



Aurinkopaneeleilla tuotetun energian ohjausmahdollisuudet pienkiinteistöissä

Taru Metsä-Patanen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2022

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

METSÄ-PATANEN, TARU:

Aurinkopaneeleilla tuotetun energian ohjausmahdollisuudet pienkiinteistöissä

Opinnäytetyö 45 sivua

Toukokuu 2022

Aurinkopaneeleilla tuotettu energia on lisääntynyt viime vuosina merkittävästi niin isojen yritysten kuin pienien yksityisasiakkaidenkin keskuudessa. Itse tuotettu sähkö ja sen myötä osittainen energiaomavaraisuus sekä ilmastotavoitteet houkuttelevat yhä useampaa yksityishenkilöä harkitsemaan aurinkopaneelijärjestelmää katollensa. Aurinkopaneeleilla, niin kuin muillakin uusiutuvilla energiamuodoilla, tuotetussa energiassa on kuitenkin se merkittävä ongelma, että ne ovat sää- ja vuorokausiriippuvaisia.

Tässä opinnäytetyössä kartoitettiin aurinkopaneeleilla tuotetun energian ohjausratkaisuja pienkiinteistöissä. Työssä selvitettiin, millaisia erilaisia kulutuskohteita kiinteistöissä on ja mikä on toimivin ratkaisu aurinkoenergian ohjaamiseen. Energian ohjauksella pyritään parantamaan aurinkopaneeleilla tuotetun energian omakäyttöastetta ja näin optimoimaan paneeleista saatu hyöty. Kun optimoidaan oma käyttö, saadaan aikaan suurimmat säästöt ja lyhennetään aurinkopaneelijärjestelmän takaisinmaksuaikaa.

Opinnäytetyö tehtiin selvitystyönä Sähköpeltoniemi Oy:lle. Aurinkopaneelien yleistyessä ja kysynnän kasvaessa Sähköpeltoniemi Oy on harkinnut yrityksen toimenkuvan laajentamista aurinkopaneelijärjestelmien suunnitteluun ja asentukseen. Energian hinnannousu ja ennustettu energiakriisi todennäköisesti vain lisäävät aurinkopaneelijärjestelmien kysyntää. Työssä kerättiin tietoa siitä, millaisia ratkaisuja tukkureilla ja maahantuojilla on tällä hetkellä tarjolla Suomessa ja millaiset ratkaisut sopivat yrityksen erilaisiin asiakaskohteisiin. Tiedon kerääminen toteutettiin pääsääntöisesti markkinatutkimuksena, jonka lisäksi tehtiin kaksi haastattelua.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin käsitys kiinteistöjen yleisimmistä kuormista, joihin energiaa kannattaa ohjata, ja kuormien ohjaukseen tarjolla olevia ratkaisuja. Ratkaisuvaihtoehtoja rajatessa työssä pyrittiin huomioimaan laitteiden lisäksi myös asennuksen mutkattomuus, laitteiden helppo saatavuus ja yrityksen asiakasprofiilit. Opinnäytetyön myötä tehtiin myös jälleenmyyntisopimus yrityksen kanssa, josta aurinkopaneelijärjestelmiä voidaan tilata.

Asiasanat: kuormanohjaus, aurinkosähkö, energiaomavaraisuus, kysyntäjousto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Systems

METSÄ-PATANEN TARU:
Solar Energy Control in Small Properties

Bachelor's thesis 45 pages
May 2022

Using renewable electricity is growing more popular faster than ever, which can be seen in the increased demand for solar panel systems also in Finland. Energy self-sufficiency, climate goals and saving money have prompted people to consider solar panel systems for their homes.

The objective of this study was to gather information about solar power control systems in households. The control systems aim to optimize self-consumption and reduce the sale of surplus electricity to the grid. The greatest savings will be achieved and the repayment time reduced by using self-produced energy.

This thesis was made as an assignment to Sähköpeltoniemi Ltd. As the demand for solar panels has increased, Sähköpeltoniemi Ltd is considering expanding their business to the design and installation of photovoltaic systems. Due to the predicted energy crisis, the demand is expected to accelerate even more, so now would be a good time for expanding.

The results of this thesis were increased knowledge about solar energy control systems and dealership agreement. This thesis also studied, different solutions that could be offered to the customer

Key words: solar panel, solar energy, self-sufficiency, energy control system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	Aurinkosähkön tuotanto ja käyttö Suomessa	7
	2.1 Aurinkosähkön tuotantopotentiaali	7
	2.2 Aurinkosähkön kulutuksen ohjaus	8
3	PIENKIINTEISTÖN OHJATTAVAT KUORMAT	12
	3.1 Lämmivesivaraaja	12
	3.2 Sähköauto	13
	3.3 Lämpöpumput ja sähkölämmitys	14
	3.4 Varastointijärjestelmät	15
4	VALIKOIDUT KUORMAN OHJAUSJÄRJESTELMÄT	18
	4.1 Kellokytkin	18
	4.2 Releohjaus	21
	4.3 Fronius Ohmpilot	23
	4.4 GEF Kulutusohjaus	27
	4.5 Powerdale Home	31
	4.6 Fronius Wattpilot	34
	4.7 Akustojärjestelmä	36
5	POHDINTA	40
	LÄHTEET	42

1 JOHDANTO

Sähköenergian, öljyn ja kaukolämmön hinnannousu, ilmastotavoitteet ja ilmastomuutos, sekä kiinnostus energiaomavaraisuudesta ovat lisänneet merkittävästi kiinnostusta aurinkosähköjärjestelmiä kohtaan. Yhä useampi kiinteistön omistaja harkitsee aurinkopaneelijärjestelmää katolleen. Kysynnän kasvu näkyy myös siinä, että uusia taloja rakennettaessa yhä useammin kohteeseen suunnitellaan jo valmius paneelijärjestelmälle, vaikka sitä ei rakennusvaiheessa vielä toteutettaisikaan (Tanskanen 2021). Kiinnostus aurinkoenergiaa kohtaan olisi luultavasti joka tapauksessa jatkanut nousuaan, mutta kysyntää tulee todennäköisesti entisestään lisäämään tämänhetkinen maailmantilanne. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra on julkaisussaan (2022) varoittanut Ukrainan ja Venäjän sodan aiheuttavan koko Eurooppaan ja näin ollen myös Suomeen, entisestään syvenevän energiakriisin. Suomen ja Euroopan ollessa hyvin riippuvaisia Venäjältä tuodusta energiasta, saattaa energian hinta nousta ennennäkemättömälle tasolle ja energian saatavuus saattaa vaarantua. (Haanperä, Hakko, Hietaniemi & Tynkkynen 2022.)

Aurinkovoimaloiden kannattavuuden suurin haaste on, että aurinkoenergia on hyvin sää- ja vuorokausiriippuvaista. Jotta aurinkoenergian potentiaali pystytään hyödyntämään kaikkein parhaiten kiinteistössä, vaatii se jonkinlaista energian ohjausta ja hallintaa. Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin pienikiinteistöissä ohjattaviin kuormiin ja niihin ratkaisuihin, joilla aurinkopaneelijärjestelmän omakäyttöasetta pystyttäisiin parhaan mukaan optimoimaan pienikiinteistöissä. Opinnäytetyö tehtiin selvitystyönä Sähköpeltoniemi Oy:lle, joka aurinkopaneelien kysynnän kasvaessa on pohtinut laajentaa yrityksen toimenkuvaa aurinkopaneelijärjestelmien suunnitteluun ja asennukseen. Jotta asiakkaille voidaan tarjota heidän tarpeisiinsa parhaiten sopivaa aurinkopaneelijärjestelmää, tarvitsee ensimmäiseksi selvittää, miten tuotettu energia saadaan kohteessa hyödynnettyä parhaiten.

Opinnäytetyössä keskityttiin niihin ratkaisuihin, joita tukkureilla ja maahantuojilla on tällä hetkellä Suomessa valikoimissaan ja olisi heti saatavilla. Sähköpeltoniemi Oy:n ei ole ainakaan tällä hetkellä tarkoitus aloittaa omaa maahantuontia, vaan aurinkopaneelijärjestelmät ja niihin liittyvät komponentit on tarkoitus hankkia

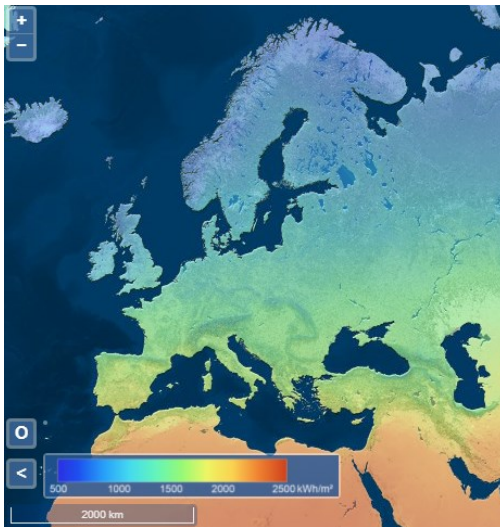
tukkureiden tai maahantuojien kautta. Opinnäytetyön tiedonkerääminen toteutettiin kirjallisuus- ja markkinakatsauksena. Lisäksi opinnäytetyötä varten tehtiin haastattelu, sekä hyödynnettiin tukkurin tuote-esittelyssä saatuja tietoja.

Opinnäytetyön lopputuloksena esitellään muutamia energianohjausratkaisuja, joita voitaisiin tarjota erilaisiin asiakaskohteisiin. Ratkaisukokonaisuudessa pyrittiin ottamaan huomioon kiinteistön nykyinen lämmitysjärjestelmä ja muut suuremmat kulutuskohteet, investointikustannukset ja asiakkaan halukkuus teknisiin ratkaisuihin. Valituissa ratkaisuissa tärkeää oli myös se, että ne helposti liitettävissä toisiinsa toimiviksi kokonaisuuksiksi.

2 Aurinkosähkön tuotanto ja käyttö Suomessa

2.1 Aurinkosähkön tuotantopotentiali

Vuonna 2020 Suomessa tuotettiin sähköä noin 81 TWh ja siitä noin 0,3 % tuotettiin aurinkoenergialla (Energiamailma n.d.). Lappeenrannan yliopiston tekemän artikkelin mukaan (2019), jos aurinkosähkön kasvu pysyy samanlaisena, kuin mitä se on edellisinä vuosina ollut, saatetaan aurinkoenergialla tuottaa 1 % koko Suomen sähköstä vuonna 2022 (Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa 2019). Yleinen ajatus on, että aurinkosähköä ei ole kannattavaa tuottaa Suomessa. Kuitenkin tutkimukset todistavat, että Suomessa pystytään tuottamaan saman verran aurinkosähköä, kuin esimerkiksi Pohjois-Saksassa (Motiva 2021). Kuvassa 1 on esitetty aurinkosäteilyn määrä Euroopassa.



KUVA 1. Aurinkosäteilyn määrä Euroopassa (European Commission 2019).

Suomessa aurinkosähköä saadaan tuotettua parhaiten kesäaikaan ja sillä pystytään kompensoimaan talven pimeitä aikoja. Kuitenkin tuottoa syntyy myös aikaisin keväällä aina syksyyn asti. Aurinkopaneelien tuoton kannalta merkittävintä on kuitenkin aurinkopaneelien suuntaus ja kallistuskulma. (Motiva 2021).

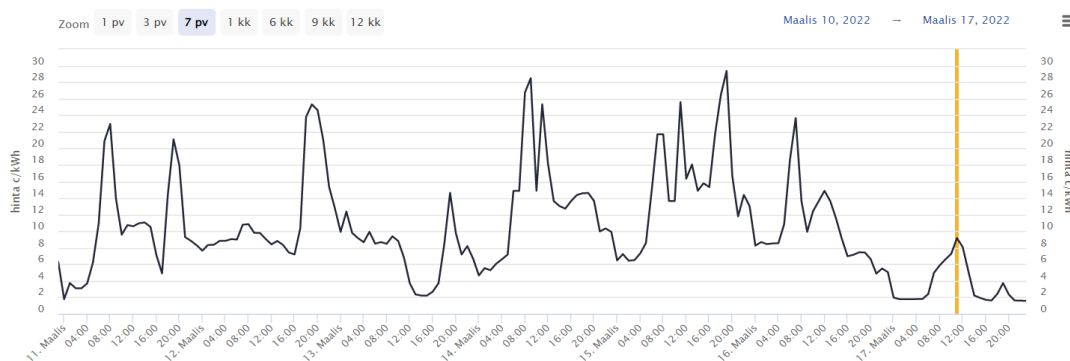
Suomessa aurinkopaneelien hyötysuhdetta parantaa ympäristön matala lämpötila, koska paneelit pystyvät tuottamaan paremmin energiaa viileämmässä il-

massa. Aurinkopaneelien tuottavuuteen vaikuttaa myös paneelien asennuskulma. Keväällä ja talvella matalalta paistava aurinko vaatii paneeleilta jyrkemmän asennuskulman ja tähän onkin kehitelty ratkaisuja mm. julkisivuun asennettavia aurinkopaneeleita. (Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa 2019).

2.2 Aurinkosähkön kulutuksen ohjaus

Aurinkopaneeleilla tuotettu energia on hyvin sää- ja vuorokausiriippuvaista, joka tuo omat haasteensa järjestelmän mitoittamiseen ja energian hyödyntämiseen. Yleensä aurinkopaneelijärjestelmän mitoituksen pohjana käytetään kiinteistöistä saatua energiankulutustietoja. Jos kulutustietoja ei ole saatavilla, esimerkiksi uudiskohteen tapauksessa, energian kulutusta voidaan arvioida samantyyppisten rakennuksien kulutustietojen pohjalta sekä huomioidaan kiinteistölle tulevien suurempien kulutuslaitteiden energian tarve (ST-käsikirja 40 2017, 93–96).

