



Karelia-ammattikorkeakoulu
Talotekniikka (AMK)

Kaksisuuntaisen lataamisen hyödyntäminen sähkön varastoinnissa

Teemu Toikkanen

Opinnäytetyö, Toukokuu 2023

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023
Talotekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Teemu Toikkanen

Nimeke
Kaksisuuntaisen lataamisen hyödyntäminen sähkön varastoinnissa

Toimeksiantaja
Kommunikoiva Energia -hanke

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä käsitellään sitä, miten kaksisuuntainen lataustekniikka toimii ja miten ja mihin sitä voidaan käyttää. Työn tavoitteena oli selvittää mitä hyötyä tekniikasta on sähköauton omistajille, pientalouksille ja verkkoyhtiöille. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kommunikoiva Energia -hanke. Hankkeen tavoitteena on tehdä selvitystyötä energiayhteisöjen ja digitaalisten palvelujen hiilineutraalisuudesta.

Opinnäytetyössä alussa esitellään kaksisuuntaisen lataamisen teoriaa ja tarkastellaan lähemmin kaksisuuntaisen lataamisen eri muotoja. Työssä kerrotaan, mitkä sähköautot tukevat kaksisuuntaista latausta ja mihin sähköautoihin tekniikkaa on tulossa tulevaisuudessa. Samaa asiaa tarkastellaan myös latausasemien kannalta. Työssä tarkastellaan lisäksi sähköauton akustoa ja sitä, miten kaksisuuntainen lataus vaikuttaa akustoon. Myös sähköauton lataamista taloyhtiössä ja tähän liittyviä asioita käsitellään, samoin energiayhteisöjä ja sen eri muotoja.

Työn tuloksena saatiin selville, että kaksisuuntaisella lataustekniikalla saadaan hyödynnettyä ylijäämäenergiaa ja pystytään tukemaan verkkoyhtiöitä tasapainottamalla sähköverkkoa. Opinnäytetyöstä ilmenee, mihin käyttötarkoituksiin lataustekniikka soveltuu ja miten kaksisuuntaisella lataamisella voidaan ansaita myös rahaa.

Kieli
suomi

Sivuja 26

Asiasanat
sähköauto, kaksisuuntainen lataus, energiayhteisö



THESIS
May 2023
Degree Programme in Building Services Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Teemu Toikkanen

Title
Utilizing Bidirectional Charging in Electricity Storage

Commissioned by
Communicating Energy project

Abstract

The thesis discusses how bidirectional charging works and how and where it can be used. The aim was to find out what benefits the technology offers for electric vehicle owners, small households and electrical grid companies. The thesis was commissioned by Communicating Energy project. The goal of the project is to conduct research on the carbon neutrality of energy communities and digital services.

The thesis starts with presenting the theory of bidirectional charging and examining the different forms of bidirectional charging are examined more closely. This research shows which electric cars support bidirectional charging and which electric cars will support the technology in the future. The same issue was also examined in terms of charging stations. This study also examines the battery of an electric car and how bidirectional charging affects the batteries. Charging an electric car in a housing association and related issues are also discussed, as well as energy communities and their different forms.

The results of this research show that bidirectional charging technology can utilize surplus energy and support electrical grid companies by balancing the electricity grid. The thesis shows the applications for which charging technology is suitable and how bidirectional charging can also make money to electrical car owners.

Language
Finnish

Pages 26

Keywords
electric vehicle, bidirectional charging, energy community

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Kaksisuuntainen lataaminen ja sen termistö	5
2.1	Kaksisuuntainen lataaminen	5
2.2	Vehicle to grid -teknologia.....	7
2.3	Vehicle to home -teknologia.....	8
2.4	Teknologiaa tukevat täyssähkö- ja hybridautot	9
2.5	Lataustavat	10
3	Latausasemat	12
3.1	Kaksisuuntaista latausta tukevat latausasemat	12
3.2	Wallbox	13
3.3	Inter Control	14
3.4	Enphase Energy	15
4	Sähköauton akusto, lataaminen ja sen vaikutukset	16
4.1	Sähköauton akusto ja sähkönkulutus	16
4.2	Kaksisuuntaisen lataamisen vaikutukset akustoon	16
5	Energiayhteisö	17
5.1	Energiayhteisö ja sen eri muodot.....	17
5.2	Sähköauton lataaminen taloyhtiössä	20
5.3	Sähköauton lataaminen ja energian varastointi	20
6	Kaksisuuntaisen lataamisen hyödyt.....	21
7	Yhteenveto.....	22
	Lähteet.....	24

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kertoa mikä on sähköauton akkujen lataamiseen ja -purkamiseen suunniteltu kaksisuuntainen lataustekniikka. Työssä kerrotaan, miten kaksisuuntainen lataus toimii, mihin ja miten tekniikkaa voidaan käyttää ja minkälainen tilanne tekniikan osalta on sähköautoissa ja lataus-asemissa. Työssä kerrotaan myös energiayhteisöstä ja sen eri malleista. Energiayhteisön avulla saadaan hyödynnettyä uusiutuvaa energiaa yhteisön tarpeisiin.

Kaksisuuntaisen lataamisen ansiosta sähköautojen akkuja pystytään hyödyntämään energiavarastoina. Viime vuosina sähköautojen akkukoot ovat kasvaneet ja sähköön hinnan suuri vaihtelu on herättänyt kiinnostusta tekniikkaa kohtaan. Näiden vaikutusten takia tekniikasta on tullut taloudellisesti mielenkiintoinen, joka avaa mahdollisuuksia kulujen pienentämiseen. Vuonna 2022 voimaan astunutta asuntojen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen ARA:n asunto-osakeyhtiöiden latausjärjestelmäinvestointitukea on perusteltu kaksisuuntaiseen lataamiseen varautumisella, jonka vaatimuksena on 11 kW:n kaapelointi. (ST-käsikirja 41, 2022, 28–29.)

Opinnäytetyön aihe on erittäin ajankohtainen, koska autokanta on siirtymässä kovaa vauhtia kokonaan sähköiseksi. Liikenteen sähköistymistä ovat vauhdittaneet fossiilisten polttoaineiden kova hinta, Euroopan unionin päätös kieltää polttomoottoriautojen myynti 2035 alkaen, sekä ilmastonmuutosvaikutukset.

