

Sähköautojen älykkään lataamisen hyötyjä kuluttajalle
Benefits of EV smart charging for consumers

Niko Grön

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Energy Systems
Sähkötekniikka

Niko Grön

Sähköautojen älykkään lataamisen hyötyjä kuluttajalle

Kandidaatintyö.

30 s.

Tarkastaja: Ville Tikka

Ladattavien sähköautojen määrä Suomessa on olleet vuosi toisensa jälkeen alati kiihtyvässä kasvussa ja sen voidaan olettaa jatkuvan. Kasvavan sähköautokannan myötä sähköautojen latausjärjestelmät kaipaavat älykkäitä sovelluksia, jotta sähköverkon kapasiteetti ei ylittyisi. Tässä kandidaatintyössä tutustutaan sähköautojen älykkäisiin latausjärjestelmiin sähköauton omistajan näkökulmasta ja tutustutaan minkälaisia hyötyjä kyseiset ratkaisut luovat. Työn lähteinä toimivat aiheeseen liittyvät tieteelliset artikkelit, latauslaitevalmistajien julkaisut, sekä eri julkaisijoiden luomat tilastot ja standardit.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT
School of Energy Systems
Electrical Engineering

Niko Grön

Benefits of EV smart charging for consumers

Bachelor's Thesis.

30 p.

Examiner: Ville Tikka.

The number of rechargeable electric vehicles in Finland has been growing at an ever-increasing rate year after year, and it can be expected to continue. With the growing fleet of electric vehicles, charging systems for electric cars need intelligent applications so that the capacity of the electric network is not exceeded. This bachelor's thesis introduces the intelligent charging systems for electric cars from the perspective of the electric car owner and the benefits of these solutions. The sources of the work are related scientific articles, publications of charger manufacturers, and statistics and standards created by various publishers.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto.....	6
2.	Suomen autokanta	7
2.1	Kokonaistilanne	7
2.2	Sähköautot ja ladattavat hybridit	9
3.	Sähköautojen lataus	11
3.1	Lataustavat.....	11
3.2	Latauspistoketyypit.....	12
3.2.1	Type 1/SAE J1772.....	13
3.2.2	Type 2/IEC 62196-2 (Mennekes)	13
3.2.3	CCS Combo 1 & 2.....	13
3.2.4	CHAdeMO	14
3.2.5	Tesla supercharger	14
4.	Latausmahdollisuudet.....	15
4.1	Julkinen lataaminen	15
4.2	Yksityinen lataaminen	17
4.2.1	Omakotitalo	19
4.2.2	Rivi- tai kerrostalo	19
4.2.3	Vapaa-ajan asunnot.....	20
5.	Älykäs lataaminen	22
5.1	Esimerkki omakotitalo.....	25
6.	Johtopäätökset ja yhteenveto	27
	Lähteet	28

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

AC	Alternating Current, vaihtovirta
ALV	Arvolisävero
DC	Direct Current, tasavirta
FEV	Full electric vehicle, täyssähköauto
GB	Guobiao standards
IEC	International Electrotechnical Commission
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle, pistokehybridi
SAE	Society of Automotive Engineers
SFS	Suomen Standardisoimisliitto

1. JOHDANTO

Ladattavien sähköautojen kasvava suosio kuluttajien keskuudessa on lisännyt niiden lataamistarpeita huomattavasti. Vuoden 2019 lopulla ladattavien hybridien sekä täyssähköautojen yhteenlaskettu määrä oli 29 401 kappaletta, kun se vuoden 2020 lopulla oli noussut jo 55 318 kappaleeseen. (Sähköinen liikenne ry, 2021) Lisääntyvien lataustarpeiden myötä on alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota sähköautojen eri lataustapoihin, sekä latausinfrastruktuuriin. Tämä on johtanut siihen, että sähköautojen lataamiseen on lisätty älykkäitä latausjärjestelmiä hallitsemaan lataamista.

Työn alussa perehdytään Suomen autokantaan ja sen muutoksiin muutaman viime vuoden ajalta. Suomen autokannasta tarkastellaan pelkästään liikennekäytössä olevia henkilöautoja ja niiden määrän vaihtelua käyttövoimien mukaan. Autokannan tarkastelun jälkeen tarkastellaan tarkemmin sähköautoja. Sähköautoista tarkastellaan vain ulkoisesti ladattavissa olevia sähköautoja, kuten täyssähköautoja ja ladattavia hybridejä. Tämä työ on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Tavoitteena on selvittää, minkälaisia sähköautojen lataamisen älykkäitä ratkaisuja on olemassa, sekä minkälaisia etuja ne tuovat sähköauton omistajalle.

Sähköautojen älykkäitä latausjärjestelmiä on monta ja moni näistä järjestelmistä on keskittynyt lataustehon säätämiseen. Tehon säätäminen on tehokas tapa suojata kotitalouden sähköjärjestelmiä liialta kuormittamiselta. Tehon säätämällä on myös suuri merkitys lataamisen turvallisuudessa.

2. SUOMEN AUTOKANTA

Tässä kappaleessa käsitellään Suomen autokantaa ja sen muutoksia vuosien 2010–2020 aikana. Suomen autokantaa voidaan tarkastella monelta eri tilastointitapojen mukaan, kuten muun muassa ensirekisteröintien, liikennekäytössä olevien henkilöautojen tai henkilöautojen iän mukaan. Tässä kappaleessa autokantaa tarkastellaan kokonaisuudessaan liikennekäytössä olevia henkilöautoja, jonka jälkeen syvennyttään hieman sähköautoihin.

2.1 Kokonaistilanne

Traficomin tilastotietokannan mukaan vuonna 2010 Suomessa liikennekäytössä olevia henkilöautoja oli yhteensä noin 2,48 miljoonaa ja niiden lukumäärä on ollut tasaisessa nousussa. Vuonna 2020 liikenteessä olevia henkilöautoja oli noin 2,75 miljoonaa kappaletta ja tilaston trendin perusteella sen voidaan olettaa olevan yhä kasvussa. (Traficom, 2021)

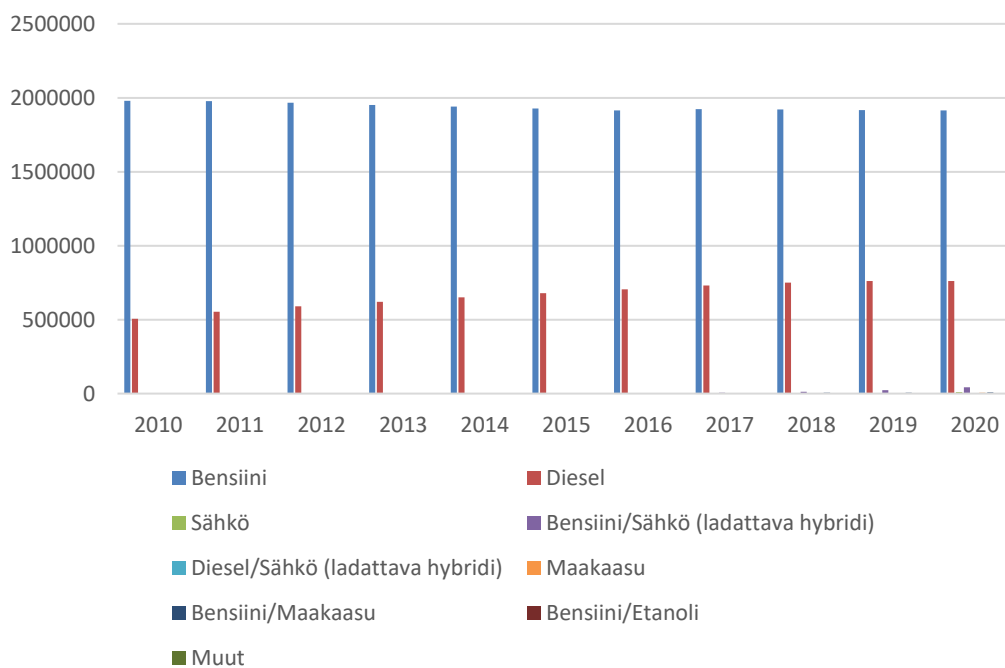


Kuvaaja 2.1.1. Suomessa liikennekäytössä olevien autojen lukumäärä vuosina 2010–2020.