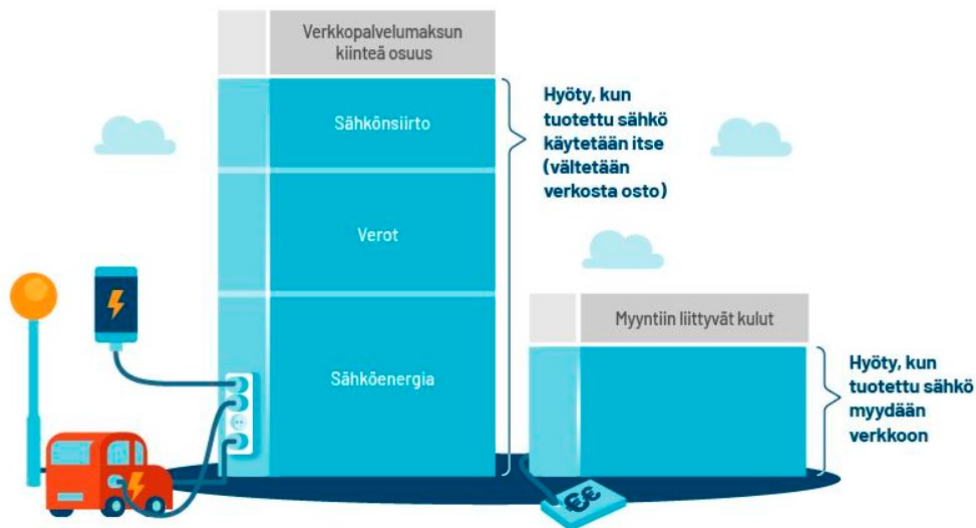
Usein kuitenkin ajaudutaan siihen tilanteeseen, että jossain vaiheessa aurinkopaneelijärjestelmä tuottaa energiaa enemmän, kuin kiinteistö sitä kuluttaa. Yli oman kulutuksen tuotettu sähköenergia myydään yleensä sähköyhtiölle, joka hinnoittelee myydyn sähkön tunneittain vaihtuvan Spot-hinnan mukaan. Sähköyhtiölle myydystä sähköenergiasta saadaan nykyään suunnilleen sama hinta, kuin mitä siitä joutuisi maksamaan ostaessa sen sähköyhtiöltä. (Motiva 2022). Sähkön Spot-hinta määräytyy sähkön kysynnän ja tarjonnan mukaan Nord Pool -sähköpörssissä (Kotimaan Energia 2022). Kuvassa 2 on havainnollistettu sähkön tunnihinnan vaihtelua.



KUVA 2. Sähkön Spot-hinnan vaihtelu viikon aikana (SähköTK 2022).

Kuvasta voidaan havaita, että sähkön hinta vaihtelee vuorokauden aikana todella paljon. Suurien hinnan vaihteluiden vuoksi pientuottajan olisi kannattavaa seurata sähkön hintoja ja muokata omaa kulutuskäyttäytymistään siten, että ostosähkön tarve pystyttäisiin minimoimaan hetkinä, jolloin sähkön hinta on korkealla. Lisäksi pientuottajan on hyvä pyrkiä siirtämään kiinteistön kulutusta niihin hetkiin, jolloin itse tuotettua energiaa on tarjolla, pienentääkseen sähköyhtiölle myytävän energian määrää. Käytännössä tämä vaatisi kiinteistössä olevien kuormien säätelyä ja hallintaa, ja tähän tarkoitukseen soveltuvia ratkaisuita tarkastellaan tarkemmin luvussa neljä.

Merkittävin syy sille miksi aurinkopaneeleilla tuotettu energia olisi hyvä käyttää itse eikä myydä sitä sähköyhtiölle, johtuu sähkön hinnan rakenteesta. Ostaessa sähköä verkosta sähkön hinta muodostuu kolmesta tekijästä, jotka ovat energian hinta, verot ja sähkönsiirtomaksu. Sähköenergian hinta on vain noin 1/3 osa ostosähkön kokonaishinnasta ja vain tämän osuuden pientuottaja saa korvausta myydessään sähköä sähköyhtiölle. Myydyn energian hinnasta saatetaan vähentää pieni palvelumaksu, jonka suuruus vaihtelee sähkönmyyjien kesken. (Motiva 2022). Kuvassa 3 on verrattu omakäytön ja sähkönmyynnin taloudellista hyötyä.



KUVA 3. Omakäytön hyöty verrattuna energian myyntiin (Järvi-Suomen Energia 2021).

Kuvasta voidaan todeta, että käyttämällä tuotettu energia itse pientuottaja säästää energianhinnan lisäksi myös sähkönsiirron ja verojen osuuden, eli käytännössä asiakkaalle jää sähkölaskusta maksettavaksi vain verkkopalvelumaksun kiinteä osuus. (Motiva 2022). Tarkastellessa itse käytetyn energian säästöjä esimerkkikohteen avulla saadaan parempi käsitys tuotetun energian omakäytön taloudellisesta hyödystä. Taulukossa 1 on eritelty esimerkkikohteen ostosähkön ja myydyn sähköenergian todelliset kWh-hinnat. Kohteessa oli solmittuna kiinteähintainen sähkösopimus pari vuotta sitten, jolloin sähkönhinta oli huomattavasti edullisempi kuin nyt, joten laskelmassa käytettiin sähköenergian hintana Helenin tällä hetkellä tarjoamaa hintaa kiinteälle sähkösopimukselle, joka oli 12,87 snt/kWh (Helen, 2022). Sähköä ostaessa kuluttaja joutuu maksamaan ostetusta sähköstä myös arvonlisäveron sekä sähköveron, jotka voidaan laskea säästökseenä tilanteessa, kun pientuottaja käyttää energian itse. Toisin kun taas sähköä myydessä sähkön energiahinta on arvonlisäveroton, koska pientuottaja ei ole arvonlisäverovelvollinen myymästään energiasta (Omavoima, n.d). Laskettaessa energian myynnistä saatavaa tuottoa on energian hintana käytetty vuoden 2022 huhtikuun pörssisähkön keskiarvoa (Lumme Energia 2022). Myydyn energian tuotosta on lisäksi vähennetty alueella toimivan sähköyhtiö Omavoiman ilmoittamaa palvelumaksu, joka oli 0,3 snt/kWh (Omavoima n.d.). Taulukossa 1 on myös vertailtu laskemalla itsekäytetyn energian säästöjä verrattuna energian myynnistä saataviin tuottoihin.

	Hinta snt/kWh
Sähkönsiirto (Alv 24 %)	4,44
Sähkövero (Alv 24 %)	2,79
Sähköenergia (Alv 24 %)	12,87
Säästö käyttämällä energia itse	20,10
Tuotto myydystä energiasta (Alv 0 %)	7,64

TAULUKKO 1. Rahallinen hyöty itse kulutetusta energiasta.

Taulukossa 1 esitetty laskelma on kuitenkin suuntaa antava, koska myyntienergian hinta vaihtelee tunneittain ja esimerkkikohteessa on kiinteähintainen sähkösopimus, jolloin ostoenergian hinta ei vaihtele päivän aikana. Erilaisilla sähköso-

pimuksilla laskennantulos voisi olla hieman erilainen. Taulukon tuloksista voidaan kuitenkin todeta, että sähkön myyminen sähköyhtiölle ei ole pientuottajalle taloudellisesti kannattavaa, vaan aurinkopaneelijärjestelmä kannattaa mitoittaa siten, että ylituotantoa syntyy mahdollisimman vähän. Sen lisäksi kiinteistössä olevia kuormia kannattaa ohjata siten, että ylituotettua energiaa hyödynnettäisiin mahdollisimman paljon omassa käytössä.

3 PIENKIINTEISTÖN OHJATTAVAT KUORMAT

3.1 Lämminvesivaraaja

Melkein jokaisesta suomalaisesta kodista löytyy lämminvesivaraaja. Lämminvesivaraajassa oleva vesi voi lämmitä monella erilaisella energian lähteellä, kuten esimerkiksi öljyllä, puulla, sähköllä ja kauralla. Lämminvesivaraaja voi olla tarkoitettu vain kiinteistön käyttöveden lämmittämiseen tai koko rakennuksen lämmittämiseen. Oli tilanne mikä tahansa, niin lämmintä vettä tarvitaan kiinteistössä aina ja kuluttajalle ei periaatteessa ole merkitystä, milloin varaajassa oleva vesi lämmitetään. Vesivaraaja toimii siis erinomaisesti varastona, johon päivällä tuotettu aurinkoenergia voidaan varastoida ja käyttää sieltä sitten oman tarpeen mukaan. Jotta aurinkosähköä voidaan ohjata lämminvesivaraajaan, tarvitsee varaajassa olla sähkövastukset. Suorasähkölämmitteisissä kohteissa lämminvesivaraajat lämpiävät lähes poikkeuksetta sähkövastuksilla ja lämpöpumppujärjestelmiin kytketyissä lämminvesivaraajissa on myös monesti sähkövastukset valmiina, jotta vettä voidaan lämmitellä myös silloin, jos lämpöpumppu rikkoutuu tai pumpun teho ei riitä lämmittämään lämminvesivaraajaa. Kohteissa, joissa on puu- tai öljykattila ei varaajassa välttämättä ole sähkövastuksia valmiina.

Aurinkoisena päivänä aurinkopaneelijärjestelmän teho monesti riittää lämmittämään pienikokoisen (200 l-300 l) käyttöveden lämminvesivaraajan. Kuitenkin lämminvesivaraaja saattaa olla hyvin suurenkin kokoisia (5000 l) ja tällöin paneelien teho ei välttämättä riitä koko varaajan lämmitykseen. On kuitenkin huomioitava, että kesäaikaan lämmintä vettä ei kuluteta juurikaan rakennuksen lämmittämiseen, joten lämmitysenergiaa ei tarvita niin paljon isollakaan varaajalla. Aurinkopaneelijärjestelmällä on kuitenkin tarkoitus vähentää ostosähkön tai jonkun muun energianlähteen tarvetta ja näin säästää kuluissa. Tavoitellut säästöt ei myöskään ole aina vain rahassa mitattava asia, vaan esimerkiksi puulämmityksen kanssa halutaan säästää myös omaa aikaa ja työnvaivaa.

3.2 Sähköauto

Ilmastotavoitteet ja päästöttömämpi tulevaisuus näkyy myös siinä, että sähköautojen määrä Suomessa on kasvanut ja tulevaisuuden ennusteen mukaan kasvaa entisestään. Taulukossa 2 on esitetty täyssähköautojen ja ladattavien hybridiautojen määrän kehitys vuodesta 2010 vuoteen 2021.

TAULUKKO 2. Sähköautojen määrän kasvu Suomessa (Autoalan tiedotuskeskus 2022)

Vuosi	täyssähköautot	ladattavat hybridiautot
31.12.2010	23	0
31.12.2011	56	0
31.12.2012	109	128
31.12.2013	169	296
31.12.2014	360	569
31.12.2015	614	973
31.12.2016	844	2 441
31.12.2017	1 449	5 719
31.12.2018	2 404	13 095
31.12.2019	4 661	24 704
31.12.2020	9 697	45 625
31.12.2021	22 892	77 045

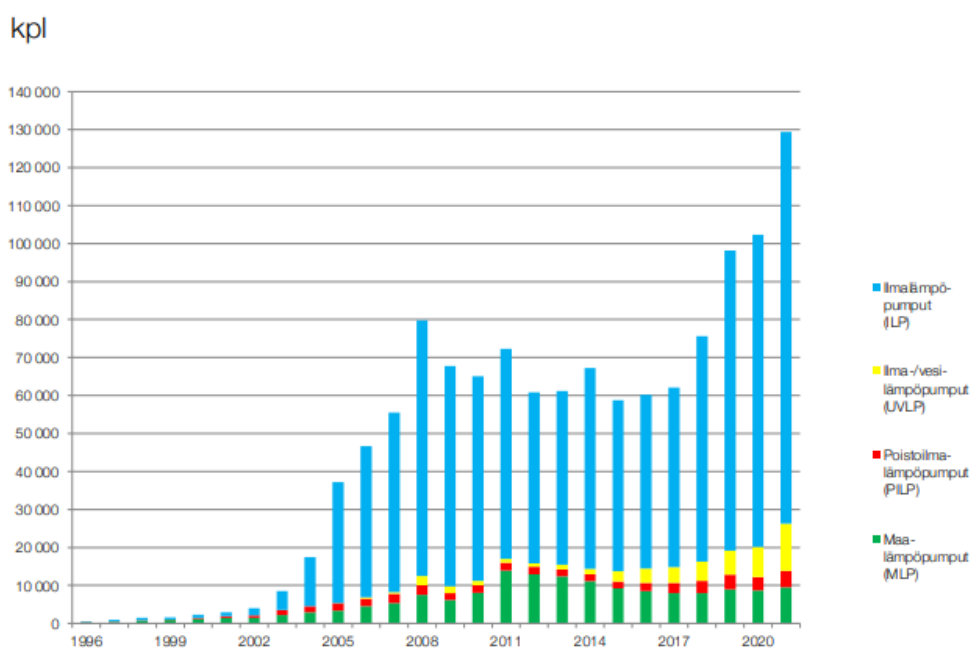
Taulukosta nähdään selvästi, että ladattavien hybridien määrä on kasvanut merkittävästi jo viimeisen viiden vuoden aikana ja täyssähköautojen merkittävä nousu on alkanut vuonna 2018. Tekniikan kehittyessä, latausmahdollisuuksien lisääntyessä ja sähköautoilun tukemisen vuoksi, sähköautoilu tulee varmasti lisääntymään myös lähivuosina.

Aurinkopaneeleilla tuotettua energiaa on mahdollista hyödyntää myös sähköautojen latauksessa. Tätä varten eri laitevalmistajat ovat kehittäneet monenlaisia latausjärjestelmiä, joilla pyritään hyödyntämään sähköautojen akkuja itse tuotetun energian varastointiin ja käyttämiseen. Sähköautojen lataamisessa aurinkoenergialla on monesti vain se ongelma, että auto ei välttämättä ole kotona silloin kun aurinkoenergiaa on parhaiten saatavilla. Toki etätyön lisääntyminen lisää myös autojen lataamista kotona ja osa tekee vuorotyötä, jolloin sähköauton la-

taaminen päivällä on mahdollista. Joka tapauksessa, jos sähköauton lataus aurinkoenergialla olisi kohteessa järkevää, laskisi se sähköautoilun päästöjä entisestään.