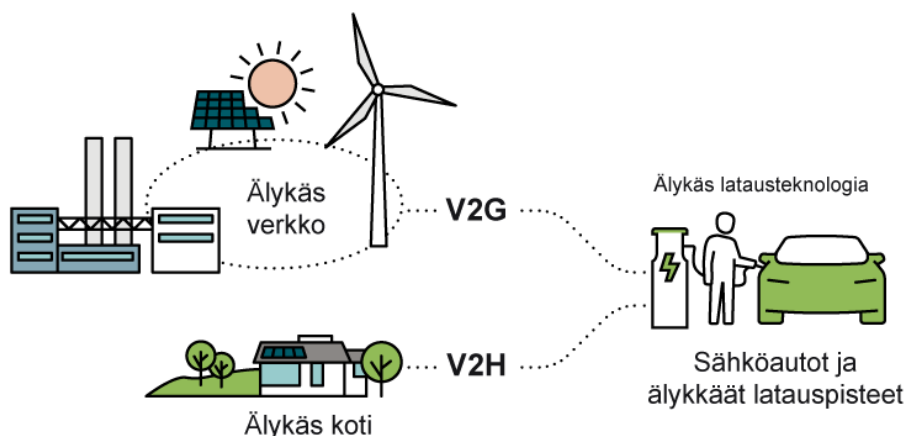
2 Kaksisuuntainen lataaminen ja sen termistö

2.1 Kaksisuuntainen lataaminen

Kaksisuuntaisella lataamisella tarkoitetaan sitä, että sähköauton akussa olevaa energiaa on mahdollista latauksen lisäksi myös siirtää takaisin verkkoon tai

kotiin. Tämän tekniikan avulla sähköauton akkuja pystyy hyödyntämään monipuolisemmin esimerkiksi ylijäämäsihtön varastointiin. (Ikonen 2022.)

Normaalissa sähköauton lataamisessa energiaa vain ladataan sähköverkosta. Sähköauton lataamiseen on kehitetty älykäs lataustekniikka, jolla voi ohjata latauksen tehoa. Kaksisuuntainen lataus on myös älykästä latausta, mutta se eroaa normaalista latauksesta siinä, että energiaa voidaan siirtää molempiin suuntiin (kuvio 1). (Virta 2023.)



Kuvio 1. Kaksisuuntainen lataaminen (Electromobility 2016).

Kaksisuuntaista lataus tekniikkaa voidaan kutsua monella eri nimellä riippuen siitä, mihin energiaa ollaan siirtämässä. Näitä nimiä ovat V2X (Vehicle to everything), V2G (Vehicle to grid), V2H (Vehicle to home), V2B (Vehicle to building) ja V2V (Vehicle to vehicle). (V2Ghub 2023.) V2X eli "ajoneuvosta kaikkeen" on yleisnimitys, jossa ei kerrota, mihin energiaa siirretään. Muiden edellä mainittujen lyhenteiden käyttö riippuu siitä, mihin energiaa ollaan siirtämässä. Esimerkiksi, jos energiaa siirretään sähköverkkoon, käytetään lyhennettä V2G. Näiden lisäksi on myös termi V2L (Vehicle to load), joka ei vaadi kaksisuuntaista lataustekniikkaa. V2L-tekniikan avulla voidaan syöttää energiaa sähköautosta melkein mihin vain 230-AC-sähkölaitteeseen. (Ikonen 2022.)

Yleensä kaksisuuntaisesta lataamisesta puhuttaessa käytetään termiä V2G. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan enimmäkseen V2G- ja V2H-tekniologioita ja niiden toimintaperiaatteita. Kaksisuuntaista latausta pystytään hyödyntämään vain, jos sekä latausasema ja sähköauto tukevat tätä tekniikkaa. (Svarch 2023.)

Kaksisuuntaisessa lataustekniikassa hyödynnetään älykästä latausta samalla tavalla kuin normaalissakin sähköauton latauksessa. Älykkään latauksen avulla sähköauto voi olla koko ajan kytkettynä latausasemaan ja älykäs järjestelmä säätelee milloin ja millä teholla autoa ladataan. (Wallbox 2023a.) Siirrettäessä energiaa sähköauton akusta takaisin verkkoon tai kotiin tasasähkön muuntaminen vaihtosähköksi yleensä tehdään latausasemassa olevan invertterin avulla (ST-käsikirja 41, 2022, 29). Invertteri eli toiselta nimeltään vaihtosuuntaaja on laite, joka muuntaa tasasähkön (DC) vaihtosähköksi (AC). Invertteräjä käytetään latausasemien lisäksi aurinkosähköjärjestelmissä. Aurinkopaneelien tuottama energia on tasasähköä, joten invertteri muuntaa sen sähköverkkoon sopivaksi vaihtosähköksi. (Lumme energia 2021.)

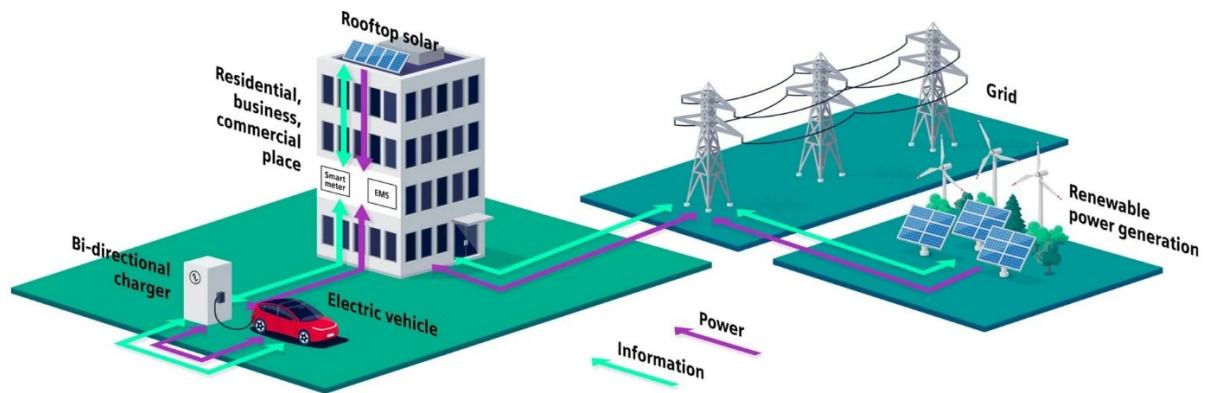
Kaksisuuntaisella lataustekniikalla on myös iso merkitys ilmastonmuutoksen torjumisessa. Tekniikan avulla pystytään hyödyntämään tehokkaammin uusiutuvaa energiaa, kun energiaa pystytään lataamaan ja purkamaan akuista. Tekniikan avulla tähän asti huonosti hyödynnetyt sähköautojen akut saadaan hyötykäyttöön. Tämä tuo myös monille ihmisille tai yrityksille uuden liiketoimintamahdollisuuden. (ABB 2023.)

2.2 Vehicle to grid -teknologia

Vehicle to grid -teknologialla tarkoitetaan sitä, että sähköauton akusta pystytään siirtämään energiaa takaisin sähköverkkoon. Tämän tekniikan avulla pystytään tukemaan sähköverkkoon tulevia kulutuspiikkejä, jolloin tarvitaan lisätuotantoa. Silloin akkuihin varastoitua energiaa pystytään siirtämään takaisin sähköverkkoon ja sähköautojen omistajat saavat siitä korvauksen verkon omistajalta. (ABB 2023.) Energiaa myytäessä takaisin sähköverkkoon myyjällä täytyy olla verkkoyhtiön kanssa myyntisopimus (Secto 2023).