Autoalan tiedotuskeskuksen mukaan vuonna 2020 Suomessa liikennekäytössä olevien autojen keski-ikä saavutti 12,5 vuoden rajan ja yhä vanhenemassa. Jotta ikääntyminen saataisiin pysäytettyä, vaatisi se vuosittain yli 140 000 vanhan auton romuttamista ja uuden auton ensirekisteröintiä. (AATK, 2021) Vaikka uudet autot omaavat vanhoja autoja paremmat turvallisuusominaisuudet ja keskimäärin pienemmän kulutuksen, ovat käytetyt autot yhä suosiossa. Osa syynä vanhaan autokantaan on nykyinen ajoneuvoverotus, jossa uuden auton

ostaja maksaa veroa uuden auton hankinnasta. (Vero, 2020) Suomessa uusien autojen veron suuruus määräytyy auton vähittäismyyntihinnan sekä sen CO₂-päästöjen mukaan. Näiden lisäksi kaikista autoista maksetaan alv, eli arvolisävero, jonka suuruus on 24 % auton verottomasta hinnasta. Alv on lähes aina valmiiksi sisällytetty jälleenmyyntihintaan. Uuden auton hankinnassa maksettavan autoveron summa vaihtelee välillä 2,7–48,9 % myyntihinnasta. (Vero) Tämä tarkoittaa sitä, että jos uuden henkilöauton autoveroton myyntihinta on 30 000 euroa ja sen päästöt ovat 120 g/km, on autoverolain liitetaulukko 1A:n mukaan kyseisestä autosta maksettava autoveroa 16,9 % sen myyntihinnasta (Vero). Tässä tapauksessa autoveron summaksi tulee 5070 euroa. Sähköautoilla ajoneuvovero ei ole yhtä tiukka. Vuoden 2021 lokakuun alusta täyssähköautoista ei tarvitse enää maksaa ajoneuvoveroa. (Eduskunta, 2021) Vaikka täyssähköautojen hankinnassa ajoneuvoveron määrä olikin verotaulukon pienin veroprosentti 2,7 %, tuo se jo suuren helpotuksen uusien täyssähköautojen hankinnassa.

Käyttövoimiltaan kaikkein suosituimpia ovat olleet perinteiset polttomoottorikäyttöiset autot kuten bensiini ja diesel, jotka ovat kattaneet vähintään 98 prosenttia Suomen autokannasta aina vuoteen 2020 asti. Muut käyttövoimat ovat olleet hyvin marginaalisia näihin verrattuina (Traficom, 2021)



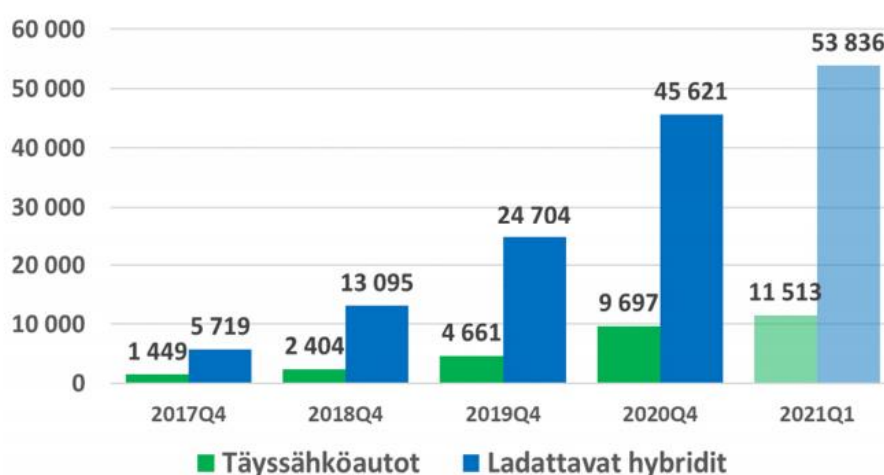
Kuvaaja 2.1.2 Suomessa liikennekäytössä olevien autojen määrä käyttövoiman mukaan.

2.2 Sähköautot ja ladattavat hybridit

Sähköalan standardointijärjestö SESKOn määritelmän mukaan ”Sähköauto on auto, jonka voimanlähteenä on yksi tai useampi sähkömoottori ja johon voi ladata liikkumiseen tarvittavaa energiaa ulkopuolisesta sähkönlähteestä.” (SESKO, 2021). Sähköautoja ovat siis kaikki autot, joiden voimanlähteenä käytetään sähkömoottoria ja niissä on kyllin suuri akkukapasiteetti. Sähköautot voidaan jakaa kahteen pääkategoriaan, täyssähköautoihin (FEV) ja hybridiautoihin (HEV).

Täyssähköautot käyttävät voimanlähteenään pelkkää sähkömoottoria sekä akkuihin tai muihin energiavarastoihin varastoitua kemiallista energiaa. Niiden kantamat vaihtelevat valmistajasta ja automallista riippuen noin 200–500 kilometrin välillä. (Motiva, 2021)

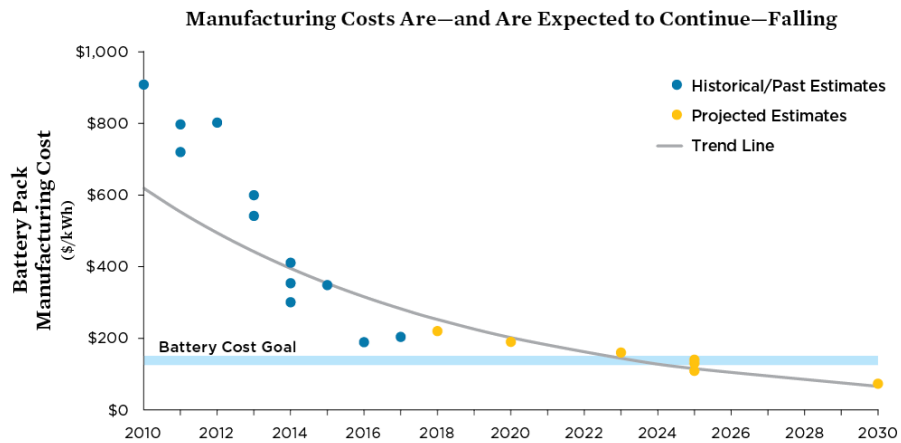
Hybridiautoiksi määritellään autot, joissa on mahdollista käyttää sähkömoottoria joko perinteisen polttomoottorin rinnalla tai vaihtoehtoisesti lyhyemmillä matkoilla polttomoottorin sijasta. Hybriditeknikoita on olemassa montaa eri tyyppiä, mutta tässä kandidaatintyössä keskitytään vain ladattaviin pistokehybrideihin (PHEV), joiden akustoja on mahdollista ladata myös sähköautoille tarkoitetuissa latauspisteissä.



Kuva 2.2.1 Ladattavien autojen määrän kasvu vuodesta 2017 alkaen. (Sähköinen liikenne ry 2021)

Sähköautojen (täyssähkö- ja hybridiautot) ovat hiljattain alkaneet yleistymään tieliikenteessä kiristyvien päästörajoitusten myötä, mutta niiden määrän kasvua rajoittavat vielä useat teki-

jät. Yksi suurimmista tekijöistä on sähköautojen korkea hinta tavallisiin polttomoottoriautoihin verrattuna. Sähköautojen korkean hinnan syy on niiden akuston valmistusmateriaalien hinta, mutta akkuteknologioiden kehittyessä, on arvioitu myös akustojen hintojen laskevan. (UCSUSA, 2018)



Kuva 2.2.2 Sähköautojen akkujen hinnan arvioitu hinnan muutos vuosien 2010 ja 2030 välillä. (UCSUSA, 2018)

3. SÄHKÖAUTOJEN LATAUS

Tässä kappaleessa tutustutaan sähköajoneuvojen yleisimpiin lataustapoihin ja eri latauspistoke tyyppeihin. Euroopassa sähköautoille tarkoitetut latausjärjestelmät noudattavat kansainvälisiä IEC 61851 ja SFS-EN 61851 standardeja, jotka määrittelevät kaikki vaatimukset latausjärjestelmän rakentamisesta latauslaitteen ja sähköauton väliseen kommunikaatioon. (SESKO, 2021)

3.1 Lataustavat

Lataustapa 1 ei suoranaisesti liity sähköautoihin, vaan se on tarkoitettu kevyiden sähköajoneuvojen kuten sähköskoottereiden tai -pyörien lataamiseen. Tässä lataustavassa sähköajoneuvon latauskaapeli on liitetty tavalliseen kotipistorasiaan, joten sitä ei suositella pitkäaikaiseen lataamiseen kaapelin ja pistorasian lämpenemisen vuoksi.