3.3 Lämpöpumput ja sähkölämmitys

Erilaiset lämpöpumppuratkaisut, erityisesti maalämpö- ja ilmalämpöpumput, ovat yleistyneet rakennuksien lämmitysmuotona. Maalämpöpumppu pystyy toimimaan itsenäisesti rakennuksen päälämmitysmuotona lämmittäen rakennuksen, sekä käyttöveden. Maalämpöpumppu on Suomen toiseksi yleisin lämpöpumpputyyppejä. Kuitenkin myös vesi-ilmalämpöpumppujen kysyntä on ollut kasvussa viime vuosina. (Sulpu 2022). Kuvassa 4 on esitetty lämpöpumppujen vuosittaiset myyntimäärät.



KUVA 4. Lämpöpumppujen myynninkehitys (SULPU 2022)

Kuvasta voidaan nähdä, että kaikkien lämpöpumpputyyppeiden kysyntä on kasvanut, mutta ehdottomasti suosituin pumpputyyppejä on ilmalämpöpumppu. Ilmalämpöpumpun suosio johtunee sen kohtuullisen edullisesta hankintahinnasta ja helposta asennuksesta, koska se on ainoa lämpöpumpputyyppejä, joka ei vaadi kiinteistöltä vesikiertoista lämmönjakoa. Kuitenkaan ilmalämpöpumppu ei itsessään sovellu kiinteistön päälämmitysmuodoksi, vaan toimii hyvin tukilämmitysmuotona

esimerkiksi sähkölämmityksen rinnalle. Lisäksi ilmalämpöpumppu sopii hyvin asunnon viilentämiseen kesäaikaan. (Motiva 2020).

Ilmalämpöpumpun kanssa aurinkoenergian ylituotannon suurin hyödyntämispotentiaali osuukin keskikesälle, jolloin kiinteistöä jäähdytetään. Jäähdytykseen ilmalämpöpumpun kompressori tarvitsee sähköenergiaa, jota aurinkoisena kesäpäivänä saadaan aurinkopaneeleilta. Ilmalämpöpumppu kuluttaa sähköä käyttömäärästä riippuen kesän aikana noin 100–400 kWh, joka tarkoittaa rahallisesti asunnosta riippuen noin 0,5–1 €/päivä (Toshiba n.d.). Ilmalämpöpumpun kulutus on siis todella pientä, joten mitään erillistä ohjausta aurinkoenergian hyödyntämiseen ilmalämpöpumpun jäähdytyskäyttöön ei ole kannattavaa rakentaa, vaan lämpöpumpun kulutuksen voi ajatella kesällä olevan osa kiinteistön pohjakulutusta.

Muita kiinteistössä olevia lämpöpumppuratkaisuja ovat maalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu ja poistoilmalämpöpumppu. Näistä yleisimmin käytössä oleva ratkaisu on maalämpöpumppu. Näitä pumpputyyppejä kuitenkin yhdistää se, että niiden tarkoitus on lämmittää kiinteistön käyttövesi, sekä koko kiinteistö vesikiertoisella lämmitysjärjestelmällä. Näissä tapauksissa aurinkopaneelijärjestelmän tuottama energia voitaisiin kesällä hyödyntää pumppujen kompressorin energianlähteenä käyttöveden lämmittämiseen tai kiinteistön jäähdyttämiseen maaviileän avulla.

3.4 Varastointijärjestelmät

Jotta aurinkopaneelijärjestelmällä tuotettu energia pystyttäisiin hyödyntämään täysin omassa kiinteistössä, vaatisi se sähköenergian varastointia. Sähköenergia voidaan varastoida sähkökemialliseen akkuun. Kotiakku mahdollistaa helpon energianvarastointiratkaisun ja markkinoille on tullut jo jonkun verran kuluttajakäyttöön tarkoitettuja akkujärjestelmiä. Kuitenkin monesti kotiakkujärjestelmien ongelmaksi koituu niiden hinta. Toisaalta akkujärjestelmien kehittyessä ja yleistyessä, niiden hinnatkin lähtevät todennäköisesti laskemaan ja nyt jo muutama yritys on alkanut kierrättämään sähköautoissa käytettyjä akkuja energiavarastoi-

hin (etn 2021). Teslan Impact Reportin (2019) mukaan ajoneuvokäytöstä poistuneiden akkujen kapasiteetti on heikennyt alle 15 %, mikä tarkoittaisi, että akun kapasiteetista oli käytettävissä vielä noin 90 % ja niitä voitaisiin käyttää vielä kotiakkuina (Tesla 2019). Markkinoille on siis varmasti tulevaisuudessa tulossa edullisempia kierrätetyistä akuista valmistettuja energiavarastoja.

Fyysisten akkujen lisäksi jotkut sähköyhtiöt tarjoavat virtuaaliakkupalvelua. Virtuaaliakkupalvelu tarjoaa aurinkopaneelijärjestelmän haltialle mahdollisuuden hyödyntää tavallisesti myyntiin menevä energia siinä vaiheessa, kun kulutus ylittää aurinkopaneelien tuotannon esimerkiksi illalla. Virtuaaliakku ei ole oikea fyysinen akku, vaan ylituotetusta energiasta maksetaan virtuaaliselle tilille korvaus sen mukaisesti mitä paneeleilla on tuotettu. Esimerkiksi sähköyhtiö Helen maksaa ladatusta sähköstä 13 c/kWh ja kun omatuotanto loppuu ja sähköä tarvitsisi ostaa verkosta, hyvittää Helen 13 senttiä jokaiselta kilowattitunnilta niin kauan, kunnes virtuaaliakku on käytetty. (Helen n.d.) Virtuaaliakku on helppo tapa varastoida sähköä, koska siihen ei tarvita suuria varastoja, eikä lisäosia. Tarvitaan ainoastaan sähkösopimus virtuaaliakkua tarjoavan sähköyhtiön kanssa.

Kuitenkin virtuaaliakun käytössä on palvelumaksu. Palvelumaksun suuruus riippuu aurinkopaneelijärjestelmän koosta ja eri kokoisille järjestelmille on asetettu käyttörajat. Esimerkiksi Helenillä 10 paneelin aurinkopaneelinjärjestelmän vuosimaksu on 69 € ja käyttöraja 750 kWh. (Helen n.d.). Eli jos vuoden aikana saa 750 kWh:sta 13 sentin hyvityksen, virtuaalitalille talletetaan 97,5 €, josta 69 € menee vuosimaksuun. Säästöä vuoden aikana syntyy 28,8 €. Näin laskettuna virtuaaliakku kuulostaisi ihan järkevältä sijoitukselta, mutta asiaa on hyvä tutkia vähän tarkemmin.

Tutkitaan virtuaaliakun kannattavuutta esimerkkikohteen kautta. Kohteeseen on simuloitu 8 paneelin aurinkopaneelijärjestelmä, jonka ennustetaan tuottavan sähköä 2740 kWh vuodessa. Tuotetusta osuudesta omaan käyttöön kuluu 1900 kWh ja myyntiin menee 840 kWh. Tämän kokoiselle voimalalle Helen tarjoaa 750 kWh:n virtuaaliakkua. Eli vaikka ylituottoa olisi 840 kWh vuodessa, saa akkuun ladata vain 750 kWh. Taulukossa 3 on tehty laskelma siitä, kuinka paljon hyödyllisempää taloudellisesti olisi myydä ylituotettu sähkö verkkoon, kuin ladata se virtuaaliakkuun.

SÄHKÖN MYYNNIN KANNATTAVUUS	
Tuotanto	2740 kWh/vuosi
Omaan käyttöön	1900 kWh/vuosi
Myyty	840 kWh/vuosi
Pörssisähkön keskihinta (2021)	0.0895 €/kWh
Saatu korvaus myymisestä	75.18 €/vuosi
VIRTUAALIAKUN KANNATTAVUUS	
Virtuaaliakku korvaus	0.13 €/kWh
Varastoitu määrä	750 kWh/vuosi
Akun ylitetty osuus myytynä verkkoon	8.055 €/vuosi
Saatu hyöty varastoinnista	105.555 €/vuosi
Vuosimaksu	69 €/vuosi
Virtuaaliakun hyöty	36.555 €/vuosi

TAULUKKO3. Virtuaaliakun ja sähkön verkkoon myynnin vertailu

Sähkönmyyntihinnassa on käytetty vuoden 2021 pörssisähkön keskiarvoa (Oma-voima n.d.). Taulukon laskelma on hyvin suuntaa antava ja tarkempia tuloksia varten laskelmissa tulisi eritellä tarkemmin kuukausittaiset tuotot ja pörssisähkön hinnat. Tuloksista voidaan kuitenkin nähdä, että esimerkkikohteen tilanteessa virtuaaliakku olisi taloudellisesti huonompi vaihtoehto. Virtuaaliakuston käyttö tulee aina sopia sähköyhtiön kanssa, joten sitä Sähköpeltoniemi Oy ei pysty asiakkailleen tarjoamaan.

4 VALIKOIDUT KUORMAN OHJAUSJÄRJESTELMÄT

4.1 Kellokytkin

Lämminvesivaraajan sähkövastuksien ohjaamiseen yksi edullisimmista ja helpoimmista tavoista on asentaa sähkökeskukseen kellokytkin, jolla vesivaraajan vastuksia voidaan ohjata päälle ja pois. Kellokytkin ajastetaan siten, että se ohjaa vesivaraajan vastukset päälle joka päivä siihen aikaan, kun aurinkopaneelien tuoton ennustetaan olevan parhaimmillaan. Yleisesti tämä aika on aamupäivästä iltapäivään. Lämminvesivaraajan vastukset lämmittävät vettä niin kauan, kunnes kellolla ajastettu aika on kulunut tai kunnes lämminvesivaraajan termostaatti katkaisee lämmityksen. Kuvassa 5 on esitetty Hagerin kellokytkin.



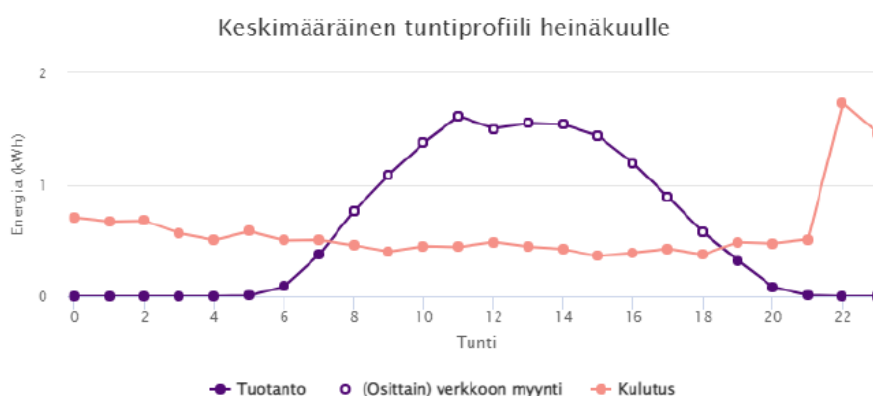
KUVA 5. Hagerin kellokytkin, jolla voidaan ohjata kuormia (SLO n.d.)

Ohjatessa kuormaa kellokytkimellä on hyvä huomioida vuodenajan vaihtelut ajastusajassa. Kesäaikana kellokytkin on varsin toimiva ohjaustapa, mutta talvella tuotetun energian määrä on kuitenkin suhteellisen pientä, joten kellokytkin kannattaa silloin joko ottaa pois käytöstä tai ajastaa käynnistyminen sähköhinnan puolesta optimaalisempaan ajankohtaan kuten esimerkiksi yöaikaan, jolloin sähkönhinta on pääsääntöisesti alhaisempi.

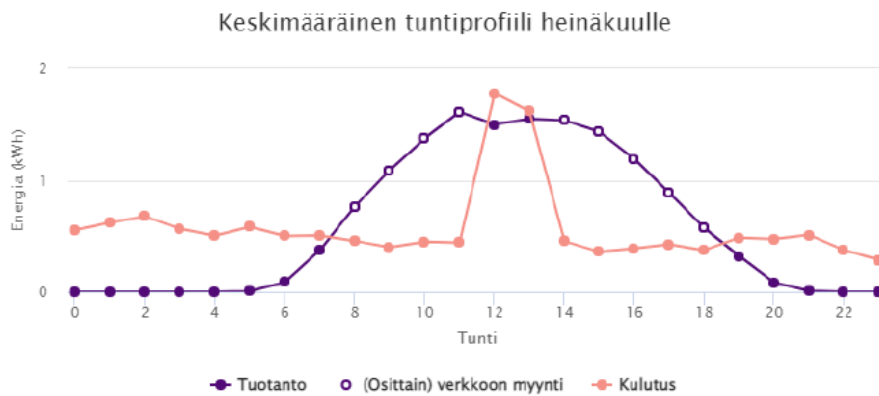
Optimaaliseen lämmitysajankohtaan vaikuttaa kuitenkin merkittävästi kohteessa oleva sähkösopimus. Jos kohteessa on yleissähkösojimus, on sähkönhinta muuttumaton ajankohdasta riippumatta, jolloin kuluttajalle on periaatteessa ihan

sama mihin vuorokauden aikaan ajastuksen asettaa. Yleissähkösopimuksen kanssa ajastusajankohta olisi ehkä kannattavampikin asettaa päiväsaikaan, jolloin aurinkopaneelien päivällä tuottama energia saadaan varmasti hyödynnettyä itse. Aikasähkösopimuksessa puolestaan sähkön kiinteä hinta on eri yöllä ja päivällä. Tyypillisesti yöaika on tässä sopimusvaihtoehdossa edullisempi, jolloin lämmitysajankohta olisi hyvä ajastaa yöaikaan. Pörssisähkösopimuksella hinta vaihtelee tunneittain ja on viime aikoina ollut hyvinkin epäsäännöllistä, jolloin optimaalista ajankohtaa on itse vaikea ennustaa. Pörssisähkön hinnat julkaistaan aina edellisenä päivänä kello 14.00. (Vattenfall n.d.). Pääsääntöisesti yöaika on edullisempaa aikaa lämmittää myös pörssisähkön kanssa, mutta jos on oikein valveutunut käyttäjä, voi lämminvesivaraajan lämmitysaikaa muuttella päivittäin edullisempaan ajankohtaan seuraamalla pörssisähkön hintaa. Tämä on toki aika työläs vaihtoehto, mutta mahdollinen toteuttaa kellokytkimellä. Pörssisähkön hinnan mukaan tapahtuvaan kuormanhallintaan on kehitelty helpompiakin automatisoituja ratkaisuja, mutta ne eivät kuulu tämän työn tutkimusalueeseen.