Kaksisuuntaisen latausteknologian toimimiseen tarvitaan latausasema ja sähköauto, jotka tukevat V2G-teknologiaa (kuvio 2). Älykkään lataamisen kanssa pystytään akun ollessa täynnä tasapainottamaan verkkoa. Älykäs lataus pitää myös

huolta siitä, että auton lähtiessä liikkeelle akussa on vähintään 70–90 % energiaa. (Virta 2023.)

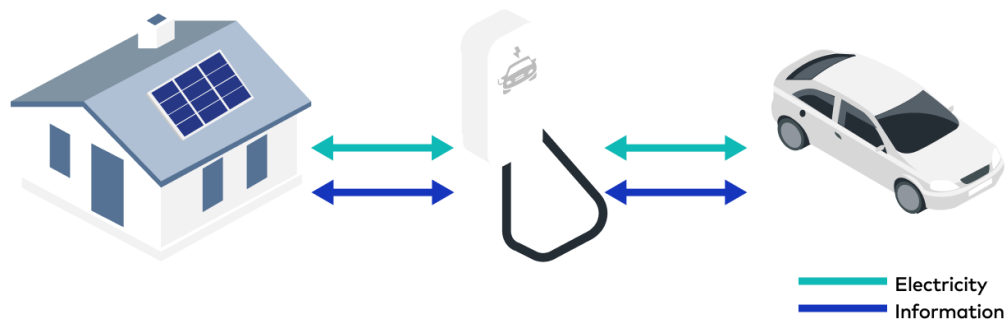


Kuvio 2. Vehicle to grid-tekniikka teoriassa (Fahmy 2023).

Vehicle to grid-tekniikka ja kokonaisuudessa kaksisuuntainen lataustekniikka on kasvamassa arvoltaan valtavasti lähitulevaisuudessa. Arvioiden mukaan tekniikka olisi markkina-arvoltaan vuonna 2025 kuusi miljardia dollaria, kun se oli vuonna 2018 vain 860 miljoona dollaria. (Erbis 2022.)

2.3 Vehicle to home -teknologia

Vehicle to home -teknologia toimii samalla periaatteella kuin V2G-teknologia, mutta energiaa siirretään sähköverkon sijasta kotiin tai muuhun rakennukseen. Sähköauton akkuihin varastoitua energiaa käytetään kodin sähkölaitteisiin. Tällä teknologialla sähköauton akkuja voidaan käyttää kodin varaenergiälähteenä (kuvio 3). (Wallbox 2023a.)



Kuvio 3. Vehicle to home -tekniikka teoriassa (Lerch 2021).

Varastoitua energiaa voidaan käyttää suurten kulutusten aikoina eli yleensä päivisin, jolloin sähkön käyttäjiä on paljon ja sähköverkko voi kuormittua. Kun energian kulutus on taas pienempää, kuten yleensä yöaikoina, älykkäällä järjestelmällä varustettu latausasema lataa auton akut täyteen. (Wallbox 2023a.)

2.4 Teknologiaa tukevat täyssähkö- ja hybridautot

Tällä hetkelle maailmassa ei ole vielä kovin montaa sähköautomallia, jotka tukevat kaksisuuntaista latausta. Monet sähköautovalmistajat ovat kuitenkin kehittäneissä teknologiaa autoihinsa ja muutaman vuoden päästä luku on jo paljon suurempi. Nyt markkinoille tuleviin sähköautoihin voidaan ohjelmistopäivityksen avulla lisätä myöhemmin kaksisuuntainen lataustekniikka, jos niissä sitä ei vielä ole saatavilla. (Secto 2023.)

Nissan Leaf oli maailman ensimmäinen täyssähköauto, joka tuki kaksisuuntaista lataustekniikkaa. Toinen täyssähköauto, joka tukee Nissan Leafin lisäksi kyseistä tekniikkaa on Ford F-150 Lightning. (Ikonen 2023.) Näiden lisäksi Mitsubishiin kaksi hybridautoa Outlander PHEV ja Eclipse cross PHEV tukevat kaksisuuntaista latausta (Britto & Krannich 2023). Näistä autoista suurin akku, 98–130 kWh, on Fordilla. Nissanissa on puolestaan 36–62 kWh:n akku ja Mitsubishiin hybrideissä on vain 13 kWh:n akut. (Ikonen 2023.)

Seuraavassa listauksessa olevat automallit ovat vahvistaneet, että kyseisiin autoihin on tulossa V2G- ja V2H lataustekniikka, lisäksi listasta löytyvät kyseisten autojen akkukoot.

- Hyundai Ioniq 5, 54–77,4 kWh
- Kia EV 6, 54–77,4 kWh
- PYD Atto 3, 50,1–60,4 kWh
- MG ZV EV (2022), 49–68 kWh
- Porsche Taycan 71–83,7 kWh (Man 2022).

Näiden lisäksi Volkswagen on vahvistanut, että 77 kWh:n varustettuihin automalleihin on tulossa kaksisuuntaista lataustekniikkaa. Näitä malleja on esimerkiksi ID.3, ID.4 ja ID.BUZZ. (Man 2022.) Myös Volvon uuteen EX90-täyssähköautoon on tulossa kaksisuuntainen lataustekniikka (Doll 2022). Viimeisimpänä autovalmistajista Tesla on ilmoittanut, että he tuovat autoihinsa kaksisuuntaisen lataustekniikan kahden vuoden sisällä (Akhtar 2023).

2.5 Lataustavat

Suomessa on käytössä neljä eri lataustapaa, jotka ovat määriteltä standardissa EN 61851-1. Kaikkia näitä lataustapoja käytetään eri tarkoituksiin ja Suomessa suositellaan käyttämään sähköauton lataamiseen tapoja 3 ja 4. (ST-käsikirja 41, 2022, 46.)

Lataustapaa 1 käytetään vain kevyiden sähköajoneuvojen, esimerkiksi sähkömopojen ja -pyörien lataamiseen. Lataamisen maksimivirta on 16 ampeeria ja pistorasia on suojattu 30mA:n vikavirtasuojalla. Lataukseen voidaan käyttää standardin SFS 5610 mukaista maadoitettua kotitalouspistorasiaa ja standardin EN 60309 mukaista teollisuuspistorasiaa. (ST-käsikirja 41, 2022, 48.)

Lataustapa 2 eli hidas lataus antaa korkeintaan 32 ampeerin latausvirran. Lataukseen voidaan käyttää samoja standardeissa määriteltä pistorasioita kuin tavassa 1. Tämä lataustapa on tarkoitettu vain tilapäiseen lataamiskäyttöön ja latausvirta tulee olla rajoitettu 8 ampeeriin standardin SFS-EN 62752

mukaisesti. Tätä voidaan käyttää, jos tarjolla ei ole sähköauton lataamiseen tarkoitettua lataustapaa 3. (ST-käsikirja 41, 2022, 48.)

Lataustapa 3 on suositeltavin lataustapa sähköauton lataamiseen. Maksimilatausvirta tässä tavassa on 63 ampeeria ja lataamiseen käytetään sähköautonlataamiseen tarkoitettuja standardin SFS-EN 62196-2 mukaisia kolmivaihepistorasioita, joista yleisin on Pistoketyyppi 2 (kuva 1). (ST-käsikirja 41, 2022, 51.)