Lataustavalla 2 tarkoitetaan tilapäistä hidasta lataamista. Tilapäislataus ei vaadi erillistä latauslaitetta, vaan tällöin laturi on kytkettynä tavalliseen kotitalouspistorasiaan, joka noudattaa SFS standardia 5610. Mikäli pistorasiaa on tarkoitettu käyttää jatkuvasti lataustarpeeseen, on pistorasian oltava aikaohjattu tai sen virta on rajoitettu 8 A:iin (SFS-EN 62752). Koska tavalliset kotitalouspistorasiat eivät ole tarkoitettu sähköautojen lataustarkoitukseen, on latauskaapeliin itseensä sijoitettu latausvirran rajoitin. Latausvirtarajoitin rajoittaa latausvirran noin 6-10 A:iin, jolloin kotipistorasiasta saatavalla 230 V AC jännitteellä saadaan tällä tavalla lataustehoa enintään 2,3k W. Lähes poikkeuksetta kaikissa pistokkeissa ladattavissa sähköautoissa on vakiovarusteena mukana tämän lataustavan tyyppinen latauslaite tai johto.

Lataustapa 3 on sähköautojen pääasiallinen lataustapa, niin kutsuttu peruslataus. Peruslatauksessa latauslaite on kiinteästi asennettuna ja se keskustelee ladattavan auton kanssa, jolloin latausvirtaa ja tehoa on mahdollista hallita lataustarpeiden mukaan (SFS 6000, 2017). Yksivaiheisella syöttöjohdolla latausjännite on 230 V AC ja latausvirta on enintään 16 A, jolloin huippulataustehoksi saadaan noin 3,6 kW. Lataustavan 3 latauslaitteet voivat olla myös kolmivaiheisia, tällöin latausjännite kasvaa 480 volttiin AC:ta ja teho on moninkertainen yksivaiheiseen latausasemaan verrattuna. Kolmivaiheisen latauslaitteen latausvirta voi olla jopa 3x32 A, jolloin korkeimmaksi lataustehoksi voidaan saada jopa 22kW. Peruslataus on hidasta lataamista turvallisempi tapa ladata autoa, sillä tällöin laturi on mitoitettu sille

sopiva syöttöjohto, sulake, sekä itse latauslaite on suunniteltu kestävään sähköauton lataukseen tarvittava teho pidempikestoisimmillakin latauskerroilla.

Lataustavasta 4 puhuttaessa puhutaan pika- tai teholatauksesta. Pikalatauksessa on käytössä kiinteästi asennettu pikalatauslaite ja kiinteä latausjohto, joilla sähköautoa ladataan aiemmista lataustavoista poiketen tasavirralla. Tasavirta soveltuu pikalataukseen vaihtovirtaa paremmin, koska sillä on mahdollista ohittaa sähköauton sisällä oleva latauspiiri, joka muuttaa laturista saatavan vaihtovirran akkujen lataamista soveltuvaksi tasavirraksi. Kun auton oma latauspiiri ei ole rajoittamassa lataustehoa, voidaan pikalatureilla saavuttaa huomattavasti suurempi latausteho. Pikalatauksen tyypillinen teho vaihtelee 50–350 kW:n välillä, jolloin sillä on mahdollista ladata puolessa tunnissa jopa 80 % sähköauton akusta. (SESKO) Suuresta lataustehosta johtuen lataustapa 4 ei sovellu kaikkiin sähköajoneuvoihin (Plugit, 2019).

3.2 Latauspistoketyypit

Latauspistokkeet voidaan jaotella kahteen eri pääryhmään, vaihtovirtapistokkeisiin sekä tasavirtapistokkeisiin. Globaalisti laturistandardit voivat vaihdella maasta riippuen, mutta ne jakavat useilta osin tärkeitä turvallisuuteen ja kommunikaatioon liittyvät standardit. Pohjois-Amerikassa latauspistokkeita koskevia standardeja määrittelevä organisaatio on SAE (Society of Automotive Engineers), Kiinan latausstandardeja määrittelee GB/T (Guobiao standards) 20234 ja Euroopassa latauspistokestandardeja määrittää IEC 62196.

Area	U.S.A.	Europe	China	Japan	
Standard	SAE	IEC	GB/T	CHAdeMO	Tesla
AC	 J1772	 62196-2	 20234.2	 J1772	
DC	 J1772	 62196-3	 20234.3	 CHAdeMO	 Tesla

Kuva 3.2.1 Maailmalla yleisimmät käytössä olevat sähköautolatureiden pistoketyypit ja niihin liittyvät standardit. (Qing-Shan, 2020).

Latureissa sähköauton ja latauslaitteen turvallisen yhteyden varmistavat laturin kiinnittymistä seuraava PP (Proximity Pilot) pinni, sekä auton kanssa kommunikoimiseen tarkoitettun CP (Control Pilot) pinni.

3.2.1 Type 1/SAE J1772

Tyyppin 1 (SAE J1772) latauspistoke on yleisin Japanissa sekä Pohjois-Amerikassa sähköauton peruslataukseen käytettävä AC:lla toimiva latauspistokemalli. Pistoke on malliltaan yksivaiheinen ja se soveltuu lataustapojen 2 ja 3 mukaisiin latauksiin. Lataustavalla 2 latausjännitteenä toimii 120V ja lataustavalla 3 latausjännite on 240V. Eurooppalaiset sähköautot käyttivät aiemmin tyyppin 1 pistokkeita, mutta vuonna 2003 standardin IEC 62196 myötä ne vaihtuivat tyyppin 2 pistokkeiksi.

3.2.2 Type 2/IEC 62196-2 (Mennekes)

Tyyppin 2 ”Mennekes” pistokkeet ovat Euroopan yleisin latauspistokemalli. Sillä on mahdollista ladata lataustapojen 2 ja 3 mukaisesti. Poiketen tyyppin 1 pistokkeesta tyyppin 2 pistokkeella on mahdollista käyttää useampaa vaihetta. Myös latausjännitteet ovat korkeammat. Tilapäislatauksessa (lataustapa 2) käytetään 230V jännitettä ja peruslatauksessa (lataustapa 3) jopa 500V jännitettä useampaa vaihetta hyödyntäen, mahdollistaen suuremman latausteho.

3.2.3 CCS Combo 1 & 2

CCS Combo 1 tyyppin pistokkeet ovat tarkoitettu DC:llä toimivaan tavan 4 pikalataukseen ja ne noudattavat IEC 62196-3 mukaisia standardeja. CCS Combo 1 (IEC 62196-3 EE) on Pohjois-Amerikassa pikalataukseen käytettävä pistoke. Se muistuttaa tyyppin 1 pistoketta, mutta tavalliseen lataukseen tarkoitettun pistokkeen alle on lisätty kaksi suuritehoista DC-pinniä, jotka mahdollistavat tasavirralla lataamisen.

CCS Combo 2 (IEC 62196-3 FF) sen sijaan on Euroopassa käytettävä versio CCS Combo pikalaturista. Kuten CCS Combo 1 pistoke muistuttaa tyyppin 1 pistoketta, muistuttaa Combo 2 Euroopassa käytetympää tyyppin 2 pistoketta, johon on myös lisätty kaksi tasavirralla lataamista mahdollistavaa pinniä.