Vaikka kellokytkinohjauksella pystytään vähentämään verkosta ostetun sähkön määrä, ei lopputulos kuitenkaan ole parhain mahdollinen. Kuvissa 6 ja 7 on esitetty esimerkkikohteessa energian ennustettu kulutus- ja tuotantoprofiili ennen ja jälkeen kellokytkimen asennuksen.



KUVA 6. Kohteen kulutus- ja tuotantoprofiili ennen kellokytkintä



KUVA 7. Kohteen kulutus- ja tuotantoprofiili kellokytkinohjattuna.

Kuvassa 6 nähdään, että esimerkkikohteessa lämminvesivaraajan lämmitys oli ohjattu yösähköllä lähtemään päälle joka ilta klo 22.00, jolloin vastukset ottavat noin 2 kilowatin tehon verkosta. Kuvassa 7 simuloitiin tilanne, jossa lämminvesivaraaja on ohjattu kellokytkimellä lämpiämään klo 12–14, jolloin oletettavasti paneelit tuottavat parhaiten. Kuvasta huomataan, että vesivaraajan vastusten kytkeytyessä päälle, kulutus nousee hetkellisesti suuremmaksi kuin tuotanto. Tämä tarkoittaa sitä, että ylimenevä osuus joudutaan ostamaan verkosta. Kuitenkin ajastetun ajan molemmin puolin tuotetaan energiaa, joka voitaisiin hyödyntää myös lämmitykseen, mutta mitä kellokytkinohjauksella ei pystytä hyödyntämään. Lisäksi kellokytkinohjauksen merkittävin heikkous on siinä, että kellokytkin ei tunnista tuottavatko paneelit energiaa vai eivät, jolloin lämminvesivaraajan vastukset ohjautuvat päälle myös sateisena päivänä ajastettuna ajankohtana.

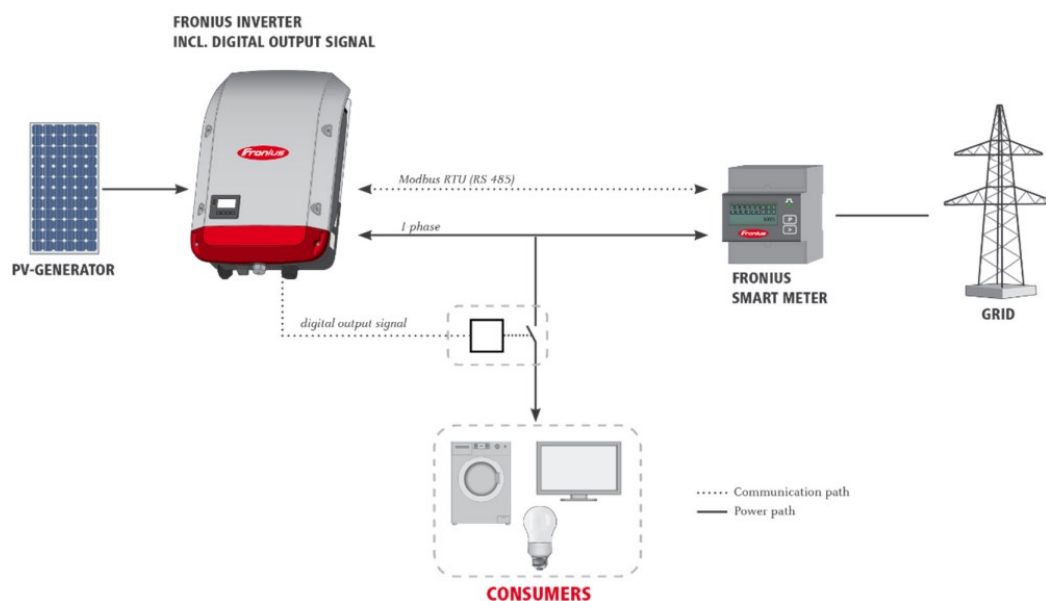
Monesti kohteessa on valmiina kontaktori, joka ohjaa lämminvesivaraajan vastuksia ja tässä tapauksessa kellokytkinohjaus voidaan asentaa jo olemassa olevan kontaktorin yhteyteen. Kellokytkinohjaus on edullinen ja helppo ratkaisu energianohjaamista varten. Keskukseen asennettavan kellokytkimen hinta on noin 60–120 € riippuen valmistajasta ja mallista. (SLO 2022). Kellokytkimen asennus on yleensä helppo ja nopea toteuttaa, erityisesti uuden malliseen johdonsuojilla varustettuun keskukseen. Asennuksen kaapeloinnista syntyvät materiaalikustannukset eivät myöskään yleensä tuo järjestelmälle juurikaan lisähintaa. Jos rakennuksessa on vanha tulppasulakkeilla oleva keskus, tarvitsee sen vieheen asentaa lisäkotelon kellokytkimelle ja kontaktorille. Lisäkotelon asennus nostaa kokonaishintaa kotelon hankintahinnan ja asennukseen kuluvan ajan vuoksi,

mutta kokonaisuudessaan kellokytkinohjauksen toteutus tässäkin tilanteessa on kohtuu edullista.

4.2 Releohjaus

Toinen helppo ja edullinen tapa paneeleilla tuotetun energian ohjaamiseen on hyödyntää monissa inverttereissä valmiina olevaa reletointia. Releen toiminta perustuu sille asetettuihin tehorajoihin. Releelle asetetaan jokin tuotannon tehoraja, jonka ylittyessä releen kärki sulkeutuu ja ohjaa esimerkiksi lämminvesivaraajan vastukset päälle. Kun aurinkopaneeleilla tuotettu energia laskee alle säädetyn raja-arvon, rele ohjaa lämminvesivaraajan vastukset pois päältä, jolloin aurinkopaneelien tuotanto hyödynnetään kodin muussa kulutuksessa. (Kukka, M. 2016.).

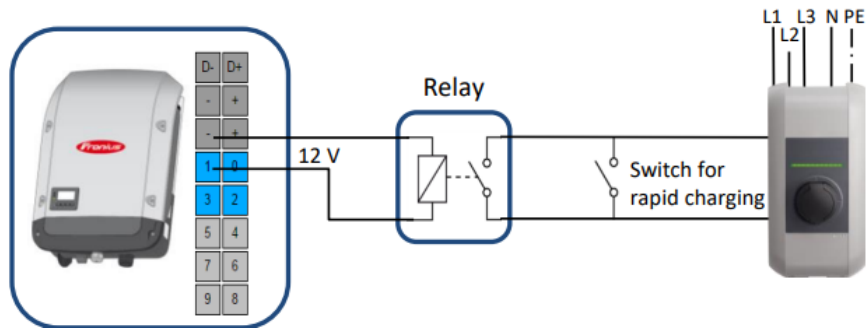
Inverttereistä Sähköpeltoniemi Oy päätyi käyttämään pääsääntöisesti Froniuksen tuotteita. Froniuksen invertteihin päädyttiin helpon asennettavuuden, sekä järjestelmän helpon muokattavuuden vuoksi. Kaikissa Froniuksen inverttereissä, joihin on asennettu Datamanager 2.0 ohjausyksikkö, on mahdollisuus hyödyntää digitaalisia ohjauslähtöjä ulkoisen releen ohjaukseen. Järjestelmään on mahdollista asentaa myös erillinen Datamanager Box 2.0. Ulkoisen releen ohjaus tapahtuu 12 V:n jännitesignaalilla, jota varten kaapelointiin tarvitaan tiedonsiirtokaapeli. Muita invertterin liityntämahdollisuuksia on Modbus RTU, Modbus TCP SunSpec, LAN/Wifi ja Fronius Solar API. Vesivaraajan vastuksia voidaan yksinkertaisesti ohjata ulkoisen releen avulla, jos aurinkopaneelien tuotanto ylittää kiinteistön muun kulutuksen. Tieto ylituotannosta saadaan Smart Meteriltä. (Fronius 2021.) Kuvassa 8 on esimerkki ulkoisen releen kytkennästä.



KUVA 8. Ulkoisen releen kytkentä (Fronius 2021.)

Kuvassa releen syöttämä kulutuskohte on yksivaiheinen, mutta kytkennän voi toteuttaa myös kolmivaiheisena. Releellä toteutetun ohjauksen kustannukset ovat samaa suuruusluokkaa, kuin kellokytkinohjauksen. Eli myös releohjaus on asiakkaalle budjettiystävällinen ratkaisu. Releohjauksessa on kuitenkin sama heikko puoli kuin kellokytkimellä ohjatessa; lämmitykseen käytettävän energian määrää ei pystytä säätämään portaattomasti tuotannon mukaan. Kuitenkin releohjauksen parempi puoli on se, että releohjauksella pystytään reagoimaan sään vaihteluihin paremmin reaaliajassa kuin kellokytkimellä. Auringon mennessä pilveen tai sateen yllättäessä aurinkopaneelijärjestelmä ei pysty tuottamaan niin paljon tehoa kuin releen rajaksi on asetettu, jolloin rele katkaisee piirin ja lämmitys keskeytyy, kunnes tuotannon määrä nousee uudestaan.

Froniuksen ulkoisen releen ohjauksella voidaan ohjata lämminvesivaraajan lisäksi myös muita kulutuskohteita, kuten esimerkiksi sähköautonlatausasemia. Fronius on tehnyt ainakin muutamalle eri latausasemalle ohjeet Datamanagerin digitaalisen liittynän hyödyntämisestä sähköautonlataamiseen. (Fronius 2019.) Kuvassa 9 on esitetty esimerkkinä Keba KeContact P30 wallbox sähköautonlatausaseman liittäminen Froniuksen invertteriin ulkoisen releen avulla.



KUVA 9. Sähköauton latausaseman kytkeminen hyödyntäen ulkoista relettä. (Fronius 2019, 9)

Käytännössä kytkennän toiminta on lähes samanlainen, kuin vesivaraajan ohjauksessa, eli kun releelle asetettu tehoraja ylittyy, invertterin digitaalilähtö aktivoi sähköauton latausasema ja latauksen voi aloittaa. Sähköauton latausaseman ohjaaminen releellä on helppo ja edullinen ratkaisu siinä vaiheessa, jos kohteessa on jo entuudestaan sähköautonlatausasema. Kuitenkin tässä tilanteessa, jos latausasema on joku muu kuin Froniuksen ohjeista löytyvä, tulee yhteensopivuudesta varmistua ennen asennusta.

4.3 Fronius Ohmpilot

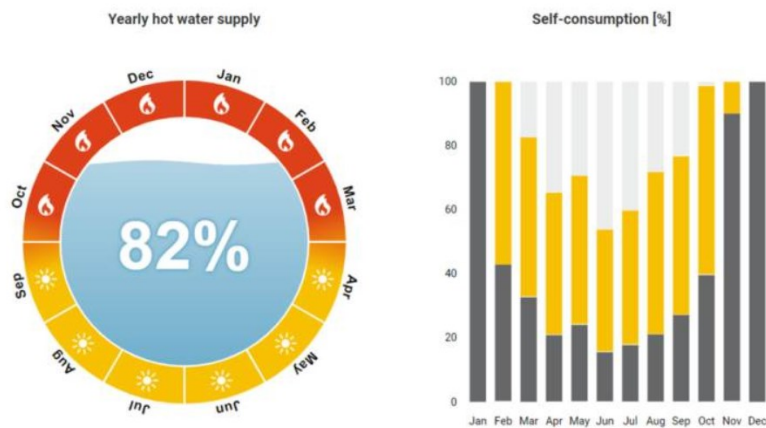
Fronius on kehittänyt myös kulutuksenohjaussäätimen: Ohmpilotin, joka on tarkoitettu lämmityselementtien ohjaukseen. Tällaisia lämmityselementtejä ovat esimerkiksi vesivaraajat ja puskurisäiliöt, mutta Ohmpilottia voidaan käyttää myös infrapunalämmitykseen ja pyyhekuivaimiin. (Fronius 2019.) Kuvassa 10 on esitetty Ohmpilot -ohjaussäädin.



KUVA 10. Fronius Ohmpilot. (Fronius 2019)

Ohmpilot on aurinkosähköjärjestelmään kytketty lisäkomponentti, jolla ylituotettu sähköenergia ohjataan portaattomasti lämminvesivaraajan vastuksille. Ohmpilotin portaaton säätö mahdollistaa energian syöttämisen kuormalle 0–9 kW välillä. Energian optimointi on näin ollen todella tarkkaa, koska tuotannon muutoksiin reagoidaan reaaliaikaisesti pienillä tehoportilla. (Fronius 2019.)

Aurinkopaneelijärjestelmän koostuessa Froniuksen laitteista, voidaan järjestelmän tuottoa ja kulutusta seurata Solar.web sovelluksen avulla. Solar.webistä on olemassa ilmainen versio, sekä maksullinen Premium versio. Ilmaisella sovelluksella pystyy tarkastelemaan laajasti aurinkojärjestelmän toimintaa. Sieltä muun muassa pystyy näkemään Ohmpilotin varastointisimulaatiota. (Fronius, n.d.). Kuvassa 11 on esitetty Ohmpilotin simulaatio omakäyttöasteesta.

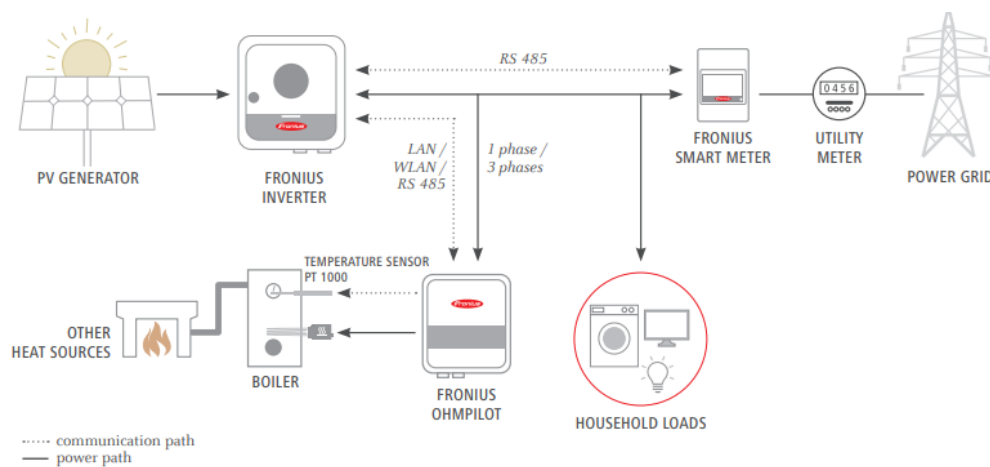


KUVA 11. Fronius Solar.web simulaatio (Fronius n.d).