Kuva 1. Sähköauton latauspistoke tyyppi 2 "Mennekes" (Plugit 2021).

Lataustavalla 3 on myös tyyppin 1 "Yazaki"- ja 3 "Scame" -pistoketyypit. Näitä pistoketyyppejä ei juuri Suomessa käytetä ollenkaan. (ST-käsikirja 41, 2022, 51.)

Lataustapa 4, josta käytetään myös nimiä DC-lataus, pikalataus ja tehollataus, on toinen lataustapa, joka on suunniteltu sähköauton lataamiseen lataustavan 3 lisäksi. Tässä tavassa on kaksi standardin SFS-EN 62196-3 mukaista latauspistoketta. Pistoketyypit ovat AA "CHAdeMO" ja FF "CCS2" (kuva 2). Näistä yleisimpi on CCS2. (ST-käsikirja 41, 2022, 53.)

Current type	Region			
	Japan	America	Europe, rest of world	China
AC				
Plug name:	J1772 (or Type 1)	J1772 (or Type 1)	Mennekes (or Type 2)	GB/T
DC				
Plug name:	CHAdeMO	CCS1	CCS2	GB/T

Kuva 2. Sähköauton latauspistoketyypit (Kuva: Gatton 2018).

Kaikki sähkö- ja hybridautot, joissa on kaksisuuntainen lataustekniikka käyttävät lataustapaa 4. Näistä autoista Nissan ja Mitsubishi käyttävät CHAdeMO latausporttia ja muut autovalmistajat CCS2-porttia. (Man 2022.)

3 Latausasemat

3.1 Kaksisuuntaista latausta tukevat latausasemat

Kaksisuuntaista latausta tukevia latausasemia on markkinoilla yhtä vähän kuin tekniikkaa tukevia sähköautoja. Isoista yrityksistä ainakin ABB on ilmoittanut tuovansa markkinoille lähitulevaisuudessa kaksisuuntaista latausta tukevan latausaseman. (ABB 2023). Myös yhdysvaltalainen yritys Emporia on julkaissut kaksisuuntaisen latausasemansa, mutta se on tulossa markkinoille vasta vuonna 2024 (Emporia 2023).

3.2 Wallbox

Wallbox on sähköauton lataamistekniikoihin ja latausasemien valmistukseen keskittyvä yritys. Yrityksellä on julkaissut markkinoille kaksi kaksisuuntaista latausta tukevaa laturia: Quasar ja Quasar 2. (Wallbox 2023a.)

Quasar on kotikäyttöön suunniteltu kaksisuuntainen latausasema, jonka maksimilatausteho on 7,4kW (yksivaiheisena) ja purkausteho 7,2kW. Latausaseman pistoketyyppinä on CHAdeMO. Tiedonsiirto tapahtuu Wi-Fi:n, Ethernetin ja Bluetoothin kautta. (Wallbox 2023c.) Quasar latausaseman hinta on 4500 dollarista ja 8 000 dollariin riippuen maasta ja sen verotuksesta (Svarc 2023).

Quasar 2 on uudempi versio aiemmin julkaistusta Quasar-latausasemasta. Latausaseman maksimilataus- ja purkausteho on 11,5kW ja pistoketyyppinä on CCS. Tiedonsiirto tapahtuu tässäkin Wi-Fi:n, Ethernetin ja Bluetoothin kautta. Kommunikointi tapahtuu myWallbox-sovelluksella tai OCPP:n avulla (Kuva 3). (Wallbox 2023b.)



Kuva 3. Wallbox Quasar 2 -latausasema (Moloughney 2022).

Quasar 2 -latausasemassa on Blackout-mode, jonka avulla latausasema alkaa siirtää sähköauton akusta virtaa kotiin, jos sähkökatko tapahtuu kodista. Tämä toiminto on uudistus edelliseen malliin verraten. (Wallbox 2023b.)

3.3 Inter Control

Inter Control Oy on julkaissut kaksi latausasemaa, joissa on kaksisuuntaista latausta tukevaa tekniikkaa: Latinki11 ja HYC50. Latinki11 on 11kW:n latausasema, joka sisältää V2G- ja V2H-tekniikan. Latausaseman latausjännite on 120-500V DC ja maksimivirta 30A. Pistoketyyppinä on CCS (Kuva 4). (Intercontrol 2023a.)



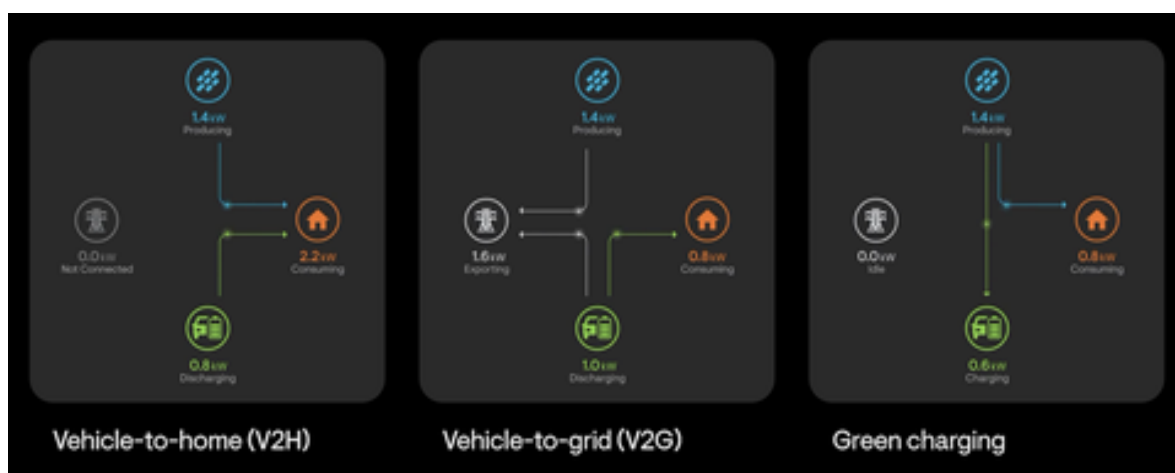
Kuva 4. Inter Control Latinki11 -latausasema (Kuva: Intercontrol 2023a).

HYC50-latausasemassa on mahdollisuus 50kW:n lataukseen tai 2x25kW:n rinnakkaislataukseen. Latausasemassa on V2G-tekniikka eli sen avulla voidaan siirtää sähköauton akusta virtaa takaisin sähköverkkoon. Tällaista latausasemaa voidaan käyttää hotelleissa, kauppakeskuksissa ja muilla julkisilla paikoilla. (Intercontrol 2023b.)