3.2.4 CHAdeMO

CHAdeMO (IEC 62196-3 AA) on viiden japanilaisen autovalmistajan yhdessä kehittämä pikalatauspistokemalli. CHAdeMO on lyhenne sanoista ”CHArge de MOve”, joka vastaa sanontaa ”lataa ja liiku”. CHAdeMO -tyyppiset laturit sopivat pääosin japanilaisiin automalleihin. (CHAdeMO, 2021)

3.2.5 Tesla supercharger

Autovalmistaja Tesla on suunnitellut omiin sähköautoihinsa omanlaisensa latauspistokkeen. Latauspistokkeen oli tarkoitus olla ajoneuvon ainoa latauspistoketyyppi, mutta Euroopan komission vaatiessa Euroopan julkisten latausasemien varustamista tyyppin 2 latausmahdollisuudella, vaihtui Euroopassa myytävien Teslojen latauspistokkeet tyyppin 2/CCS combo 2 pistokkeiksi. Nykyisin alkuperäistä Teslan supercharger pistoketta on käytössä pääosin Pohjois-Amerikassa.

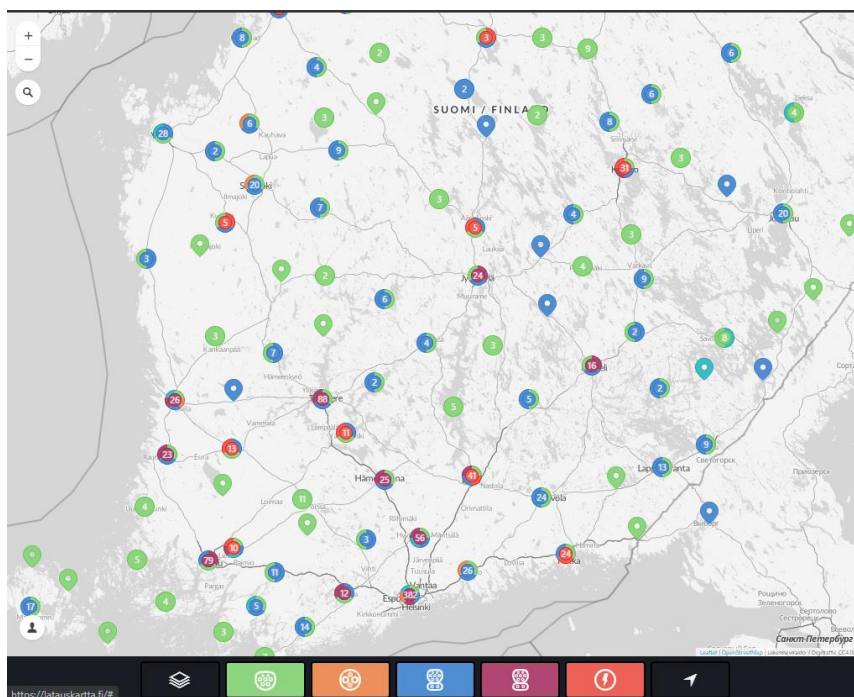
4. LATAUSMAHDOLLISUUDET

Sähköautoja on mahdollista ladata monissa eri tilanteissa ja jokainen eroaa toisistaan omilla tavoillaan. Tässä kappaleessa käsitellään latausmahdollisuuksia eri tilanteissa, sekä perehdytään millaisia latauslaitteita eri tilanteissa on mahdollista käyttää.

Sähköautoilun lisääntyessä on sähköautojen latauspaikkojen määrä ollut kasvavan tarpeen johdosta kasvavassa nousussa. Suomessa oli vuoden 2020 lopussa noin 55 tuhatta ladattavaa sähkö- ja hybridi-autoa (Sähköinen liikenne ry, 2021), mutta vain 4,8 tuhatta julkista latauspaikkaa (Lumme-Energia, 2021), joten latauspaikkojen määrää on lisättävä, mikäli halutaan kasvattaa sähköautoilun kannattavuutta.

4.1 Julkinen lataaminen

Julkisia latauspaikkoja rakennetaan jatkuvasti lisää ympäri maata. Vain muutamia vuosi sitten latausasemat oli keskitettynä pääosin suurkaupunkeihin, mutta ovat sen koommin leviittäytyneet myös ympäri maata muodostaen laajan latausverkoston.



Kuva 4.1.1 Kuvankaappaus latauskartta.fi verkkosivulta, josta näkee helposti alueella sijaitsevat latauspaikat ja pistoketyypit.

Kuten kuvasta 4.1.1 voidaan havaita, kaupunkien ulkopuoliset latauspisteet sijoittuvat pääteiden varsilla oleville huoltoasemille. Huoltoasemat ovat erittäin suotuisia sijainteja latauspaikoiksi, sillä ne ovat siten helposti saatavilla, sekä huoltoasemat mahdollistavat oheistointia auton latauksen ajaksi. Kaupungeissa julkisia latureita löytyy usein huoltoasemien lisäksi suurempien kauppojen yhteydestä, jolloin sähköautoa on helppo ladata myös kaupassa käynnin ajan.

Sähköinen liikenne ry:n tilastojen mukaan vuoden 2021 kolmannella neljänneksellä Suomessa julkisia latauspaikkoja oli yhteensä 1507. (Sähköinen liikenne ry, 2021) Julkisille latausasemien rakennuttamiselle ei ole asetettu tarkkoja määräyksiä latauspisteiden suhteen, joten niiden lukumäärät vaihtelevat latausasemien rakennuttajien ja laitevalmistajien mukaan. Tilastojen mukaan tyypin 2 latauspisteitä oli yhteensä 5396 kappaletta ja pikalatauspisteitä yhteensä 417. (Sähköinen liikenne ry) Vuoden 2020 marraskuussa voimaan astuneen lainsäädännön mukaan kevästä 2021 kaikkiin yli neljän pysäköintipaikan sisältäviin uusiin ja korjattaviin pysäköintialueisiin on asennettava latauspistemahdollisuus jokaiselle pysäköintiruudulle. Laki on osa Suomen hallituksen ympäristöstrategiaa saada Suomi hiilineutraaliksi vuoteen 2030 mennessä. Uuden lain myötä on arvioitu, että latauspisteitä saataisiin vuoteen 2030 mennessä yli 80 tuhatta kappaletta ja valmiudet uusien latauspisteiden rakentamiselle reilusti yli 560 tuhatta kappaletta. (KAK-laki, 2021)

Julkisilla latausasemilla latauspistokkeiden lukumäärä vaihtelee ympäristöstä riippuen hyvinkin suuresti. Julkisilta latauspaikoilta löytyy tyypillisimmin kaksi kappaletta tyypin 2 Mennekes pistoketta, joilla on mahdollista ladata lataustavan 3 mukaisesti 22 kW:n teholla. Jokaiselta latausasemalta on lain mukaan löydettävä vähintään yksi tyypin 2 pistoke. Laajemmilta latauspaikoilta, kuten suurten kauppakeskusten pysäköintihalleista löytyy useampien tyypin 2 pistokkeiden lisäksi myös pikalataukseen tarkoitettuja CCS ja/tai CHAdeMO-pikalatureita.



Kuva 4.1.2 Virta ltd:n Oomi Energiälle tarjoama sähköautojen latauslaite. (Virta)

Julkisia latausasemia käytettäessä on käytössä eri palveluntarjoajien mobiilisovelluksia, joiden kautta on mahdollista avata ja maksaa lataus halutuilla latauslaitteella. Toinen tapa julkisten latauslaitteiden käytössä on sähköauton omistajan henkilökohtainen RFID-tunnistin, jolla on mahdollista tunnistautua latauslaitteella, jonka avulla latauspalveluntarjoajan on mahdollista veloittaa käyttäjältä sähköauton lataukseen käytetystä sähköstä.