Jos aurinkopaneelijärjestelmässä ei ole vielä Ohmpilottia voidaan ohjelman simulaattorilla tutkia olisiko Ohmpilotin hankinta kannattavaa ja millaisia säästöjä sillä saadaan aikaiseksi. Fronius järjestelmä yhdessä Solar.web sovelluksen kanssa antaa asiakkaalle paljon dataa järjestelmän toiminnasta ja tuotosta, sekä on varmasti mieluinen sellaisille asiakkaille, jotka ovat innostuneita seuraamaan tuotantoa. (Fronius, n.d.).

Ohmpilot asennetaan erillisenä komponenttina aurinkopaneelijärjestelmään. Jotta Ohmpilottia voidaan käyttää, tarvitsee järjestelmään lisätä myös Froniuksen kaksisuuntainen energiamittari Smart Meter, sekä Fronius Datamanager 2.0

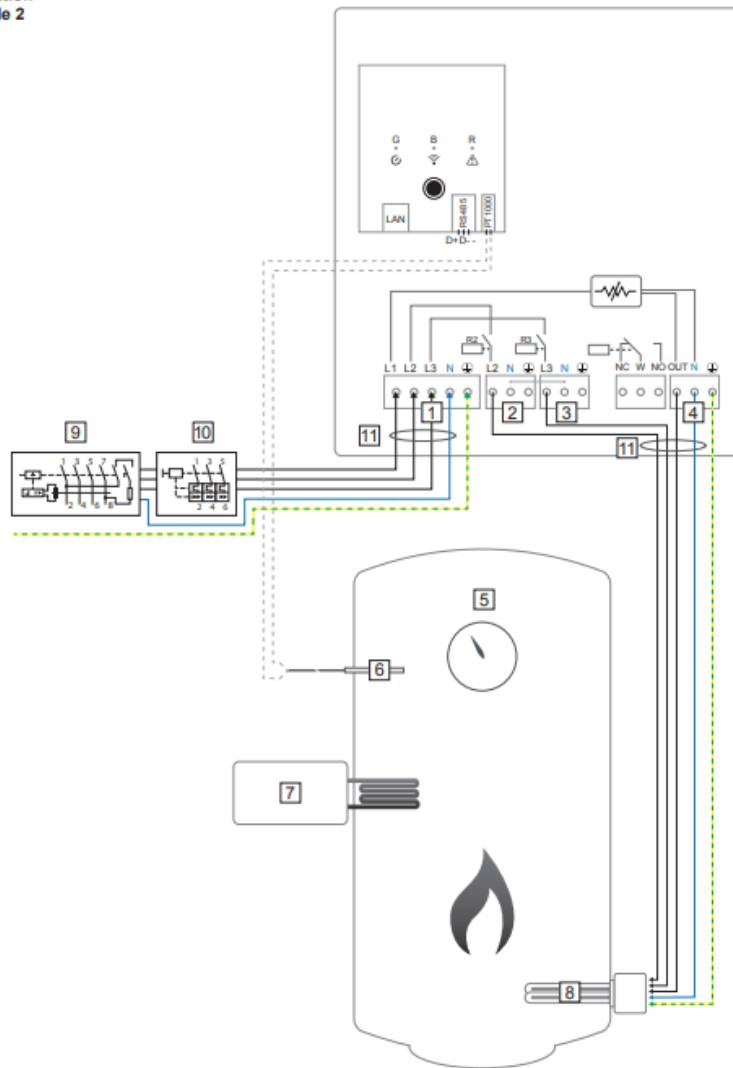
kommunikaatiokeskus. Froniuksen omista inverttereissä Datamanager on valmiina, mutta muita inverttereitä käytettäessä Datamanager tulee asentaa erikseen. (Fronius datamanager, n.d.) Smart Meter asennetaan asunnon sähkökeskukseen ja Ohmpilot voidaan asentaa invertterin tai vesivaraajan läheisyyteen. Jos paneeleilla tuotetaan enemmän energiaa, kuin kiinteistö kuluttaa, Smart Meter antaa siitä tiedon Datamanagerille. Datamanager välittää tiedon Ohmpilotille, joka kytkee siihen liitetyn kuorman päälle ja syöttää kuormaa, sillä energiamäärällä mitä sillä hetkellä on saatavissa. Datamanager ja Ohmpilot voivat kommunikoida keskenään Modbus RTU väylän, Ethernetin tai WLAN:in kautta. (Fronius 2021) Kuvassa 12 on esitetty Ohmpilotin liittyminen aurinkosähköjärjestelmään.



KUVIO 12. Ohmpilot kytkettynä aurinkopaneelijärjestelmään (Fronius 2021).

Ohmpilotin portaaton säätö toteutetaan pulssinleveysmodulaatiolla, jonka ansiosta ykkösvaiheen tehoa voidaan säädellä 0–3 kW välillä. Pulssinleveysmodulaatiolla (PDW) tarkoitetaan kuormalle menevän jännitteen pulssisuhteen muokkaamista, jossa ohjaussignaalia katkotaan päälle ja pois tietyllä taajuudella ja tämä mahdollistaa ohjattavan tehon säädön (techopedia n.d.). Kakkos- ja kolmosvaiheessa on releet, jotka ohjautuvat päälle tehon ylittäessä niille määrättyt raja-arvot. Ylituotetun tehon ollessa 0–3 kW Ohmpilot säätää ykkösvaiheen tehoa sen mukaisesti, kuinka paljon ylituotettua sähköä on käytettävissä. Tehon noustessa yli 3 kW:n, Ohmpilot kytkee kakkosvaiheen päälle ja ykkösvaiheella voidaan jatkaa tehon säätöä tuotannon mukaan 3-6kW:n välillä. Kun ylituotettu teho ylittää 6 kW, Ohmpilot kytkee myös kolmosvaiheen päälle ja ykkösvaiheella voidaan edelleen säätää tehoa 6–9 kW:n välillä. (Fronius 2019) Kuvassa 13 on esitetty kolmivaiheisen lämminvesivaraajan kytkentä.

Application
Example 2



- | | |
|---|---|
| 1 INPUT - grid supply 3x 230 V
Spring balancer 1.5 - 2.5 mm ² | 6 PT1000 temperature sensor |
| NOTE! Phase and neutral conductors must not be mixed up. Residual current-operated circuit breaker is triggered. | 7 External source (e.g. gas-fired heating) |
| 2 OUTPUT - L2 heating element | 8 Heating element (max. 9 kW) |
| 3 OUTPUT - L3 heating element | 9 Residual-current circuit breaker |
| 4 OUTPUT up to 3 kW variable, max. 13 A resistive load
Spring balancer 1.5 - 2.5 mm ² | 10 Circuit breaker max. B16A |
| 5 Hot water boiler | 11 Ferrite (included in delivery) |

KUVA 13. Ohmpilotin kytkentä kolmivaiheiseen lämminvesivaraajaan (Fronius 2019).

Ohmpilot on ohjausominaisuuksiltaan ja portaattomalta säädöltään varmasti yksi tehokkaimmista energianohjausratkaisuista. Kuitenkin Ohmpilotin ja Smart Meterin investointikustannukset ovat yhteensä noin 1300 €. (Rexel, 2022.). Lisäksi hintaa tulee vähän lisää asennusajasta ja asennukseen kuluvista tarvikkeista. Hinta on siis huomattavasti suurempi kuin releen tai kellokytkimen asentamisesta koituvat kustannukset.

4.4 GEF Kulutusohjaus

GEF-Vision on Suomessa kehitetty energianhallintapalvelu, jonka kehittäjä on Lappeenrantalainen Green Energy Finland Oy. GEF-Vision tarjoaa asiakkaalle aurinkosähkön tuotannon seuranta, kiinteistön reaaliaikaisen sähkönkulutusmittauksen, kulutuksen ohjauksen ja etäohjauksen. GEF Kulutusohjausjärjestelmä on suunniteltu erityisesti lämminvesivaraajan ohjauksiin ja sopii hyvin aurinkopaneelijärjestelmän energian ohjaukseen. GEF Kulutusohjauksen komponentit asennetaan sähkökeskukseen ja asennettavaan pakettiin kuuluu GEF-Vision alusta, virtalähde ja apurele. (Karjalainen 2022). Kuvassa 14 on esitetty GEF Kulutusohjaukseen tarvittavat komponentit.

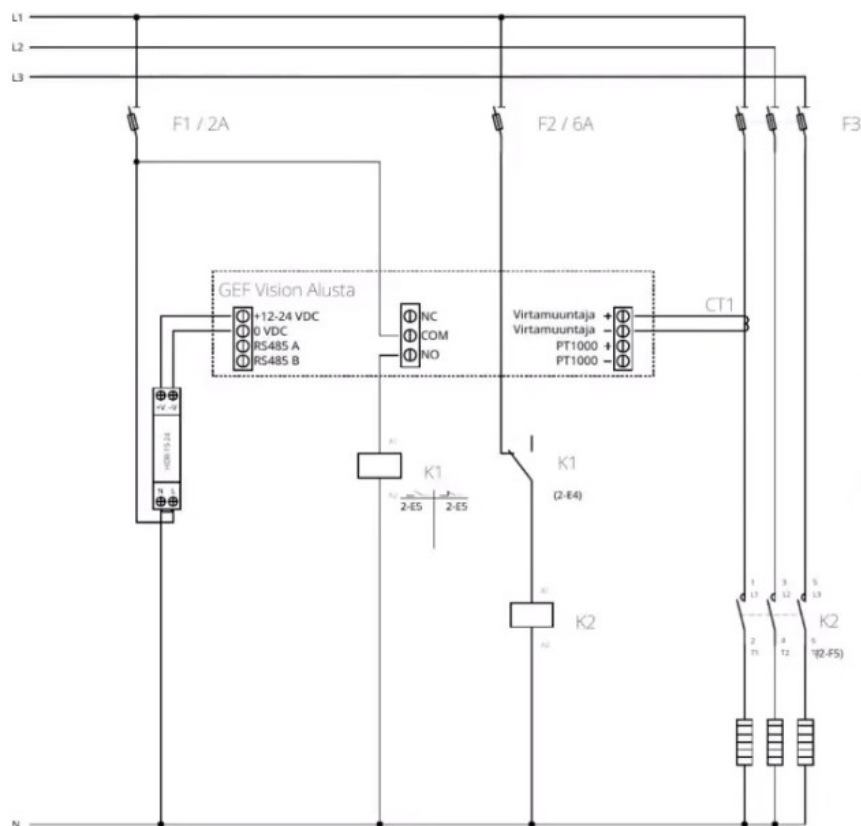


KUVA 14. GEF Kulutusohjauksen asennustarvikkeet (Karjalainen 2022)

Suurimman hyödyn GEF Kulutusohjauksesta saa, kun sen yhdistää GEF Kulutusmittauksen kanssa. GEF Kulutusohjaus saa GEF Kulutusmittaukselta reaaliaikaista tietoa myös kiinteistön sen hetkisestä muusta kulutuksesta. Jos omatuotanto ei kata sillä hetkellä olevaa kulutusta, voi GEF Kulutusohjain kytkeä ohjatun laitteen siksi aikaa pois päältä, kunnes tuotanto kasvaa tai muu kulutus pienenee.

(GEF n.d.). GEF Kulutusohjausta voidaan kuitenkin ohjata myös muilla tavoilla, kuten esimerkiksi sähkön Spot-hinnan, minimiajan ja lämpötilan mukaan. Ohjaustapoja voidaan myös yhdistellä, jotta vesivaraajan lämmittäminen olisi mahdollisimman kustannustehokasta. (Huoman & Karjalainen 2021.)

GEF Kulutusohjain on kokonaan asunnon sähkökeskukseen asennettava komponenttiyhdistelmä. GEF Kulutusohjausta varten sähkökeskukseen tarvitaan vähintään neljän moduulin verran tyhjää tilaa ja lisäksi kontaktori, mikäli sellaista ei keskuksessa ole jo valmiina. Kontaktoriksi GEF suosittelee Hager ETC325 kontaktoria. Kontaktorissa on fyysinen kytkin, jolla asiakas voi tarvittaessa ohjata kuorman päälle. Kyseisen kontaktorin hyvä ominaisuus on se, että kytkin palautuu automaattisesti alustan ohjaukseen, kun esimerkiksi lämminvesivaraaja on lämmennyt tarpeeksi. Eli kontaktori ei jää päälle -asentoon, jos asiakas ei muista kääntää sitä itse takaisin. Siinä tilanteessa kulutuksenohjauksesta ei olisi mitään hyötyä. Mutta muidenkin valmistajien kontaktorit sopivat kytkentään. Kuvassa 15 esitetty GEF Kulutusohjauksen kytkentäkuva.



KUVA 15. Kulutusohjauksen kytkentäkaavio (Huoman & Karjalainen 2021.)

GEF Kulutuksen ohjauskytkentä toteutetaan niin, että sähkönsyöttö (230 V) tuodaan virtalähteelle, josta tuodaan tasajännite GEF Alustalle. Releen K1 kela kytketään GEF Vision Alustan sulkautuvan kärjen liittimiin ja releen K1 sulkeutuva kosketin kytketään ohjaamaan kontaktorin K2 kela. GEF Kulutusohjauskytkentä on suunniteltu siten, että vikatilanteen sattuessa katkaisemalla virta sulakkeella F1, GEF Vision Alusta sammuu ja releen K1 sulkeutuvakosketin sulkeutuu, jolloin kontaktorin K2 koskettimet sulkeutuvat ja kontaktori alkaa syöttämään varaaja. Tällä varmistetaan, että lämmintä vettä on saatavilla, vaikka GEF-visioniin tulisi joku häiriö.