3.4 Enphase Energy

Enphase Energy on amerikkalainen energiateknologiayritys, joka on tuomassa vuoden 2024 alussa markkinoille kaksisuuntaisen latausasemansa. The Enphase kaksisuuntainen latausasema mahdollistaa V2G- ja V2H-tekniikan ja näiden lisäksi myös ”Green charging” ominaisuuden, jossa aurinkopaneelien tuottama energia siirtyy suoraan latausaseman kautta sähköauton akkuun. Latausasema tukee CHAdeMo- sekä CSS-latausprototteja. Latausaseman voi yhdistää suoraan verkkoon tai IQ system controllin kautta. Suoraan verkkoon yhdistettynä kaikki V2H-tekniikan ominaisuudet eivät toimi. (Enphase Energy 2023.)

The Enphase kaksisuuntainen latausasema on uusi osa Enphase Energyn kehittämää ”Enphase energy system” järjestelmää, jonka avulla voidaan valmistaa, varastoida, myydä ja hallita kodin energiaa. Tätä kaikkea pystyy hallitsemaan Enphase-sovelluksen kautta (Kuva 5). (Enphase Energy 2023.)



Kuva 5. Enphase sovellus (Kuva: Casey.T 2023).

Enphase-sovelluksen avulla pystytään seuraamaan ja hallitsemaan latausaseman toimintaa. Vehicle to grid toimintoa käyttäessä Enphase pilvipalvelu keskusteleekin verkon kanssa. Pilvipalvelu siirtää tiedon Enphase energy -järjestelmään ja sitä kautta kaksisuuntaiselle latausasemalle. Tiedon siirtyessä omistaja saa ilmoituksen, että energiaa siirretään takaisin verkkoon sähköauton akusta ja

sovelluksen avulla pystyy seuramaan minkä verran energiaa siirtyy mihinkin. (Enphase Energy 2023.)

4 Sähköauton akusto, lataaminen ja sen vaikutukset

4.1 Sähköauton akusto ja sähkönkulutus

Sähköauton akut ovat kasvaneet viime vuosina paljon ja niiden valmistus kustannukset ovat pienentyneet. Täyssähköautojen akkukoot nykyään ovat yleisesti 40–100 kWh:n kokoisia. Uusimmissa sähköautoissa akut ovat jo oli 100 kWh:n kokoisia. Sähköautojen akkujännitteet ovat 300–400 voltia, mutta uusissa 2020-luvulla tehdyissä sähköautoissa jännitteet voivat olla jo 800 voltia. Suurempi jännite mahdollistaa nopeamman latauksen. (ST-käsikirja 41, 2022, 15–16.)

Sähköauton toimintamatkaan vaikuttavat monet tekijät. Suurimmat vaikuttajat ovat ajotapa, olosuhteet, paino ja ajonopeus. Kovilla pakkasilla sähköauton toimintamatka voi olla vain puolet siitä, mitä se on lämpimällä ilmalla. (Motiva 2023a.) Edellä mainituitten tekijöjen mukaan sähköauton kulutus vaihtelee 10–30 kWh/100 km välillä. Normaalisissa ajoissa useimmat sähköautot kuluttavat alle 20 kWh/100 km. (ST-käsikirja 41, 2022, 16.)

Volvon uudessa täyssähköisessä EX90 mallissa on 111 kWh:n akkukapasiteetti. Volvo lupaa, että akun lataaminen 250 kW:n DC-pikalatausasemalla 10–80 % kestää vain noin 30 minuuttia. Toimintamatkaa autolle lupailaan enintään 585 km. (Volvo 2023.)

4.2 Kaksisuuntaisen lataamisen vaikutukset akustoon

Yleisesti sähköauton akuille annetaan takuuta 5–8 vuotta tai 100 000–200 000 kilometriä. Akun kulumiseen vaikuttavat ajetut kilometrit, lataussyklit ja akun ikä.

Akun kulumista voidaan minimoida sillä, ettei akkua ladata aivan täyteen eikä sitä ikinä ajeta ihan tyhjäksi. (Motiva 2023b.)

Yleisen käsityksen mukaan kaksisuuntaisen lataamisen ajatellaan kuluttavan sähköauton akkua enemmän kuin peruslataaminen. Todellisuus on kuitenkin, että kaksisuuntaisen lataaminen tutkimusten mukaan ei vaikuta akun elinikään negatiivisella tavalla. Kaksisuuntaista lataamista tapahtuu vuorokaudessa minuutteja eikä tunteja, joten tästä ei koidu haittaa sähköauton akulle. (Virta 2023.)

Ranskalaisen VEDOCOM Institute for energy -tutkimuksen mukaan sähköautojen omistajat voivat maksimoida akun käyttöiän minimoimalla akun lämpötilan nousun, pitämällä keskimääräisen lataustehon alhaisena ja rajoittamalla aikaa, jota käytetään korkealla latausjännitteellä. Älykkäällä akkujen hallinnalla ja huomioimalla mainitut kolme tekijää, sähköauton omistajat voivat huolehtia, että akku pysyy hyvässä kunnossa pitkään. (Fahmy 2023.)

5 Energiayhteisö

5.1 Energiayhteisö ja sen eri muodot

Energiayhteisö on eri toimijoiden muodostama yhteenliittymä, esimerkiksi taloyhtiö, joka hyödyntää omaa sähköntuotantoa ja käyttää sitä energiayhteisössä oleviin asuntoihin tai mahdollisiin liiketiloihin. Energiayhteisön tuotannon maksiminimellisteho pitää olla alle 1 MVA ja siihen voi kuulua vain samassa sähköliittymässä olevat käyttöpaikat. Itse tuotetusta sähköstä energiayhteisön ei tarvitse maksaa jakelumaksua ja, jos heidän tuotantonsa jää vuodessa alle 800 MWh:n, ei siitä tarvitse maksaa myöskään sähköveroa (Kettunen & Kivioja 2021, 4). Energiayhteisön tuotantoyksikkönä voi toimia aurinkopaneelit tai tuulivoimala. Energiayhteisön perustaminen ei maksa taloyhtiölle mitään. Hyvityslaskennan avulla energian tuotanto lasketaan ja jaetaan yhteisössä olevien kesken. (Caruna 2023.)

Energiayhteisön voi perustaa Suomessa kuka tahansa. Suomessa on lainsäädännön mukaan käytössä kolme erilaista energiayhteisö mallia. Niitä ovat kiinteistön sisäinen energiayhteisö, kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö ja hajautettu energiayhteisö. Kuvassa 6 on kuvattu eri energiayhteisö mallit, jossa numero yksi on kiinteistön sisäinen energiayhteisö, numero kaksi on kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö ja numero kolme on hajautettu energiayhteisö. (Elenia 2023, 5–7.)



Kuva 6. Energiayhteisömallit (Elenia 2023).

Kiinteistön sisäisessä energiayhteisössä tuotetusta energiasta osa kattaa kiinteistön sähkönkulutuksen ja loput jäljellä olevasta energiasta jaetaan kiinteistössä olevien huoneistojen kesken. Ylijäämäenergia voidaan varastoida akustoon tai myydä verkkoyhtiölle. Aurinkoenergia on energiayhteisön käyttämänä arvokkaampaa kuin sen myyminen verkkoyhtiölle. Myydystä energiasta maksetaan vain energian hinta. Verkosta ostettu energia sisältää energian hinnan lisäksi ALV:n, sähköveron ja siirron. (Elenia 2023, 9–11.)

