaa-bensa-autojen-maaran-suomessa-trafficomin-uusi-ennuste-kertoo-tarkan-haarukan/>
- Tukes. (den 4 maj 2021). Tukes. Helsingfors, Nyland, Finland. Hämtat från <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/mittauslaitteet/sahkoautojen-latausmittaus#vaihtovirta--ja-tasavirtamittareilla-on-erilaiset-vaatimukset>
- Valtonen, O. (28. januari 2020). Sähköautojen latauspisteiden asennussuunnitelma. Helsingfors, Nyland, Finland. Noudettu osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/273943/Valtonen_Oskari.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Vansen, V. (den 3 mars 2023). Sähköautojen latausjärjestelmän. Helsingfors, Nyland, Finland. Hämtat från https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/792787/Vansen_Viktor.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Virta Global. (den 3 maj 2023). *EV charging plug standards*. Hämtat från EV charging plug standards: <https://www.virta.global/blog/ev-charging-plug-standards>
- Wevo Energy. (den 1 januari 2023). *Open Charge Point Protocol (OCPP) Security Explained*. Hämtat från Open Charge Point Protocol (OCPP) Security Explained: <https://wevo.energy/white-papers/open-charge-point-protocol-ocpp-security-explained/>