Julkisilla latausasemilla auton latauksen hinta perustuu tavallisesti käytettyyn lataustehoon sekä aikaperusteiseen palvelumaksuun. Esimerkiksi Helsingissä sijaitsevilla Virta-verkoston Helenin latauspisteillä latauksen hinta on tyypillisesti 15snt/kWh + kiinteä 2e/h palvelumaksu. Pikalatauksessa käytetään kuitenkin tavallisemmin aikapainotteista veloitusta. Edellä mainituilla latauspisteillä pikalatauksen hinta on keskimäärin 22snt/min (Helen, 2021).

4.2 Yksityinen lataaminen

Yksityinen lataaminen voidaan jakaa kahteen eri ryhmään. Yksityishenkilöiden omistamiin latauslaitteisiin, sekä taloyhtiön omistamiin latauslaitteisiin. Yksityisten henkilöiden omistamat latauslaitteet sisältävät usein vain yhden latauspistokkeen tai pistokepaikan, kun taloyhtiöiden omistamissa laitteissa latauspistokkeita voi olla useita.

Yksityisille paikoille asennettavat latausasemat ovat tyypillisesti seinään asennettavia laitteita, jotka täyttävät kaikki niille asetetut turvallisuus määräykset. Latauslaitteiden asennukset noudattavat SFS 6000 mukaista pienjännitesähköasennus, sekä erillistä SFS 6000-7-722 Sähköajoneuvon syötön mukaisia määräyksiä.

Ennen latauslaitteen hankintaa sähköalan ammattilainen tekee arvion asennuskohteen soveltuvuudesta sähköautojen lataamisesta, jonka jälkeen hän suosittelee kyseiselle kohteelle sopivaa laitetta ja tarvittaessa myös sähköjärjestelmän päivittämistä lataamiselle soveltuvaksi. Tarvittaessa latauslaitteelle on mahdollista myös hankkia erillinen sähköliittymä.

Käyttötarkoitus	1980	1990	2000	2010	2019	2020 ¹⁾
	Tuhatta					
Asuinrakennukset	840	1 005	1 111	1 235	1 308	1 319
Erilliset pientalot	773	908	993	1 102	1 163	1 170
Rivi- ja ketjutalot	23	53	66	76	83	84
Asuinkerrostalot	44	45	52	57	62	65
Muut rakennukset	92	158	189	211	230	217
Kesämökki	252	368	451	489	512	508
Saunat ²⁾	548	932	1 212	1 502	1 686	1 720

Taulukko 4.2.1 Tilastokeskuksen data Suomessa sijaitsevien asuinrakennusten lukumääristä. Asuinrakennukset on määritely rakennusluokitus 2018 mukaan.

Rakennusluokitus 2018 mukaan pientalon määritelmä pitää sisällään kaikki yksittäiset asuinkokonaisuudet, joissa useampikerroksisissa rakennuksissa eri asunnot eivät ole toisensa päällä, mutta voivat jakaa asuntojen välisen seinän, kuten paritalot. Tilastokeskuksen mukaan omakotitaloja (taulukossa 4.2.1 erilliset pientalot) on lukumäärältään huomattavasti muita asuntomuotoja enemmän.

Tarkkaa lukua yksityisten henkilöiden tai yhteisöjen omistamia latauslaitteista ei ole. On kuitenkin turvallista olettaa, että jokainen henkilö, joka omistaa sähköauton, omaa myös kapasiteetin hankkia itselleen lataustavan 3 soveltuva latauslaitteen, mikäli sellaisen haluaa.

4.2.1 Omakotitalo

Omakotitalot ovat yksi suosituimmista yksityisten latauslaitteiden asennuskohteista. Suomessa omakotitalot ovat varustettu vähintään 3x25 A sähköliittymällä, joka mahdollistaa 17 kW huipputehon. Sähkölämmiteisissä omakotitaloissa pääsulake voi olla kooltaan myös 3x35 A, joka vastaa 24 kW huipputehoa. Maatiloilla sulakekoko voi olla jopa 3x63 A. Lataustavalla 3 latauksen huipputeho voi olla jopa 22 kW, joten lataustehoa on väistämättä rajoitettava. Vaikka talon pääsulake kestäisikin suuritehoisen latauslaitteen kulutuksen, ei omakotitaloihin lähtökohtaisesti sellaista asenneta. Omakotitaloissa on mahdollista ladata huomattavasti pidempiä aikoja julkisiin latauspaikkoihin verrattuna, joten suurempi tehoisesta laturista ei välttämättä ole heikompitehoista laturia hyödyllisempi.

Yksivaiheinen laturi voi aiheuttaa verkkoon epäsymmetristä kuormaa, joten yksivaiheista laturia hankittaessa on tärkeää konsultoida osaavaa sähköalan ammattilaista. Koulutettu sähköalan ammattilainen osaa kertoa, onko yksivaiheisen laturin asentaminen mahdollista ja hän voi tarvittaessa jakaa talon muuta kulutusta muille vaiheille tasoittamaan kuormitusta. Epäsymmetrisen kuorman aiheuttaman rasituksen vuoksi on suositeltavaa hankkia kolmivaiheinen laturi, jolloin saman tyyppisellä 16A:n laturilla on mahdollista saada latausteho nostettua 11kW:iin, jolloin sähköauton lataamisesta aiheutunut kuormitus voidaan jakaa tasaisesti kaikille vaiheille.

4.2.2 Rivi- tai kerrostalo

Poiketen omakotitaloihin saatavista latauslaitteista rivi- tai kerrostalo kohteissa on mahdollisuus useisiin eri latausvaihtoehtoihin. Ensimmäinen on kiinteästi asennetut laitteet. Nämä ovat samoja laitteita kuin omakotitaloihin asennettavat laitteet ja ne ovat usein autonomistajan itse kustantamia laitteita, jonka hankkimiseen on saatu taloyhtiöltä hyväksyntä. Kiinteästi asennetut latauslaitteet ovat sijoitettuna asukkaan omalle autopaikalle, joka mahdollistaa kustannusten kohdentamisen ladattavan auton käyttäjälle.

Toinen latausvaihtoehto on pistorasiasta lataaminen. Tällöin sähköautoa ladataan tavallisimmin pysäköintialueiden lämmityspylväistä, mutta on mahdollista myös tavallisista kodin pistorasioista. Tätä latausmenetelmää ei suositella etenkin pidempiaikaisille lataamisille, sillä usein pysäköintialueilla sijaitsevat tavalliset pistorasiat eivät ole tarkoitettu sähköautojen lataamiseen. Tämän lisäksi pysäköintialueille asennetuissa lämmityspylväissä on usein myös ajastin, joka rajoittaa lataamiseen käytettävissä olevaa aikaa.

Kolmas latausvaihtoehto on taloyhtiöiden omistamat latauslaitteet. Taloyhtiöiden omistamat latauslaitteet voivat olla seinään asennettuja laitteita tai maahan rakennettuja, julkisia latauslaitteita muistuttavia laitteita. Latauslaitteen koko ja sijoitus riippuu suuresti taloyhtiöiden tarpeesta ja halukkuudesta riippuen. Kerrostalokohteissa latauslaitteet ovat tavallisemmin maahan rakennettuja latauspisteitä tai suurempaa tehoa kestäviä, niin kutsuttuja super-Schuko pistorasioita.

Mikäli taloyhtiö haluaa rakentaa omalle pysäköintialueelle latauspisteitä, on Asumisen rahoitus- ja kehityskeskuselta (ARA, 2021) mahdollista saada rahallista avustusta riippuen latauspisteiden määrästä ja kohteen koosta. Jos taloyhtiö aikoo rakentaa vähintään viisi sähköautojen latausvalmiuden omaavaa autopaikkaa, mutta se ei kata yli puolta kaikista autopaikoista, avustus on suuruudeltaan 35 % toteutuneista kuluista (ARA, 2021). Mikäli latauspisteitä asennetaan yli puoleen pysäköintipaikoista ja niiden kaikkien latausteho on vähintään 11 kW, voi avustuksen määrä nousta jopa 50 %:iin toteutuneista kuluista.