Energiayhteisönjärjestelmä pitää sisällään tuotantojärjestelmän, mikä yleisesti on aurinkopaneelit. Tämän lisäksi energiavaraston, johon voidaan varastoida paneeleista tuleva ylijäämäenergia. Mittarointi voidaan toteuttaa kiinteistön sisäisessä energiayhteisössä kahdella tavalla, joko verkkoyhtiön mittauksilla tai yhteisön omilla mittauksilla. Verkkoyhtiön mittauksessa jokainen taloyhtiön mittari

on verkkoyhtiön omistama ja energiayhteisön jäsenien pitää tehdä huoneisto-kohtainen sopimus ylijäämä sähkön myynnistä verkkoyhtiön kanssa. Energiayhteisön mittauksella mittaus tapahtuu verkkoyhtiön toimesta vain kiinteistön liittymispisteestä, minkä takana on koko taloyhtiön sähkönkulutus. Energiayhteisöllä on vain yksi yhteinen sopimus sähkön hankinnasta ja – myymisestä sekä verkkopalvelusopimus. Jokainen huoneisto tarvitsee oman mittarinsa ja niiden hankinnasta energiayhteisö vastaa itse. (Elenia 2023, 13–16.)

Kiinteistörajat ylittävässä energiayhteisössä energiankäyttöpaikka ja energian tuotanto sijaitsevat eri tonteilla, mutta ovat liittynyt sähköverkkoon yhdestä liittymispisteestä. Tällainen yhteisö voisi sopia esimerkiksi haja-asutusalueille, joissa aurinkopaneelit pystytään sijoittamaan viereiselle tontille, jos oma tontti on esimerkiksi liian varjoisa. (Elenia 2023, 19–20.)

Hajautetussa energiayhteisössä sähköntuotanto- ja kulutuspaikka voivat sijaita eri pakoissa. Tällaisen energiayhteisön avulla pystytään hyödyntämään esimerkiksi kesämökillä olevien aurinkopaneelien tuotantoa kotona. Energiayhteisö voi myös hankkia yhteisesti jonkin tuotanto järjestelmän esimerkiksi aurinkopaneelit ja tästä jokainen halukas jäsen voi ostaa osuuden. Vaihtoehtona on myös vuokrata osuus, jostakin aurinkopaneeli järjestelmästä. (Elenia 2023, 22–23.)

Energiayhteisössä rahallisen hyödyn määrä riippuu esimerkiksi aurinkopaneelijärjestelmän koosta. Mitä isompi järjestelmä on, sitä enemmän energiayhteisö hyötyy siitä rahallisesti. Esimerkiksi 30 huoneiston rivitaloyhtiö käyttää vuodessa noin 115 MWh, josta 15 MWh kuluu kiinteistösähköön. Aurinkopaneelien koko on 15 kWp ja maksaa noin 18 000 €. Säästöä vuodessa kiinteistösähköstä saadaan noin 500 €, huoneistosähköstä noin 1100 € ja ylijäämänsähkön myynnistä 50 €. Investointi tuottaa vuodessa 8 %. Pienemmällä 5 kWp:n järjestelmällä hyötyä saadaan vain kiinteistösähköön ja rahallinen tuotto vuodessa on pienempää ja investoinnin tuotto vain 3 %. Energiantuotanto järjestelmä mitoitetaan aina yksilöllisesti energiayhteisön tarpeiden mukaisesti. (Caruna 2023.)

5.2 Sähköauton lataaminen taloyhtiössä

Sähköauton latausjärjestelmien suunnittelussa taloyhtiöihin pitää ensimmäiseksi selvittää nykyisen sähköliittymän koko ja huippukuorma. Selvitysten perusteella arvioidaan, onko tarvetta muuttaa liittymän kokoa tai mahdollisesti tehdä rinnakkainen sähköliittymä latausjärjestelmää varten. Molemmat vaihtoehdot tuovat lisäkustannuksia, joten ennen päätöksen tekoa tarvitaan taloyhtiön hyväksyntä asiaan. Latausjärjestelmien suunnittelu taloyhtiöön on kallista ja suunnitelmat pitää tehdä yksilöllisesti arvioiden aina taloyhtiön tarpeet. Yleisesti taloyhtiössä tarvitaan yön yli latausta ja se onkin paras vaihtoehto, koska päivällä kuormitus on suurta, joten yöllisellä latauksella kuormaa riittää paremmin lataukseen. Yleisen yön yli lataukseen käytetty teho määrä on 11 kW, jolloin latausaseman nimellisvirta on 3x16A. (ST-käsikirja 41, 2021, 104–105.)

Sähköautojen latausjärjestelmiä hankittaessa taloyhtiö pystyy hakemaan ARA:n myöntävää avustusta sähköjärjestelmiin tuleviin muutoksiin, joka on 35 %. Maksimiavustuksen määrä on 90 000 €. Vaatimuksena avustuksen saamiseen on tehdä vähintään valmius viidelle latauspisteelle. Avustus kannustaa monia taloyhtiöitä latausjärjestelmien hankintaan. (Cygnel 2022.)

5.3 Sähköauton lataaminen ja energian varastointi

Sähköautot seisovat suuren osan ajasta parkkipaikalla, joten sähköautojen akustoa pystyttäisiin käyttämään energiavarastoina energiayhteisössä. Noin kymmenellä sähköautolla pystyttäisiin saamaan hyvän kokoinen energiavarasto, jolla katettaisiin osa yhteisön energiavarastoista. (Kettunen & Kivioja 2021,35.)

Sähköauton lataamisella on hyviä ja huonoja puolia energiayhteisön kannalta. Sähköautojen lisääntyessä, jolloin lastauspisteiden tarve kasvaa ja sitä myötä kasvaa myös joustokapasiteetti. Kaksisuuntaisen lataamisen avulla joustoa pystyisi tehdä molempiin suuntiin, jolloin sen hyöty olisi suuri. Tällä hetkellä mahdollisuus kaksisuuntaiseen lataamiseen on vielä aika pieni. Huonoa on myös

se, miten pystytään kompensoimaan joustoa sähköauton omistajalle ja millä tavalla voidaan priorisoida lataustarve autojen välillä. (Kettunen & Kivioja 2021, 35–36.)

6 Kaksisuuntaisen lataamisen hyödyt

Sähköauton omistaja pystyy hyötymään kaksisuuntaisesta lataamisesta monella tapaa, jos hänellä on kodissaan kaksisuuntaista latausta tukeva lataus-asema ja sähköauto. Yksi suurista hyödyistä on sähköauton akuissa olevan energian myyminen sähköverkkoon. Arvioiden mukaan myymällä energiaa takaisin verkkoon voi tienata noin 400 € vuodessa. Tällaisiin tienesteihin voidaan päästä myymällä aurinkopaneeleista saatua ylimääräistä energiaa, joka varastoidaan sähköauton akkuihin. Myös lataamalla sähköauton akkuja ruuhka-aikojen ulkopuolella, jolloin sähkön hinta on edullisempaa ja myymällä energiaa takaisin verkkoon ruuhka-aikoina, kun sähkön hinta on taas kalliimpaa, voidaan tienata rahaa. (Wallbox 2023a.)