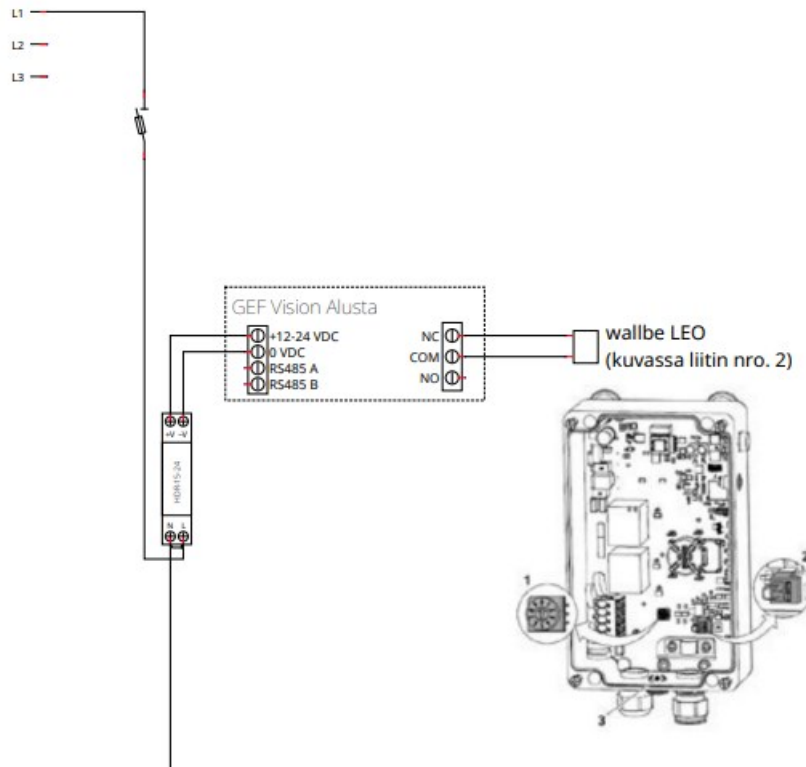
Koska koko komponenttipakka asennetaan keskukseseen, on järjestelmän kaapelointi helppo toteuttaa ja materiaalikustannukset ovat maltilliset. Tietenkin keskuksen laajennusvara ja malli voi aiheuttaa myös tässä tilanteessa lisäkustannuksia. GEF tarjoaa kuluttajille (tarjouskampanja) GEF-vision ratkaisua kolmen vuoden palvelusopimuksella hintaan 469 €. Kolmen vuoden jälkeen palvelusopimusmaksut olisivat 50 €/vuosi (GEF 2022). Kuukausittaiset tai vuosittaiset palvelumaksut ovat varmasti kynnykskysymys monille asiakkaille. Erityisesti vanhemmat ihmiset eivät ole tottuneet jatkuviin maksuihin vaan siihen, että kerralla maksetaan se mitä pitää ja sen jälkeen asia on kunnossa. Lisäksi edullisen hinnan vuoksi, kellokytkin on pahin kilpailija edistyneemmille ohjausjärjestelmille. Yksityiset henkilöt eivät ole valmiita maksamaan jostain mitä he eivät kunnolla ymmärrä, ja tämä on haaste älykkäämpien ohjausjärjestelmien kauppaamisessa. (Karjalainen 2022.). Asiakkaalla täytyy myös olla oikeasti kiinnostusta seurata omatuottoaan ja kulutusta, ja todennäköisesti olla muutenkin kiinnostunut tekniikasta ja sovelluksista, jotta hän päätyisi ostamaan näin älykkään ratkaisun.

Vaikka GEF-Vision on tarkoitettu erityisesti lämminvesivaraajan ohjauksiin, voidaan siihen liittää myös sähköauton latausasema. Green Energy Finlandilla on omassa valikoimassaan tarjolla Wallbe LEO latausasema, jonka ohjaus voidaan toteuttaa GEF-Visionin avulla samalla tavalla ja samoilla komponenteilla, kuin lämminvesivaraajan ohjaus (Kankaanpää & Karjalainen 2021). Kuvassa 16 on esitetty WallBe LEO -latausasema.



KUVA 16. WallBe LEO-latausasema (GEF, n.d.).

Wallbe LEO-latausaseman ohjaaminen GEF-Visionilla toteutetaan käytännössä releohjauksella. Wallbe LEO:n ohjaus kytketään GEF-Visionin avautuvan koskettimen liittimiin ja toinen pää latausaseman omaan kytkentäliittimeen. Latausaseman ja GEF Alustan välisessä kaapelissa jännite saa olla maksimissaan 12 VDC ja virta 30 mA. Käytännössä GEF-Vision asennetaan Wallbe LEO:n ulkoisen estokytkimen liittimiin, joka näkyy kuvassa 17 ympyrässä kaksi. Latausaseman ohjausmahdollisuudet ovat samat, kuin lämminvesivaraajalle, eli latausasemaa voidaan ohjata joko tuotetun aurinkoenergian tai sähkön SPOT-hintojen mukaan. Kytkentään on hyvä lisätä vielä kytkin, jolla voidaan tarvittaessa pakottaa sähköauton lataus päälle ja ohittaa Visionilta määrätyt ohjaukset. (Kankaanpää & Karjalainen 2021). Kuvassa 17 on esitetty Wallbe LEO-latausaseman kytkeminen GEF Vision Alustaan.



KUVA 17. Wallbe Leo-latausaseman kytkeminen GEF Vision Alustaan. (Huoman 2021, 13)

Tämän ratkaisun investointikustannukset koostuvat lähinnä latausaseman hinnasta, joka Wallbe-LEO latausasemalla on noin 726 € (alv 0 %) (Rexel 2022). Tämän lisäksi hintaan tulee asentajan työ ja kuluneet materiaalit. Latausaseman ollessa lähellä keskusta, ei materiaaleista aiheutuva maksu tule olemaan kovin suuri. Hinta-arvio laitteesta asennuksineen on vähän alle 1500 €.

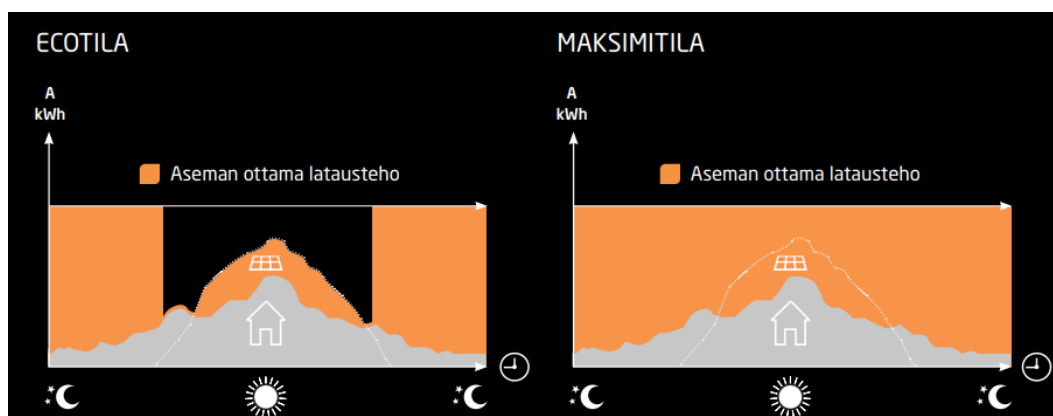
4.5 Powerdale Home

Powerdale on luonut oman ratkaisun, joka yhdistää aurinkopaneeleilla tuotetun energian sähköauton lataamiseen. Powerdale on seinälle kiinteästi asennettava latausasema ja valmistajan mukaan Powerdale sopii kaikkien sähköautojen lataamiseen. (Powerdale n.d.) Kuvassa 18 on esitetty Powerdale latausasema.



KUVA 18. Powerdale latausasema (Elparts n.d.).

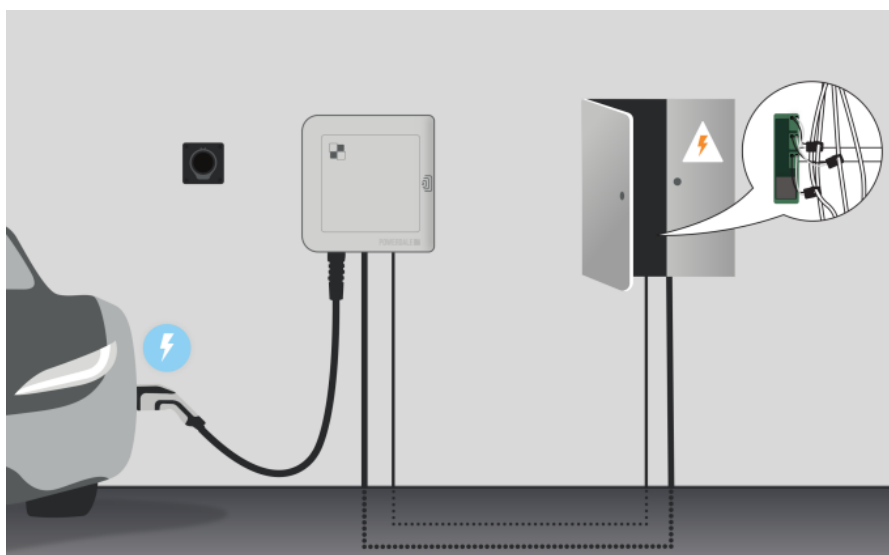
Powerdale latausasemalla on kaksi eri lataustilaa. ECO tilalla ladatessa latausasema maksimoi aurinkoenergian käytön ja säättää itse lataustehoa sen mukaan, kuinka paljon aurinkoenergiaa on tarjolla. ECO tilassa latausaseman latausteho 3-vaiheisena asennuksena on 1,4–22 kW. Maksimitilalla ladatessa latausasema ei rajoita lataustehoa itsetuotetun energian mukaan, vaan lataa auton mahdollisimman nopeasti täyteen, hyödyntäen ensin itsetuotetun energian ja tarvittaessa ottaa lopun tehon verkosta. Powerdale latausasemassa on dynaaminen kuormanhallinta, joten maksimiteholla ladatessa latausasema lataa niin suurella teholla, kuin kiinteistön muu kuormitus sallii. Kuvassa 19 on havainnollistettu lataustilojen ero.



KUVA 19. Powerdale Home lataustilojen ero (Powerdale n.d.).

Powerdale latausaseman asetuksia voidaan määritellä ja hallita Nexxtender sovelluksen avulla. Sovellus toimii tällä hetkellä vain bluetoothin välityksellä, mutta tulevan päivityksen myötä käyttöön on tulossa myös WIFI-valmius. Nexxtender sovellusta voi myös käyttää latausaseman käyttäjän tunnistamiseen. Latausaseman käyttö ei kuitenkaan vaadi sovellusta. (Powerdale n.d.).

Powerdale Home latausasema voidaan asentaa seinälle tai erilliseen pylvääseen ja latausasema voidaan asentaa yksi- tai kolmivaiheisesti. Kiinteistön sähkökeskukseen tulee asentaa vikavirtasuoja- ja johdonsuojakatkaisija. Toimitukseen kuuluu keskuksen asennettava energianmittausmoduuli, joka tulee asentaa sähkönsyötön alkupäähän. Energianmittausmoduuli asennetaan keskuksen DIN kiskoon. Energianmittaus tapahtuu kolmella energiamittausmoduuliin kuuluvalla virtamuuntajalla, jotka asennetaan käytettyihin vaiheisiin, eli kolmivaiheisena kytkettynä kaikkiin vaiheisiin tulee virtamuuntaja. Mittaustiedot siirtyvät energianmittausmoduulilta latausasemalle UTP kaapelia pitkin. (Powerdale Channel). Asennuksessa on kuitenkin huomioitava, että LAN kaapelin pituus saa olla maksimissaan 30 m (Powerdale n.d). Kuvassa 20 on esitetty Powerdale Home latausaseman kytkentä.



KUVA 20. Powerdalen kytkentä (Powerdale n.d.).

Powerdale Home latausaseman hinta on noin 950 € ja asennettuna EI-parts mainostaa asemaa hintaan 1550 € (EI-Parts 2022). Latausaseman toimituspaketin lisäksi asennukseen ei vaadita kuin latausaseman syöttökaapeli ja tietoliikennekaapeli. Asennuksen materiaalikustannukset eivät siis paljon investointihintaa

nosta, joten Powerdale Home latausasemaa pystytään tarjoamaan lähes samaan hintaan, riippuen tietenkin asennuspaikasta ja keskuksen laajennusvarasta.

4.6 Fronius Wattpilot

Wattpilot on Froniuksen kehittämä sähköauton latausratkaisu, joka edistää aurinkopaneeleilla tuotetun energian hyödyntämistä omassa kiinteistössä. Wattpilotista on olemassa kolme erilaista vaihtoehtoa. Wattpilot Home 11J on kiinteästi asennettava latausasema kotikäyttöön. Wattpilot Go 11J ja Wattpilot Go 22J latausasemat on liikuteltavia latausasemia, jotka voi ottaa matkalle mukaan ja ne voidaan kytkeä verkkovirtaan latausasemaan liitettyllä pistoliittimellä. Wattpilot Go mallien ainoa ero on latausteho. Wattpilot pystyy säätämään itse reaaliaikaisesti lataustehoaan sen mukaan, kuinka paljon ylituotettua sähköä on tarjolla. (Fronius n.d.). Kuvassa 21 on esitetty Fronius Wattpilot Go ja Fronius Wattpilot Home.

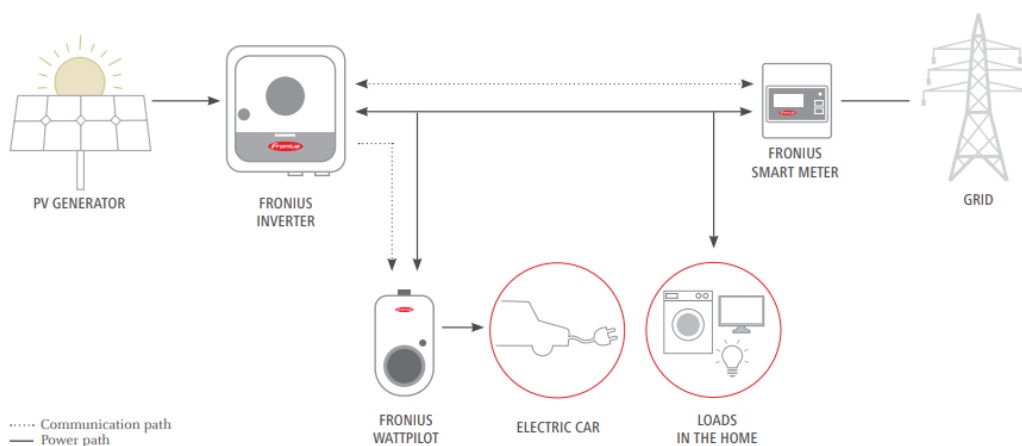


KUVA 21. Fronius Wattpilot mallit (Fronius n.d.).