4.2.3 Vapaa-ajan asunnot

Sähköautojen lataaminen vapaa-ajan asunnoilla voidaan pääosin rinnastaa omakotitalossa tapahtuvaan lataukseen. Pienemmillä vapaa-ajan asunnoilla kuten kesämökeillä pääsulakkeen koko on tyypillisesti 3x25 A, joten käytettävissä oleva teho vastaa omakotitaloa. Vaikka vapaa-ajan asunnoilla olisikin yhtä suuri latauskapasiteetti kuin omakotitaloissa, hankitaan niille usein heikompitehoisempia latauslaitteita, tai laitetta ei hankita lainkaan vähäisen lataamisen vuoksi. Mikäli latauslaitetta ei hankita, on mahdollista asentaa lataamiseen soveltuva vahvistettu super-Schuko pistorasia, jolloin sähköautoa ladataan vain lataustavalla 2. On myös olemassa sähköverkon ulkopuolisia vapaa-ajan asuntoja, joissa sähköauton lataaminen voi olla hankalaa. Tämänkaltaisissa kohteissa sähköautojen lataaminen voidaan

toteuttaa muun muassa akusto ja aurinkopaneeli järjestelmällä, jossa lataukseen käytettävä energia saadaan akkuihin varastoidulla energialla

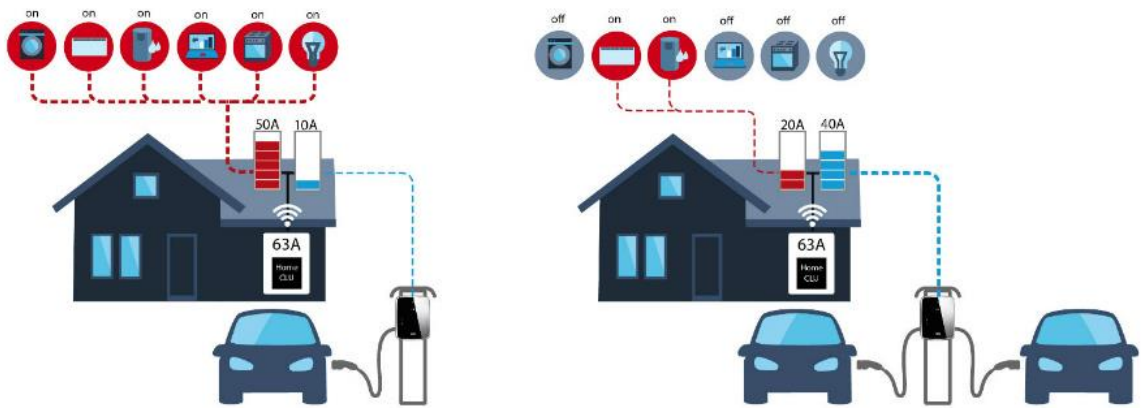
5. ÄLYKÄS LATAAMINEN

Tässä kappaleessa käsitellään älykkäitä latausjärjestelmiä ja niiden käyttökohteita keskittyen kotitaloudessa tapahtuvaan lataamiseen. Älykkäällä lataamisella tarkoitetaan latausjärjestelmää, jossa latauslaite, ajoneuvo ja latauspalveluntuottaja keskustelevat jatkuvasti toistensa kanssa. Tällöin lataamista pystytään hallitsemaan reaaliaikaisesti kuluttajan tai palveluntarjoajan tarpeiden mukaisesti. Yleisin älykkään lataamisen keino on ohjata käytettävää lataustehoa järjestelmän tarpeiden mukaisesti.

Yksi älykkään lataamisen sovelluksista on dynaaminen kuormanhallinta. Dynaamisessa kuormanhallinnassa latauslaite seuraa jatkuvasti ladattavien autojen varaustasoa, sähköliittymässä saatavilla olevaa tehoa sekä rakennuksen muuta kulutusta, joiden perusteella järjestelmän on mahdollista säätää lataamiseen käytettävää tehoa. Dynaamista kuormanhallintaa käytetään erityisesti silloin, kun käytettävissä olevaa tehoa halutaan rajoittaa tai lataamiseen ei ole tarvetta käyttää jatkuvasti kaikkea sille varattua tehoa. Erityisesti julkisilla latauspaikoilla dynaaminen kuormanhallinta on tärkeää monien latauspaikkojen vuoksi, mutta dynaamisella kuormanhallinnalla on myös käyttökohteita yksityisessä lataamisessa.

Yksinkertaisin dynaamisen kuormanhallinnan järjestelmä on yksitasoinen järjestelmä. Yksitasoisissa järjestelmissä latauslaitteelle/laitteille on asetettu enimmäisteho, jota latausjärjestelmä ei voi kokonaisuudessaan ylittää. Tällöin lataustehoa hallitsee vain ajoneuvon kyky ottaa latausta vastaan.

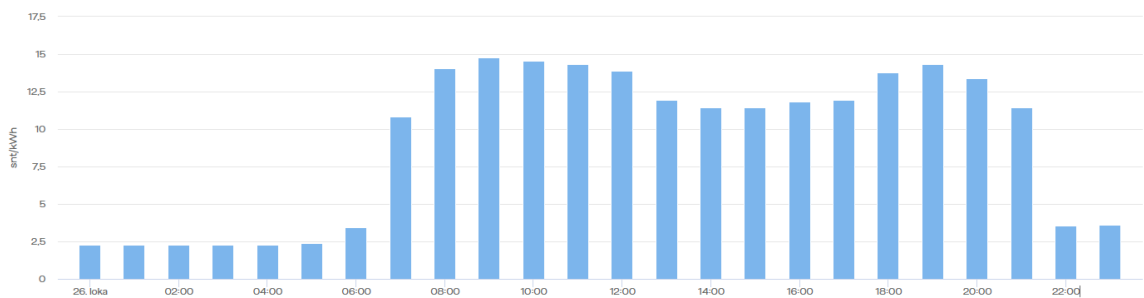
Monitasoisissa järjestelmissä lataustehoa on mahdollista muuttaa dynaamisesti muun kulutuksen mukaisesti. Toisin kuin yksitasoisissa järjestelmissä monitasoisissa latausjärjestelmissä ei ole asetettu tarkkaa lataustehoa, vaan käytetty latausteho määrittyy latauslaitteen ja sähköliittymässä jäljellä olevan kapasiteetin mukaan. (Plugit, 2021). Tällöin sähköauton lataamiseen käytettyä tehoa voidaan rajoittaa, kun kotitalouden muu kulutus kasvaa tarpeeksi korkealle, jolloin rakennuksen sähköliittymän kapasiteetti on vaarana ylittyä. Monitasoiset latausjärjestelmät ovat erityisen hyödyllisiä, jos omistaa useita tai suuritehoisia latauslaitteita.



Kuva 5.1 Havainnekuva sähköautojen lataamisen dynaamisesta kuormanhallinnasta kotitaloudessa. (Defa)

Kuormanhallinnan lisäksi älykkäällä latausjärjestelmällä on mahdollista siirtää lataamisen ajankohtaa halutulle ajalle, kuten ajalle, jolloin sähkön hinta on kyllin matala.

Sähkönhintaa seuraava latausjärjestelmä säättää lataustehoa sen hetkisen sähkön hinnan sekä lataamisen tarpeen mukaan, jolloin sähköautoa on mahdollista ladata tavallista lataamista edullisemmin. Hintaperusteisen lataamisen edut perustuvat sähkön kysynnän ja tuotannon vaihtelujen tuomiin hinnanvaihteluihin, jossa korkean tuotannon ja pienen kulutuksen aikana sähkönhinta laskee, kuin taas korkean kulutuksen ja pienen tuotannon aikana sen hinta nousee.