Kaksisuuntaisesta latauksesta on myös paljon hyötyä verkkoyhtiöille. Ruuhka-aikoina, kun sähköverkossa on paljon kuormaa, niin kaksisuuntaisella lataustekniikalla voidaan siirtää sähköauton akuista energiaa takaisin verkkoon. Tällä tavalla voidaan tasapainottaa sähköverkkoa, eikä siihen synny ylikuormitusta. Ilman kaksisuuntaista lataustekniikkaa, ruuhka-aikojen energia pitäisi hankkia muualta, mikä taas nostaa sähkön hintaa. (Virta 2023.)

Suurin hyöty kaksisuuntaisesta lataamisesta pientalouksissa on, että sähköauton akku voidaan käyttää kodin varaenergiälähteenä mahdollisten sähkökatkokkien aikana. Pientaloudet, joista löytyy aurinkopaneelit hyötyvät tästä tekniikasta myös paljon. Aurinkopaneelien tuottamaa energiaa voidaan suoraan siirtää sähköauton akustoon tai tuotetusta energiasta tuleva ylijäämä, mitä ei taloudessa kuluteta, voidaan varastoida sähköauton akkuun ja hyödyntää myöhemmin, kun kulutusta on paljon. (Ikonen 2022.)

7 Yhteenveto

Työssä tarkasteltiin kaksisuuntaisen lataamisen teoriaa ja siihen liittyvää termistöä. Tämä työ perehdytti minut kaksisuuntaiseen lataamiseen ja siihen, miten eri auto- ja latausasema valmistajat reagoivat kaksisuuntaisen teknologian kasvuun. Perehdyttiin myös energiayhteisöihin ja niiden eri muotoihin ja energiayhteisössä sähköauton lataamiseen ja millä tavalla kaksisuuntaista latausta yhteisössä voitaisiin hyödyntää. Opinnäytetyössä tarkasteltiin kaksisuuntaisen latauksen vaikutusta yhteiskuntaan sekä ilmastonmuutokseen. Lisäksi tarkasteltiin kaksisuuntaista latausta pientalouksien näkökulmasta ja sitä, miten teknologista olisi hyötyä taloudellisesti ja saataisiin hyödynnettyä uusiutuvasta energiasta tulevaa ylijäämää.

Kaksisuuntainen lataaminen on ollut jo markkinoilla jonkin aikaa, mutta silti hyvin pieni määrä sähköautoista tukee tätä teknologiaa. Myös kaksisuuntaisen latausasemien määrä on tällä hetkellä hyvin rajallinen ja hinnat ovat paljon kalliimpia kuin normaaleiden latausasemien. Tulevaisuus näyttää kuitenkin valoisalta tämän teknologian kannalta, sillä moni suuri autovalmistaja on ilmoittanut tuovansa muutaman vuoden sisällä kaksisuuntaisen lataustekniikan heidän sähköautoihinsa. Autovalmistajien lisäksi latausasemien valmistajat ovat heränneet tähän markkinaan ja ovat tuomassa samalla aikajanelalla kaksisuuntaista teknologiaa tukevia latausasemia markkinoille. Työtä tehdessä sain hyvän käsityksen, missä teknologia on menossa tällä hetkellä. Teknologia on vielä hyvin monelle ihmiselle vieras käsite, mutta muutaman vuoden kuluttua tekniikan yleistyttyä aihe tulee olemaan vielä ajankohtaisempi. Teknologia on vielä tällä hetkelle hyvin arvokas, joten se ei välttämättä ole vielä houkutteleva vaihtoehto esimerkiksi pientalouksille.

Opinnäytetyön aihe on merkittävä, sillä kaksisuuntaisella lataamisella voidaan hyödyntää uusiutuvaa energiaa vielä paremmin. Ilmastonmuutos on ollut erittäin ajankohtainen aihe pitkään jo maailmalla ja tavoitteena on vähentää vuosi vuodelta päästöjä erityisesti liikenteestä. Liikenteen sähköistyminen on hyvällä mallilla ja tulevaisuudessa kaksisuuntainen lataaminen tekee sähköautoiluun

siirtymisestä vielä houkuttelevampaa. Pienempien sähkölaskujen ja mahdollisten lisätienestien saaminen tekevät tästä tekniikasta mielenkiintoisen vaihtoehdon pientalouksille kaikkien muiden hyötyjen lisäksi. Taloyhtiöiden näkökannalta katsottaessa kaksisuuntaisen latauksen avulla voitaisiin tasata latauksesta syntyvää kuormaa ja välttyttäisiin mahdolliselta ylikuormitukselta.

Aihetta voitaisiin jatkotutkia esimerkiksi perehtymällä kaksisuuntaisen latausaseman keräämään dataan omakotitalossa. Datasta voitaisiin saada selville minkä verran ylijäämäenergiaa syntyy ja minkä verran energiaa myydään verkkoon ja siitä syntyvän rahallisen voiton määrä. Opinnäytetyön aihe on tärkeä, koska aiheesta ei olla vielä hirveästi tietoisia ja kaksisuuntainen lataaminen tulee olemaan merkittävä askel sähköautoilussa.