Myös Wattpilotissa on kaksi eri lataustilaa. Eco Mode lataustilaa käytettäessä energia otetaan ensisijaisesti aurinkopaneelijärjestelmästä. NextTrip Mode:lla ladatessa hyödynnetään latauksessa ensisijaisesti ylijäämä sähköä ja pörssisähköä sen hinnan mukaan, kuitenkin niin, että auto on ladattuna tiettyä ajankoh-

tana. Eri lataustiloja, asetuksia ja käynnistysominaisuuksia voidaan ohjata Solar.wattpilot sovelluksella. Solar.wattpilot toimii WLAN yhteyden kautta. (Fronius n.d.).

Molemmat Wattpilot mallit voidaan asentaa seinätelineeseen. Wattpilot Go mallien sähkökytkentä onnistuu pistoliittimellä, kun taas Home malli asennetaan kiinteällä asennuksella. Fronius Wattpilot pystyy automaattisesti vaihtamaan latauskytkentää yksivaiheisesta kolmivaiheiseen, mikä mahdollistaa latauksen käynnistymisen myös pienellä latausteholla. Sähköautojen minimi latausteho on yleensä 1,38 kW. Wattpilotille on määritelty vähintään 5 minuutin latausaika, joka estää releiden jatkuvan tilanvaihdoksen aurinkoenergian määrän vaihdellessa ja näin vähentää releiden kulumista ja pidentää laitteen toimintaikää. Wattpilotin käyttö vaatii kytkennältään siihen sopivan invertterin, sekä Froniuksen Smart meterin, jolta saadaan tieto ylituotetusta aurinkoenergiasta. Kuvassa 22 on esitetty Fronius Wattpilotin kytkentäkaavio. (Fronius 2021)



KUVA 22. Fronius Wattpilotin liittyminen aurinkoenergiajärjestelmään. (Fronius 2021)

Kuvasta nähdään, että tässäkin tapauksessa tieto ylituotetusta aurinkoenergiasta kulkee invertterin ja Smart Meterin välillä Modbus RTU tiedonsiirtoväylää pitkin. Wattpilotin ja invertterin välillä tieto voi kulkea kiinteää tiedonsiirtoväylää pitkin tai jos kohteessa on WLAN, voidaan tietoa siirtää myös langattomasti. (Fronius n.d.).

Fronius Wattpilot Home 11J:n hinta on tällä hetkellä vähän reilu 1000 € (Onninen). Tässäkin Froniuksen asennuksessa vaaditaan Wattpilotin kaveriksi Smart

Meter, joten komponenttien yhteishinta on noin 1300–1400 €. Tarvikkeiden lisäksi hintaa nostaa asennukseen kuluva aika ja mahdollisesti asennuksessa tarvittavat kaapelit, johdonsuoja ja vikavirtasuoja.

Fronius Wattpilot, Powerdale ja Wallbe LEO latausasemat ovat kokonaishinnaltaan siis samassa hintaluokassa ja niiden ominaisuudetkin ovat lähellä toisiaan. Tällä hetkellä Wattpilotin etuna on sen langaton ohjailtavuus, mikä on vasta tuossa Powerdalelle. Powerdale latausasema puolestaan pystyy huomioimaan latauksessaan tällä hetkellä jo pörssisähkön hinnanvaihtelut, mikä Fronius Wattpilotilla on mahdollista vasta Saksassa ja Itävallassa, mutta ominaisuutta ollaan tulevaisuudessa laajentamassa, myös muihin maihin. Wallbe LEO latausasema puolestaan on yhdistettävissä GEF-Visioniin, joka kokonaisuudessaan yhdistää kiinteistön energianhallintaa. Siihen mitä latausratkaisua asiakkaalle ehdotetaan, vaikuttaa eniten asiakaskohde ja tietysti asiakkaan toiveet.

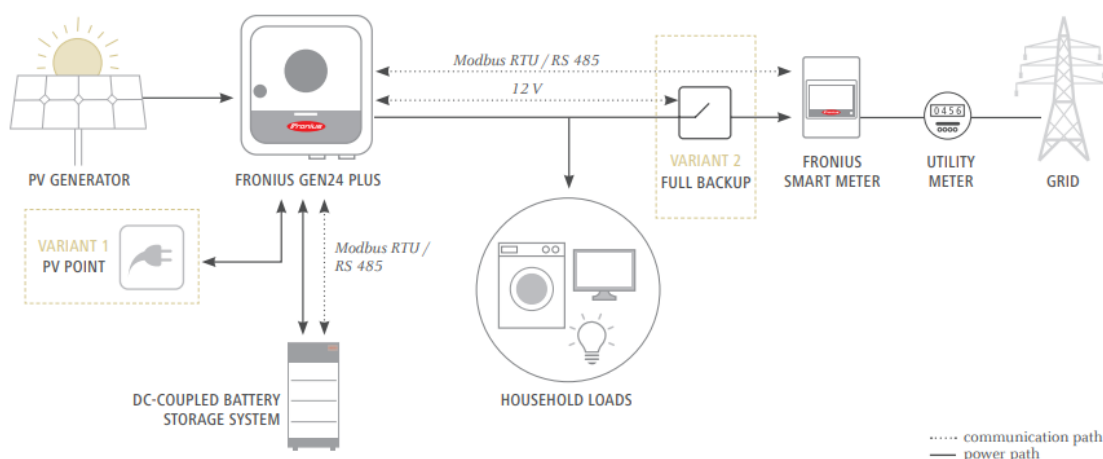
4.7 Akustojärjestelmä

Jotta energiaa voidaan varastoida akustoon, vaati se omanlaisen invertterin. Akustokäyttöön tarkoitettuja invertterejä löytyy monilta valmistajilta, kuten esimerkiksi Fronius, Huawei ja Growatt. Heillä on myös tarjolla inverttereihin sopivat akustot. Kuvassa 23 on esitetty Froniuksen GEN24 Plus hybridi-invertteri ja BYD Battery-Box akusto.



KUVA 23. Froniuksen akustoratkaisu (Flinkenberg n.d.).

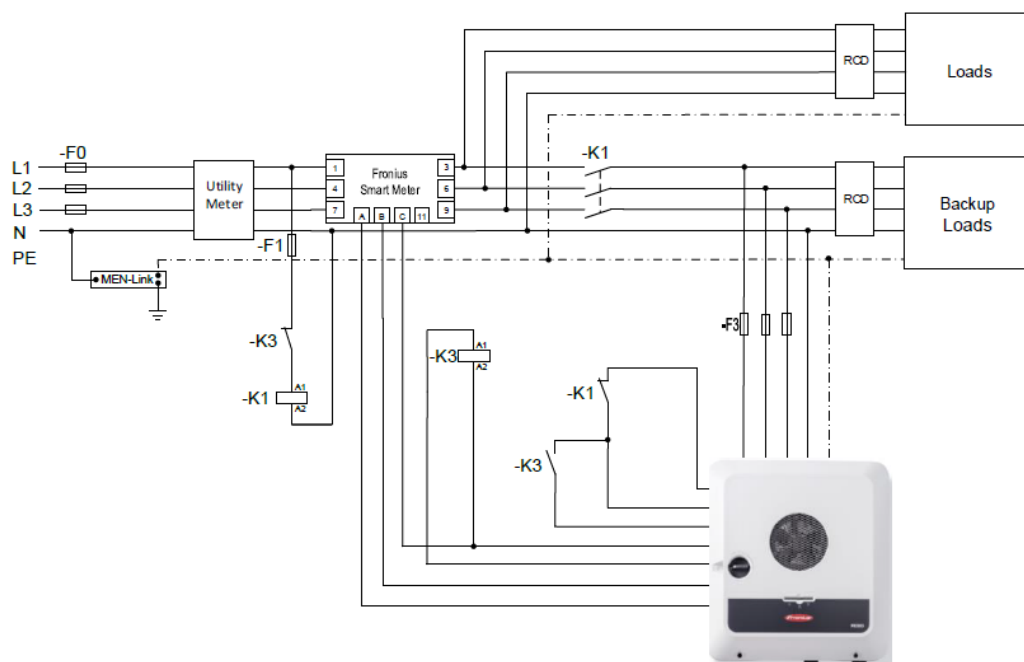
Multi-Flow teknologian ansiosta Fronius GEN24 Plus hybridi-invertteri pystyy hallitsemaan energiavirtoja kaikkiin suuntiin, mikä mahdollistaa akustonlataamisen ja kulutuskäytön yhdenaikaisuuden. Invertteri saa tässäkin tapauksessa tiedon ylituotetusta aurinkoenergiasta Smart Meteriltä ja invertterin hallintasovelluksella pystyy määrittelemään tärkeysjärjestyksen, mihin ylituotettua energiaa halutaan ohjata. Fronius GEN24 Plus invertterissä on neljä digitaalista lähtöä, joihin voi liittää eri laitteita lämmitystarpeista sähköauton lataukseen. Hallinta sovelluksella voi esimerkiksi määrittää, että ylituotettu energia hyödynnetään ensimmäisenä akkujen lataamistarkoitukseen, toiseksi sähköautonlataamista varten ja kolmanneksi vesivaraajan lämmittämistä varten. (Fronius Solar Energy 2020). Kuvassa 24 on esitetty Fronius GEN24 Plus invertterillä toteutettu aurinkopaneelijärjestelmä.



KUVA 24. Fronius GEN24 Plus invertterillä varustettu aurinkopaneelijärjestelmä. (Fronius 2022, 3)

Kuvasta nähdään myös, että GEN24 Plus invertteri ja akusto mahdollistetaan sähkönsyötön myös sähkökatkos tilanteissa. Varasähkönsyöttö voidaan taata kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa PV Point, mahdollistaa kodin yksivaiheisten kuormien käyttämisen maksimissaan 3 kW:n teholla. GEN24 Plus invertterissä on neljä paikkavarausta, josta PV Point pisteen syötön voi ottaa. Käytännössä PV Point on siis suoraan invertteristä syötettävä pistorasia, jonka sähkönsyöttö käynnistyy vain siinä tilanteessa, että verkosta ei saada sähköä. Päälle kytkeytyminen tapahtuu automaattisesti samoin, kuin pois kytkeytyminen. Huomioitavaa on kuitenkin se, että pistorasia, joka asennetaan PV Point pisteeksi, täytyy olla vikavirtasuojalla varustettu pistorasia. (Fronius 2020)

Full-Backup-vaihtoehto mahdollistaa myös kolmivaiheisten kuormien käyttämisen sähkökatkoksen aikana. Sähkökatkoksen alkeassa GEN24 Plus invertteri irrottaa rakennuksen sähköverkosta kontaktorin avulla ja pitää sen irtikytkettynä siihen asti, kunnes sähkökatkos on korjattu. Tieto sähkökatkoksesta ja sähköjen palautumisesta tulee invertterille Smart Meteriltä. Kuvassa 25 on esitetty esimerkkikytkentä Full-Backup-vaihtoehdon toteuttamiseksi.



KUVA 25. Full-Backup kytkentä. (Fronius 2020)

Tilanteen olleessa normaali, ei sähköä saada verkosta, olisi kuvassa näkyvän kontaktorin K1 koskettimet kiinni ja kiinteistön kaikki kuormat saavat sähköä verkosta tai invertteriltä. Sähkökatkotilanteessa K1 kontaktorin kelan sähkönsyöttö katkeaa ja se avaa automaattisesti kontaktorin K1 sulkeutuvat koskettimet, irrottaen verkosta sen järjestelmän osuuden, joka on kytketty varavoimajärjestelmään. Kontaktorin K1 avautuva kosketin on tässä tilanteessa kiinni. Varavoimajärjestelmän lähtiessä päälle varatehoreleen K3 kelan läpi kulkee virta ja se aukeaa K3 avautuvan koskettimen ja irrottaa kontaktorin K1 kelan verkosta. Myös releen K3 sulkeutuva takaisinkytkentäkosketin on tässä tilanteessa kiinni ja varmistaa, että järjestelmä ei kytkeydy sähköverkon rinnalle sähköjen palautuessa. Kun sähkökatkoksen loputtua, releen K3 sulkeutuva takaisinkytkentärele aukeaa ja avautuva kosketin sulkeutuu, jolloin kontaktorin K1 kela saa virtaa ja ohjaa K1

sulkeutuvat koskettimet kiinni. Aurinkopaneeleista ja siihen liitettävistä varavoi-
matoiminnoista on oltava yhteydessä sähkönsiirtoyhtiöön ja heiltä on varmistet-
tava, miten kytkentä tulee toteuttaa, jotta voidaan taata sähköverkolla toimivien
asentajien turvallisuus.

Akustojärjestelmät ovat vielä suhteellisen haasteellisia myydä hintansa ja kovaa
vauhtia kehittyvän teknologian vuoksi. Pelkästään BYD B-Box Premium HVS 5.1
akkujärjestelmän, jonka kapasiteetti on 5,12 kWh, hinta kuluttajalle on noin 5000
€ ja Froniuksen GEN24 Plus invertteri noin 3500 €. Tällä hetkellä akkuja ei oteta
aktiiviseen myyntiin ja markkinointiin, mutta asiakkaan kysyessä akkujärjestel-
mää, voidaan hänelle tarjota kyseistä järjestelmää ja toki jos asiakas ei ole kiin-
nostunut hybridi-invertteristä, voidaan tilalle katsoa edullisempi malli.

Kotiakkujärjestelmät tulevat varmasti yleistymään lähitulevaisuudessa ja kehitty-
mään tulevaisuudessa, joten niitä täytyy seurata tarkasti. Markkinoilla on jo nyt
tarjolla paljon erilaisia malleja, mutta niiden kanssa täytyy kiinnittää erityistä hu-
omioita invertterin ja akuston yhteensopivuuksiin. Akkujärjestelmät ovat varmasti
alue, johon täytyy tulevaisuudessa kiinnittää enemmän huomioita. Green Energy
Finlandin valikoimassa on jo tällä hetkellä Growatt:in inverttereitä ja tarjolle on
lähiaikoina tulossa myös Growatt:in akustot (Karjalainen 2022). Akkujärjestel-
mien laajempaa myyntiä voidaan harkita sen jälkeen, kun nähdään mikä järjes-
telmän hinta on ja voidaan olla varmoja niiden saatavuudesta.