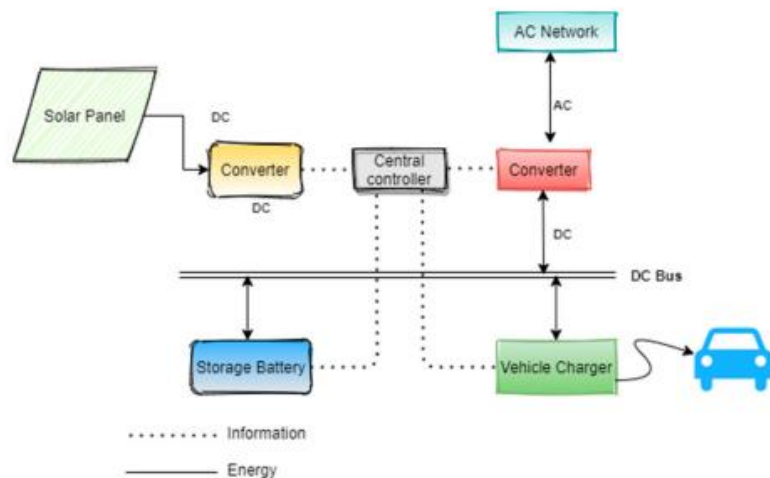


Kuva 5.2 Sähkön Spot-hinta 26.10.2021 kuvattuna tunneittain (Vattenfall)

Kuten kuvasta 5.2 voidaan havaita, että kyseisenä esimerkkipäivänä sähkön hinnoittelussa oli yön ja päivän välillä suurta vaihtelua. Yöllä sähkön hinta pysyi alle 2,5 snt/kWh:ssa ja päivällä sähkön hinta oli noussut parhaimmillaan lähes 15 snt/kWh:lta. Korkeimmillaan sähkönhinta oli aamulla sekä alkuillasta. Kyseisen päivän laskettu pörssisähkön keskihinta oli

9,1snt/kWh. Kun tätä verrataan kiinteähintaiseen sähkөөn, joka maksaa noin 7 snt/kWh (Helen, 2021), voidaan havaita, että pörssihinnoitellussa lataamisessa on kannattavaa ladata yöllä. Yksinkertaisimmillaan hintaperusteinen lataaminen voi siis tarkoittaa lataamisen siirtämistä yöajalle, jolloin sähkön pörssihinta on huomattavasti edullisempaa kuin kiinteähintaisessa sähkösoitimuksessa. Hintaperusteisen lataamisen tuomien etujen vaatimuksena on käyttäjältä jatkuvasti sähkön hintaa seuraavaa älykästä sähkömittaria/latauslaite ja pörssi-sähkösoitimus. Hintaperusteinen lataaminen ei kuitenkaan välttämättä ole kaikkein tasapainoisin etu älykkäissä latausjärjestelmissä, sillä sen tuomat edut ovat suoraan verrannollisia sähkön pörssihintaan.

Älykkäissä latausjärjestelmissä on mahdollista käyttää myös itsetuotettua sähköä. Oli se sitten aurinkopaneeleilla tuotettu sähkö tai omalla tuulivoimalalla tuotettu sähkö. Näissä tapauksissa tyypillinen toimintatapa on varastoida tuotettu sähkö varastoon ja hyödyntää sitä myöhemmin, kun tarve sen vaatii. Itse tuotettu sähkö tuotetaan enimmäkseen aurinkoenergialla ja varastoidaan useimmin erilaisiin akustoihin, jotka koostuvat usein AGM-tyypin akuista tai Litium -akuista. (Aurinkosähkö, Sunwind) AGM-tyypin akut soveltuvat aurinkosähköjärjestelmiin sen ominaisuuksien vuoksi. AGM-akut ovat ominaisuuksiltaan huoltovapaita, omaavat pienen resistanssin, sekä kestävät rakenteensa vuoksi hyvin käsittelyä ja lämpötilan vaihteluita. Syy itsetuotetun sähkön varastointiin on saatavuuden takaaminen lataamisen takaamiseksi.

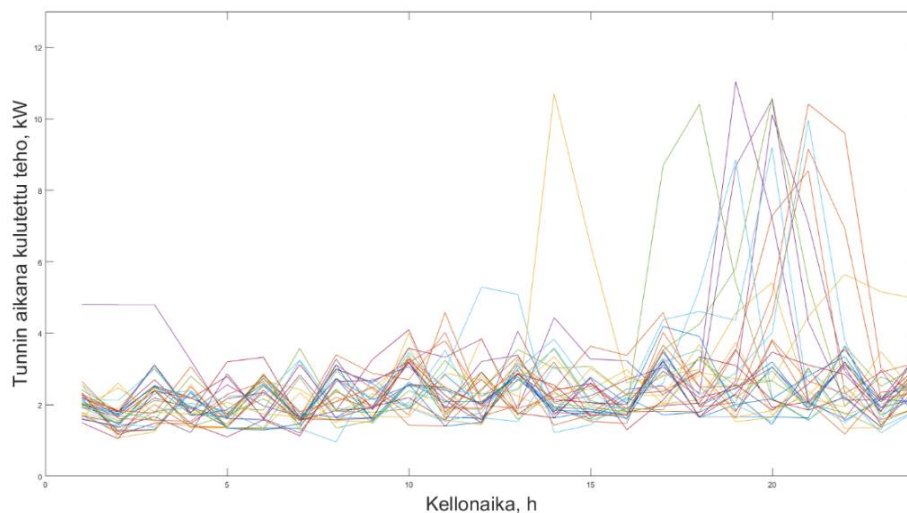


Kuva 5.3 Aurinkosähköjärjestelmän kiinnittyminen sähköauton latausjärjestelmään

Aurinkosähkövoimala sijoitetaan usein rinnan sähköverkon kanssa. Tämä mahdollistaa erillisen ohjaimen avulla sähköauton lataamisen joko suoraan sähköverkosta tai halutessaan akustoihin varastoidun sähkön avulla. Aurinkosähköjärjestelmällä toimivat latausjärjestelmät ovat hyödyllisiä perinteisen verkkolatauksen rinnalla. Itsetuotetunsähkön järjestelmiä on myös mahdollista käyttää myös itsenäisinä järjestelminä, kuten sähköverkon ulkopuolisilla vapaa-ajanasunnoilla.

5.1 Esimerkki omakotitalo

Eräs omakotitalo on varustettu 3x25A pääsulakkeella, joten talossa saatavilla oleva huipputeho on yhteensä 17kW. Talon lämmityksestä vastaa 9kW nimellistehollinen maalämpöpumppu ja talossa on sähkökiuas.



Kuvaaja 5.1.1 Erään omakotitalon tehonkulutuskäyrä talvikuukautena vuonna 2020. Jokainen päivä on kuvattuna omalla käyrällä.

Kuvaajassa 5.1.1 kuvattu kuukausi sijoittuu ajanjaksolle, jolloin asukas on oletettavasti ollut etätöissä, jolloin sähkönkulutus on hieman tavallista suurempi. Kuvaajasta 5.1.1 kuitenkin havaitaan, että talon tehonkulutus pysyy melko vakiona hieman alle 3 kW:ssa suurimman osan päivästä. Useana päivän voidaan havaita tehonkulutuksessa tapahtuvan huomattavia kulutuspiikkejä aikavälillä 16–23. Tällöin voidaan olettaa, että asukas on laittanut suuritehoisia kodinkoneita päälle, jolloin kotitalouden sähkönkulutus on sen verran korkealla, että

sähköautoa ei olisi viisasta ladata. Tästä voidaan olettaa, että suurimmat kulutuspiikit sijoituvat ilta-aikoihin ja lataamiselle suotuisat ajat ovat aikavälillä 23–15.