Lähteet

- ABB Oy. 2023. ABB's Vehicle-to-Grid technology. <https://new.abb.com/ev-charging/abb-s-vehicle-to-grid-technology>. 6.4.2023.
- Akhtar, R. 2023. Tesla flags V2G for its EVs in two years, but Musk says it's not that useful. TheDriven. <https://thedriven.io/2023/03/02/tesla-flags-v2g-for-its-evs-in-two-years-but-musk-says-it-not-that-useful/>. 7.3.2023.
- Britto,A.B, Krannich, K. 2023. What is vehicle-to-grid (V2G) technology? Elektrotbit. <https://www.elektrotbit.com/trends/vehicle-to-grid-technology/>. 18.1.2023.
- Caruna Oy. 2023. Energiayhteisöt. <https://caruna.fi/tuotteet-ja-palvelut/kotiin-ja-kiinteistoon/sahkontuotanto/energiayhteisot>. 6.4.2023.
- Casey, T. 2023. Buh-Bye Gas: Enphase Launching Seamless Vehicle-To-Grid System. CleanTechnica. <https://cleantechnica.com/2023/02/05/buh-bye-gas-enphase-launching-seamless-vehicle-to-grid-system/>. 11.3.2023.
- Cygnel, S. 2022. Sähköautot yleistyvät ennustettua nopeammin – sähköautojen latauspisteet hankitaan taloyhtiöihin kätevimmin ARA-avustuksella. Helen Oy. <https://www.helen.fi/taloyhtiot/ajankohtaista/artikkelit/artikkeleita-s%C3%A4hk%C3%B6autojen-lataukset/sahk%C3%B6autojen-latauspisteet-hankitaan-taloyhtioon-katevimmin-ara-avustuksella>. 14.4.2023.
- Doll, S. 2022. The EX90 will arrive as Volvo's first EV with bi-directional charging and the ability to power your home. Electrek. <https://electrek.co/2022/10/06/ex90-will-arrive-as-volvos-first-ev-with-bi-directional-charging/>. 20.1.2023.
- Elenia Oy. 2023. Energiayhteisökäsikirja. <https://www.elenia.fi/files/7de35936c413685a502e8cfe531bdc1e42653201/elenia-energiayhteisokasikirja.pdf>. 23.3.2023
- Electromobility. 2016. Sähköautoista tulee osa älykästä verkkoa. <http://www.electromobility.fi/2016/11/sahkoautoista-tulee-osa-alykasta-verkkoa.html>. 13.4.2023.
- Emporia. 2023. How the emporia v2x charger works. <https://www.emporiaenergy.com/how-the-emporia-v2x-charger-works>. 31.1.2023.
- Enphase Energy. 2023. The Enphase Bidirectional EV Charger. <https://enphase.com/download/bidirectional-ev-charger-white-paper>. 11.3.2023.
- Erbis. 2022. THE TOP 5 V2G STARTUPS: WILL YOU JOIN THE ENERGY INDUSTRY REVOLUTION? <https://erbis.com/blog/the-top-5-v2g-startups-will-you-join-the-energy-industry-revolution/>. 13.3.2023.
- ev EVOLUTION. 2023. Vehicle to grid (V2G). <https://ev-evolution.eu/vehicle-to-grid-v2g/>. 9.1.2023.
- Fahmy, S. 2023. Who powers whom? – The benefits of bidirectional charging. Siemens. <https://www.siemens.com/global/en/company/stories/infrastructure/2023/the-benefits-of-bidirectional-charging-v2g-v2h.html>. 19.3.2023.
- Gaton, B. 2018. What is CCS charging? TheDriven. <https://thedriven.io/2018/12/10/what-is-ccs-charging/>. 24.1.2023.

- Ikonen, T. 2022. Kaksisuuntainen lataus-mistä on kyse? Nordic plug. <https://nordicplug.fi/blogs/sahkoautot-ja-lataaminen-blogi/kaksisuuntainen-lataus-v2g>. 9.1.2023.
- Inter Control Oy. 2023a. Latinki11. <https://www.intercontrol.fi/tuotteet/dc-latauslaitteet/latinki-11/> .31.1.2023.
- Inter Control Oy. 2023b. Hyc50. <https://www.intercontrol.fi/tuotteet/dc-latauslaitteet/hyc50/> .31.1.2023.
- Kettunen, M & Kivioja, O. 2021. Selvityshanke loppuraportti. Edelläkävijyys Energiayhteisössä. <https://www.eehanke.fi/wp-content/uploads/2021/11/Edellakavijyys-Energiayhteisossa-Selvityshanke-loppuraportti.pdf>. 6.4.2023.
- Lerch, H. 2021. How V2G and V2H can reach scale. gridX. <https://www.gridx.ai/blog/how-v2g-v2h-reach-scale>. 16.4.2023.
- Lumme Energia Oy. 2021. Mihin invertteriä tarvitaan. <https://www.lumme-energia.fi/tietopankki/mihin-invertteria-tarvitaan>. 8.4.2023.
- Man, H. 2022. Porsche tests bidirectional charging on the Taycan. Zecar. <https://zecar.com/reviews/porsche-tests-bidirectional-charging-on-the-taycan>. 18.1.2023.
- Moloughney, T. 2022. Wallbox reveals Quasar 2 birectional charger at CES. INSIDE EVs. <https://insideevs.com/news/558708/wallbox-quasar2-charger-introduced-ces/>. 31.1.2023.
- Motiva Oy. 2023a. Sähköauton toimintavarmuus. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/sahkoautoillen-arjen-alykas-sahkoautoilu/sahkoauton-toimintavarmuus-ja-talviolosuhteet>. 7.3.2023.
- Motiva Oy. 2023b. Sähköauton tekniikka ja akku. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/sahkoautoillen-arjen-alykas-sahkoautoilu/sahkoauton-tekniikka-ja-akku>. 7.3.2023.
- Plugit Finland Oy. 2021. Latauspistoketyypit sähköautoille. <https://plugit.fi/artikkelit/latauspistoketyypit-sahkoautoille/>. 24.1.2023.
- Secto Automotive Oy. 2023. Sähköauton kaksisuuntainen lataus. <https://secto.fi/ajankohtaista/sahkoautot/sahkoauton-kaksisuuntainen-lataus/> . 8.4.2023.
- SESKO ry. 2021. Lataussuositus. <https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/lataussuositus/>. 24.1.2023
- ST-Käsikirja 41. 2022. Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät. Espoo. Sähkötieto ry.
- Svarc, J. 2023. Bidirectional chargers explained - V2G Vs V2H Vs V2L. Clean energy. <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/bidirectional-ev-charging-v2g-v2h-v2l>. 30.1.2023.
- Virta. 2023. Vehicle to grid (V2G): Everything you need to know. [https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g?utm_term=v2g&utm_campaign=EN+-+Energy&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=5823902344&hsa_net=adwords&hsa_grp=122456441193&hsa_ver=3&hsa_kw=v2g&hsa_tgt=kwd-29975958021\(4.\)&hsa_mt=p&hsa_ad=515014153096&hsa_src=g&hsa_cam=12766663577&qclid=EAlaIqobChMIxoG-dlMqZ8AIVEJOyCh2q6QyCEAAYASAAEgKkt_D_BwE#three](https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g?utm_term=v2g&utm_campaign=EN+-+Energy&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=5823902344&hsa_net=adwords&hsa_grp=122456441193&hsa_ver=3&hsa_kw=v2g&hsa_tgt=kwd-29975958021(4.)&hsa_mt=p&hsa_ad=515014153096&hsa_src=g&hsa_cam=12766663577&qclid=EAlaIqobChMIxoG-dlMqZ8AIVEJOyCh2q6QyCEAAYASAAEgKkt_D_BwE#three). 2023.

- Volvo. 2023. Volvo EX90. <https://www.volvocars.com/fi/cars/ex90-electric/>. 13.4.2023
- V2G hub. 2023. Frequently asked questions. <https://www.v2g-hub.com/faq/>. 9.1.2023.
- Wallbox. 2023a. Why Bidirectional Charging is The Next Big Thing for EV Owners. <https://blog.wallbox.com/why-bidirectional-charging-is-the-next-big-thing-for-ev-owners/>. 9.3.2023.
- Wallbox. 2023b. Meet Quasar 2. https://wallbox.com/en_us/quasar2-dc-charger. 12.3.2023.
- Wallbox. 2023c. Quasar technical datasheet. https://static1.squarespace.com/static/5354537ce4b0e65f5c20d562/t/62142bef1ae204287522d439/1645489136774/Wallbox_Quasar_Datasheet_English.pdf. 30.1.2023.