5 POHDINTA

Opinnäytetyössä perehdyttiin pienkiinteistön erilaisiin ohjattaviin kuormiin, joihin ylituotettua aurinkoenergiaa voisi hyödyntää ja lisäksi tarkoituksena oli löytää erilaisia ohjausratkaisuja, joilla energianohjaus voitaisiin toteuttaa. Energian ohjauksella pyritään parantamaan kiinteistön omavaraisuutta, sekä parantamaan aurinkopaneelien kannattavuutta kuluttajan näkökulmasta. Aurinkopaneelien kysynnän kasvaessa, myös erilaisten ohjausratkaisuiden tarve tulee kasvamaan lähitulevaisuudessa.

Tähän opinnäytetyöhön kerätyt ratkaisut ovat sellaisia, jotka painottuvat Froniuksen tuotteisiin, koska Froniuksella on omassa valikoimassaan paljon erilaisia laitteita energianohjaamiseen ja niiden tiedetään olevan yhteensopivia keskenään. Koska lopullinen päätös yrityksen toimenkuvan laajenemisesta tehtiin opinnäytetyön aikana, tarvittiin tarjolle nopeasti jotain energianohjausratkaisuita. Kun kokemusta aurinkopaneelijärjestelmistä karttuu, voidaan yrityksen valikoimaa laajentaa, jos se nähdään tarpeelliseksi.

Opinnäytetyön lopputuloksena löydettiin Sähköpeltoniemi Oy:n valikoimaan sellaisia ohjausratkaisuita, joita pystyttäisiin tarjoamaan asiakkaille heti, eli laitteiden saatavuus ja järjestelmien yhteensovittaminen oli tärkein tavoite. Toki tämän hetkinen maailmantilanne vaikuttaa monella tapaa tuotteiden saatavuuteen, mutta tilanne menee toivottavasti pian ohi. Tässä opinnäytetyössä tutkitut laitteet kuitenkin löytyvät tukkureiden valikoimista tällä hetkellä, joten ne ovat heti tilattavissa. Lisäksi opinnäytetyössä perehdyttiin laitteiden asennukseen ja laitteiden liittämistä keskenään, joten myös asennustyöt on helpompi aloittaa. Kokonaisuudessaan voidaan todeta, että opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin.

Seuraavaksi yrityksen olisi hyvä ottaa selvää siitä, kuinka paljon asiakkaat hyöttyisivät energianohjausratkaisusta taloudellisesti. Tämä helpottaisi energianohjausratkaisuiden myyntiä, koska yleensä kuluttajan ensimmäinen kysymys on mitä se maksaa ja heti sen perään kysytään paljonko sillä voi säästää rahaa. Tällaista tutkimusta varten olisi hyvä löytää joku esimerkkikohte, josta energian

kulutuksia voitaisiin vertailla ennen ja jälkeen energianohjausjärjestelmän asentamista.

Yrityksen on hyvä myös jatkaa tiedon keräämistä erilaisista ohjausratkaisuista ja niiden toimivuudesta käytännössä. Aurinkopaneelijärjestelmät ja aurinkoenergia-ala on koko ajan kehittyvä toimiala ja uusia energianohjausratkaisuitakin tulee markkinoille koko ajan lisää, joten markkinoita tarvitsee seurata aktiivisesti.

LÄHTEET

Aurinkopaneelikauppa, 2022. Fronius Watterpilot home 11j sähköauton laturi. Luettu 19.3.2022. <https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/Fronius-Watterpilot-saehkoe-auton-laturi>

Autoalan tiedotuskeskus, 2022. Sähköautojen määrän kehitys. Luettu 19.3.2022. https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maa-ran_kehitys

Elparts, n.d. Latausasema Powerdale home. Luettu 13.3.2022 <https://shop.elparts.fi/m=prdc&a=product&or-derby=&id=S3408701&idp=3&n=powerdale&class=>

Energiamaailma. n.d. Sähköä ja kaukolämpöä tuotetaan monin tavoin. Luettu 4.2.2022. <https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto/>

etn, 2021. Sähköautojen akuille pitää löytää uusiokäyttöä. Luettu 19.3.2022. <https://etn.fi/index.php/tekniset-artikkelit/11623-sahkoautojen-akuille-pitaa-lo-yytaa-uusiokayttoa>

Euroopan parlamentti, 2021. Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä? Luettu 18.3.2022. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tar-koittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-mennessa>

European Commission, 2022. PVGIS. Luettu 15.3.2022. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

Flinkenberg, n.d. Byd Battery Box Premium HVS -akusto. Luettu 5.4.2022. <https://www.flinkenberg.fi/energy/byd/>

Fronius, 2020. Application Guide-Commissioning Backup Power on Fronius GEN24 Plus inverters. PDF tiedosto. Luettu 21.4.2022. Ladattavissa <https://www.fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/downloads>

Fronius, 2020. Application Guide-PV Point Fronius GEN24 Plus Series. Luettu 21.4.2022. https://frq.fi/app/uploads/2021/03/SE_WP_Fro-nius_GEN24_Plus_PV_Point_EN.pdf

Fronius 2022. Battery storage solution. Luettu 5.4.2022. <https://www.fro-nius.com/en/solar-energy/installers-partners/products-solutions/residential-energy-solutions/gen24plus-inverter-with-flexible-backup-power>

Fronius, n.d. E-mobility solution. PDF tiedosto. Luettu 19.4.2022. Ladattavissa. <https://www.fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/technical-data/all-products/solutions/fronius-watterpilot/fronius-watterpilot/watterpilot-home-11-j>

Fronius, n.d. Energian hallintaratkaisut 2021. Luettu 18.4.2022. Ladattavissa <https://www.fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/downloads>

Fronius, 2019. Fronius Ohmpilot. Luettu 10.2.2022. PDF-tiedosto. Ladattavissa <https://www.fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/products-solutions/residential-energy-solutions/ohmpilot-hot-water-with-solar-power>

Fronius, n.d. Fronius Solar.web. Luettu 28.3.2022. <https://www.fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/products-solutions/monitoring-digital-tools/pv-system-monitoring-solarweb>

Fronius Solar Energy, 2020. Webinar: Intelligent energy control with GEN24 Plus. Youtube video. Katsottu 19.4.2022. https://www.youtube.com/watch?v=I7VDRRG0_I

Fronius 2021. Thermal Solution. Luettu 18.4.2022. PDF tiedosto. Ladattavissa <https://www.fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/products-solutions/residential-energy-solutions/ohmpilot-hot-water-with-solar-power>

Fronius, n.d. Fronius Wattlepilot. Luettu 25.3.2022. <https://www.fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/technical-data/all-products/solutions/fronius-wattlepilot/fronius-wattlepilot/wattlepilot-go-22-j>

Fronius 2021. Fronius Wattlepilot Go 11/22 J. Fronius Wattlepilot Home 11 J. Operating instructions. PDF tiedosto. Luettu 19.4.2022. Ladattavissa <https://www.fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/technical-data/all-products/solutions/fronius-wattlepilot/fronius-wattlepilot/wattlepilot-home-11-j>

GEF, 2022. Kampanjatarjous. Luettu 19.3.2022. <https://www.gef.fi/kampanja/>

GEF, n.d. Kulutusohjaus. Luettu 4.4.2022. <https://www.gef.fi/gef-vision/>

GEF, n.d. WallBe LEO -latausasema. Luettu 4.4.2022. <https://www.gef.fi/aurinkopaneelit-tuotteet/>

Haanperä, O., Hakko, H., Hietaniemi, T. & Tynkkynen, O. 2022. Energiakriisin kynnyksellä – mitä voimme oppia menneestä? Sitra julkaisu 2022. Luettu 12.4.2022. <https://www.sitra.fi/julkaisut/energiakriisin-kynnyksella-mita-voimme-oppia-menneesta/>

Helen, 2022. Kiinteähintainen sähkö- ekologinen vesisähkösopimus. Luettu 22.4.2022. <https://www.helen.fi/sahko/sahkosopimus/kiinteahintainen>

Helen, n.d. Virtuaaliakku. Luettu 20.3.2022. <https://www.helen.fi/aurinkopaneelit/sahko-varastointi/virtuaaliakku>

Huoman, K & Karjalainen, K. GEF Vision Käyttöönotto. GreenEnergy Finland webinaari. Youtube video. Katsottu 17.4.2022. <https://www.youtube.com/watch?v=CM6X3QJk6EE>

Huoman, K & Naukkarinen T. 2021. GEF Kulutusohjauksen kytkentä wallbe LEO-latausasemaan. PDF tiedosto. Jälleenmyyjien materiaalit. Luettu 21.4.2022

Järvi-Suomen Energia 2021. Uusi netotusmalli tekee aurinkosähkön pientuotannosta nykyistä kannattavampaa. Luettu 12.4.2022. <https://www.jseoy.fi/ajankoh-taista/uusi-netotusmalli-tekee-aurinkosahkon-pientuotannosta-nykyista-kannat-tavampaa/#3f11a970>

Kankaanpää, A & Karjalainen, K. GEF Wallbe Sähköauton latausasemat. We-binaari. Vaati oikeudet, vain jälleenmyyjille. Katsottu 5.5.2022.

Kotimaan Energia 2022. Sähkön spot-hinta-mikä se on ja mihin se vaikuttaa? Luettu 12.4.2022. <https://www.kotimaanenergia.fi/artikkelit/sahkon-spot-hinta-mika-se-on-ja-mihin-se-vaikuttaa>

Kukka, M. Aurinkosähköjärjestelmän laitteet (osa 2), 12.10.2016. Kestävät ener-giaratkaisut. Uutta avointa energiaa-hanke 2016. DIGMA- Avoin oppimisympä-ristö. Youtube video. Katsottu 10.2.2022 <https://www.you-tube.com/watch?v=CtJ3ZldMCZO>

Lappeenrannan yliopisto, 2019. Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa. Lu-ettu 4.2.2022. https://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurin-koenergia-ja-aurinkosahko-suomessa

Lumme Energia. Sähkön hintakatsaus 3.5.2022. Luettu 5.5.2022. <https://www.lumme-energia.fi/sahkon-hintakatsaus>

Motiva, 2021. Aurinkosäteilyn määrä Suomessa. Luettu 4.2.2022. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurin-kosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Motiva, 2020. Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä. Luettu 21.3.2022. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumppu-teknologiat/ilmalampopumppu_tukilammityslahteena

Motiva, 2022. Ylijäämänsähkön myynti. Luettu 21.3.2022. https://www.mo-tiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestel-man_kaytto/ylijaamasahkon_myynti

Omavoima, n.d. Oma Mikrotuotanto. Luettu 22.4.2022. <https://omavoima.fi/au-rinkovoima-aurinkosahkojarjestelmat/oma-mikrotuotanto>

Omavoima, n.d. Pörssisähkön kuukausihintat. Luettu 16.4.2022. <https://oma-voima.fi/spot-sahkon-hintahistoria>

Onninen 2022. PV latausasema Fronius Wattpilot Home 11J. Vaaditaan tunnuk-set. Luettu 19.4.2022. <https://www.onninen.fi/fronius-pv-latausasema-fronius-wattpilot-home-11j/p/CNK001>

Powerdale Chanell, 1.12.2020. Home – Installation Video EN. Youtube video. Katsottu 19.4.2022. https://www.youtube.com/watch?v=xx2nom_dKik&t=487s

Powerdale, n.d. Home Nexxtentender solution. Product sheet. Luettu 21.3.2022. <https://www.powerdale.com/en/product/home>

Powerdale, n.d. Installer Manual. Luettu 19.4.2022. https://www.powerdale.com/sites/default/files/2021-07/Home_Manual%20Installer%20T2_20213006_PT_EN.pdf

Rexel, 2022. Verkkokauppa. WallBe-Leo 11kW type, sähköauton latausasema. Luettu 21.3.2022. <https://eshop.rexel.fi/product?catalogid=2&storeid=0&id=3405700>

SahkoTK, 2022. Pörssisähkön spot hinta Suomessa. Luettu 17.3.2022. <https://sahko.tk/>

SLO, 2022. Hager kellokytkin. Verkkokauppa. Luettu 19.3.2022. <https://verkko-kauppa.slo.fi/fi/kellokytkin-eg103b-vko-1vk-16a-230vac-var-2613022>

ST-käsikirja 40: 2021. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. PDF-tiedosto. Espoo: Sähköinfo Oy. Luettu 16.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/6682?search=aurinko>

Sulpu ry. Suomen lämpöpumpputilastot-vuosi 2021. Luettu 21.3.2022. <https://www.sulpu.fi/wp-content/uploads/2022/01/SULPU-lampopumpputilasto-2021-kuvaajat.pdf>

Sulpu, 2022. Lämmitys sähköistyy. Lämpöpumppujen myynti kasvoi 25 prosenttia. Luettu 4.4.2022. <https://www.sulpu.fi/lammitys-sahkoistyy-lampopumppujen-myynti-kasvoi-25-prosenttia/>

Tanskanen, J. 2021. Entistä useampi suomalainen tekee rahaa täysin uudella tavalla - aurinkopaneelien kysyntä on räjähtänyt, niin ettei tuotanto pysy perässä. Yle uutiset. Luettu 3.2.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-12042996>

Tesla, 2019. Impact Report 2019. Luettu 19.3.2022. https://www.tesla.com/ns_videos/2019-tesla-impact-report.pdf

Techopedia, n.d. Pulse Width Modulation (PWM). Luettu 5.5.2022. <https://www.techopedia.com/definition/9034/pulse-width-modulation-pwm>

Toshiba, n.d. Ilmalämpöpumpun sähkönkulutus – kuinka paljon lämmittäminen ja viilentämien maksaa? Luettu 16.4.2022. <https://www.toshibasuomi.fi/ilmalampopumpun-sahkonkulutus-kuinka-paljon-lammittaminen-ja-viilentaminen-maksaa/>

Vattenfall, n.d. Sähkön ABC – ymmärrä sähkötermistö. Luettu 14.4.2022. <https://www.vattenfall.fi/fokuksessa/sahkonkulutus/sahkon-abc/>