Suomalaiset ajavat keskimäärin 50 km päivässä (Motiva), joka vastaa sähköautolla noin 10 kWh energiankulutusta (Virta). Jos oletetaan keskiverto täyssähköauton akkukapasiteetin olevan 100 kWh, niin keskiverto suomalainen voi ideaalitulanteessa ajaa yhdellä sähköauton latauksella yli viikon ajan. Jos oletetaan, että talon asukas ajaa sähköautollaan keskiverto suomalaisen ajan matkan mukaisesti ja sähköautoa ladataan pelkästään kotona vain joka toinen päivä, niin ladattavaa energiaa jää yhteensä noin 20 kWh. Koska autolla ei todennäköisesti ajeta yöllä, on se suotuista aikaa ladata autoa. Täten lataamiseen sopiva kellonaika voidaan olettaa olevan välillä 23:00-07:00. Tällöin lataamiselle varattua aikaa on yhteensä 8 tuntia. Mikäli on käytössä 3,7kW:n latauslaite, saadaan yhden yön lataamisella noin 29,6kW, eli hieman alle kolmasosa sähköauton akusta ladattua.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Ladattavat sähköautot ovat kasvavassa trendissä kuluttajien keskuudessa. Vaikka suosio onkin jo nyt suurta, on se yhä kiihtyvää. Vuosi toisensa jälkeen ladattavia sähköautoja ostetaan entistä enemmän ja sen myötä on myös lataamisen tarve kasvussa. Jotta nykyisten kotitalouksien sähköjärjestelmät ja valtakunnallinen sähköverkko kestävät tulevaisuuden sähköautojen lataamiseen tarvittavan kuormituksen, on kehitettävä joko energiatehokkaampia sähköautoja tai lataamisessa on käytettävä monipuolisempia älykkäitä latausjärjestelmiä takaamaan nykyisillä resursseilla tapahtuvaa latausta. Tässä työssä keskityttiin älykkäisiin latausjärjestelmiin latauksessa tapahtuvaa kuormitusta tarkastellessa.

Ennen kuin voitiin selvittää millä tavoilla älykästä lataamista toteutetaan, oli selvitettävää millä tavoilla sähköautoja on mahdollisuus ladata. Kaikkein käytetyimmäksi lataustavaksi osoittautui erilaisten pistokkeiden käyttäminen. Pistokelataaminen on yksinkertaisin tapa ladata sähköautoa. Pistokelataamisessa saatavilla oleva teho ja siihen liittyvät standardit vaihtelivat pistoketyypistä riippuen, pois lukien latauslaitteiden asennuksille annetut määräykset.

Yksinkertaisimmillaan älykäs lataaminen voi olla lataamisajan siirtämistä sähköauton omistaja määrittämälle ajanjaksolle, jolloin hänen sähkönkulutuksensa on pientä tai sähkönhinta on matala. Tämä tuo suoraan rahallista säästöä sähköauton omistajalle. Sähköautonomistajan lisäksi sähköauton lataamisen siirtämistä yöajalle voi auttaa myös sähköverkkoyhtiöitä. Lataamisen siirtäminen mahdollisesti tasoittaa sähköverkkoon kohdistuvaa kuormitusta, mikäli tarpeeksi moni sähköauton omistaja siirtää lataamisen luomia kulutuspiikkejä matalan kulutuksen ajalle. Usein älykkään lataamisen sovelluksia ei ole käytössä vain yksittäistä lataamisen sovellusta, vaan niitä käytetään monikerroksisesti toistensa rinnalla. Esimerkiksi hintaperusteista lataamista ja dynaamista kuormanhallintaa käytetään rinnan toistensa kanssa.

LÄHTEET

- Autoalan Tiedotuskeskus. Henkilöautokannan keski-ikä eräissä Euroopan maissa https://www.aut.fi/tilastot/kansainvaliset_tilastot/henkiloautojen_keski-ika_eraissa_euroopan_maissa
- Autoalan Tiedotuskeskus. 2019. Verojen vaikutus henkilöauton hintaan https://www.aut.fi/etusivu_vanha/tilastot/verotus_ja_hintakehitys/henkiloauton_hinnan_muodostus
- Aurinkosähkö. Yleistä aurinkosähköstä <https://www.aurinkosahko.net/page/7/aurinkosahkojarjestelma-12v>
- Valtiovarainministeriö. 2021. Autovero <https://vm.fi/autovero>
- Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Avustus sähköautojen latausinfraan rakentamiseen <https://www.ara.fi/latausinfra-avustus>
- CHAdEMO association <https://chademo.com/faq/#sc-tabs-1640713820521>
- Eduskunta. Hallituksen esitys HE 176/2021 vp https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_176+2021.aspx
- Finlex. 478/2017. Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170478>
- Finlex. 733/2020. Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2020/20200733>
- Helen. 2021. Julkisen latauksen hinnat <https://www.helen.fi/sahkoauton-lataus/sahkoauton-latauspiste/latauspisteiden-hinnat>
- Jia, Qing-Shan & Long, Teng. (2020). A review on charging behavior of electric vehicles: data, model, and control. Control Theory and Technology. 18. 10.1007/s11768-020-0048-8. https://www.researchgate.net/publication/343252117_A_review_on_charging_behavior_of_electric_vehicles_data_model_and_control
- KAK-laki. 2021. Laki sähköautojen latauspisteistä ja latauspistevalmiuksista astui voimaan – mitä se tarkoittaa taloyhtiöille? <https://www.kak-laki.fi/laki-sahkoautojen-latauspisteista-ja-latauspistevalmiuksista-hyvaksyttiin/>
- Latausjärjestelmän dynaaminen kuormanhallinta <https://plugit.fi/videot/video-dynaaminen-kuormanhallinta/>

Liikenne- ja viestintäministeriö. Fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmän loppuraportti ISSN=1795-4045. 2020. [viitattu: 8.8.2021]. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-602-3>

Review of Renewable Energy-Based Charging Infrastructure for Electric Vehicles <https://www.proquest.com/openview/ec5d9d496754ceb51a38a44187950e49/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032433>

Sesko. Standardisoinnin aihealueet. https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat/sahkoautosanasto

Sesko. 2021. Sähköajoneuvojen lataussuositus 2021. https://www.sesko.fi/files/1210/SESKO_lataussuositus_2021-02-17.pdf

SFS 6000. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto.

Sunwind. Akkutyypin valinta <https://www.sunwind.fi/pages/news/read/?id=182&Akkutyypin-valinta>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Perheet [verkkójulkaisu]. ISSN=1798-3215. 2020, Liitetaulukko 2. Perheväestö ja perheen keskikoko 1950–2020 . Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 8.8.2021].
Saantitapa: http://www.stat.fi/til/perh/2020/perh_2020_2021-05-28_tau_002_fi.html

Sähköauton lataustavat <https://latauslaitteet.fi/artikkelit/sahkoauton-lataustavat/>

Sähköauton ostajan ABC. 2017. https://www.motiva.fi/files/12738/Sahkoauton_ostajan_ABC.pdf

Sähköinen liikenne ry. 2021 Sähköisen liikenteen tilannekatsaus Q1/2021. <https://emobility.teknologiateollisuus.fi/sites/emobility/files/inline-files/2021%20Q1%20S%C3%A4hk%C3%B6inen%20liikenne%20tilannekatsaus%202021%2005%2005%20jaettava.pdf>

Sähköinen liikenne ry. Sähköisen liikenteen tilannekatsaus Q3/2021. <https://emobility.teknologiateollisuus.fi/sites/emobility/files/inline-files/2021%20Q3%20Sa%C3%88hko%C3%88inen%20liikenne%20tilannekatsaus%202021%2010%2026%20jaettava.pdf>

Tilastokeskus. 2021. Asuminen https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_asuminen.html

Traficom. 2021 Ajoneuvokannan tilastot <https://www.traficom.fi/fi/tilastot/ajoneuvokannan-tilastot?toggle=K%C3%A4ytt%C3%B6voimat>

Union of Concerned Scientists. 2018. Electric Vehicle Batteries. Materials, Cost, Lifespan. <https://www.ucsusa.org/resources/ev-batteries#.XDzFw1VKipp>

Vero. Ajoneuvojen veroprosentit https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/auto/autovero-tus/autoveron_maara/ajoneuvojen-veroprosentit/#henkiloauto

Virta Ltd. 2019. Latausstandardit. <https://www.virta.global/fi/blogi/latausstandardit>

Virta Ltd. 2019. Maailman älykkäin sähköautojen kotilatauspalvelu.
[viitattu: 8.8.2021]. <https://www.virta.global/fi/blogi/maailman-%C3%A4lykk%C3%A4in-s%C3%A4hk%C3%B6autojen-kotilatauspalvelu>