

# Sähköenergian mittauskäytännön vaikutukset kotitalouksissa

Jeremias Koivunen

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

KOIVUNEN, JEREMIAS:  
Sähköenergian mittauskäytäntöjen vaikutukset kotitalouksissa

Opinnäytetyö 32 sivua  
Toukokuu 2024

---

Sähkömarkkinoiden muutos osana uusiutuvien energialähteiden energiamurrosta aiheuttaa muutoksia kotitalouksien sähkönkulutuksen mittauksessa ja voi luoda käyttäjälle tarpeita ohjata sähköisiä kuormiaan markkinasignaalien mukaan. Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää keinoja, joilla kiinteistönomistaja, sähkösuunnittelija tai urakoitsija voisi positiivisesti vaikuttaa kotitalouden sähkönkulutukseen hyödyntämällä jokaiseen kotiin asennetuilta sähkömittareilta saatavaa mittaustietoa kuormanohjauksessa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi selostus keskeisistä sähkömittareiden ja ohjattavien kuormien ominaisuuksista osana automaatiojärjestelmillä toteutettavaa kuormanhallintaa. Työssä havainnollistetaan myös sähkölaitteiden tarpeita automaatiojärjestelmiin integroimisessa ja ohjausten luomisessa.

Tulokset osoittivat, että sähkömittareiden mittaustiedon hyödyntäminen kotitalouksien sähköisten kuormien ohjaamisessa on mahdollista. Siihen liittyy kuitenkin huomattavasti vaivaa ja taloudellisia kustannuksia. Työssä havaittiin, että markkinaperusteiselle jatkotutkimukselle on tarvetta.

## **ABSTRACT**

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

KOIVUNEN JEREMIAS:  
Effects of Electrical Energy Measurement Practices in Households

Bachelor's thesis 32 pages  
May 2024

---

The change in the electricity market as part of the energy breakthrough of renewable energy sources causes changes in the measurement of household electricity consumption and may create needs for the user to control their electrical loads depending on different market signals. The aim of the thesis was to find out ways in which the homeowner, electrical designer or contractor could beneficially influence the power consumption of a household by utilising the data gathered with electricity meters which are installed in every home.

The result of this thesis was an outline of relevant electricity meter features as part of a household's automation services to perform energy management tasks. The thesis also provides information on relevant electric equipment & surface level guidance on plausible profiles that the reader could create for their electrical loads.

The results showed that the information available from electricity meters could be used to control electrical loads. However, doing so may require noticeable effort and monetary investment. It can be concluded that there is a need for further research on the subject area, especially from the viewpoint of relevant market factors.

---

Key words: electricity meter, demand response, load management

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	KUORMANHALLINTA .....	6
	2.1. Kysynnänjouston tarve .....	6
	2.2. Sähkömittarit ja tiedonsiirto .....	10
3	KUORMANHALLINNAN KEINOT .....	14
	3.1. Asiakasrajapinta .....	15
	3.2. Sovellukset ja kuormat .....	20
	3.2.1 Sovellukset .....	21
	3.2.2 Sähköauton latauspisteet .....	22
	3.2.3 Lämminvesivaraaja.....	23
	3.2.4 Ilmalämpöpumput .....	24
	3.2.5 Wifi-pistorasiat & lisälämmönlähteet.....	24
4	TULOKSET JA POHDINTA .....	27
	LÄHTEET .....	29

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on selvittää kotitalouksien sähköenergian mittaus-tietoon perustuvan kuormanhallinnan mahdollisuuksia, sekä tuoda lukijalle tietoa kuormanhallinnan toteutuskeinoista, sekä kuormanhallintaan liittyvien järjestelmien ominaisuuksista.

Kuluttajan näkökulmasta kuormanhallintakeinoin toteutetulla kysyntäjoustolla tavoitellaan sähköisten kuormien kytkemistä päälle edullisimmalla mahdollisella hetkellä, sekä kuormien päältä kytkemistä epäedullisella hetkellä, mikä parantaisi esimerkiksi pörssisähkösopimuksessa olevien kotitalouksien sähkösopimuksen kannattavuutta.

Aurinkopaneelit ja muu sähköän pientuotanto yleistyvät kotitalouksissa, mutta niiden taloudellista kannattavuutta arvioidessa tulee huomioida monta asiaa, kuten huoltovälit, järjestelmän elinikä, tuotetun sähköenergian määrä, pientuotannon omakäyttöaste, sähköän myyntikate, järjestelmän rahoitus ja sähkömarkkinoiden tilanne tulevaisuudessa. Oikein toteutettuna kuormanhallintajärjestelmät parantavat aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta ohjaamalla kuormia tuotantoa vastaavalle hetkelle.

Ilmalämpöpumput, lämminvesivaraajat, sähköauton latauspisteet & maalämpöpumput yleistyvät kotitalouksissa. Näiden suuritehoisten ja pitkien käyttöaikojen kuormien ohjaus kalliilta hetkiltä halvoille vaikuttavat potentiaalisimmilta säästökohteilta, kunhan ohjaus saadaan toteutettua siten että laitteiden käyttötarkoitus, kuten riittävän latauksen tai lämmityksen ja jäähdytyksen määrä ei vaarannu.

## 2 KUORMANHALLINTA

### 2.1 Kysynnänjouston tarve

Sähkölukemien luentaa muutetaan tunnin tarkastelujaksosta vartin tarkastelujaksoiksi tuotannon ja kysynnän tasapainottamiseksi, sillä tuuli-, vesi ja aurinkovoiman tuotannon ennustaminen on vaikeaa. Suurelle osalle kuluttajista muutos tarkoittaa sähkömittareiden vaihtoa kiinteistössä. (Termonen 2023)



KUVA 1. Landis+Gyr E360 sähkömittari kotitalouksille (Landis+Gyr).

E360 on uuden sukupolven sähkömittari, joka mahdollistaa vartin mittausjakson ja käyttäjän reaaliaikaisen mittaustiedon käytön sähkönkulutuksen optimoimiseen.

Vartin mittausjakso tarkoittaa myös, että sähkön hinta voi muuttua vartin välein sopimustyyppistä riippuen.

*“Sähköntuottajille ja -kuluttajille siirtyminen 15 minuutin taseselvitykseen ja kaupankäyntiin on muutos kohti markkinamallia, joka kannustaa joustavuuteen. Markkinapaikkojen kaupankäyntijakson lyhentyminen mahdollistaa tuotannon ja kulutuksen optimoinnin tarkemmin lähellä käyttöhetkeä. Varttitase luo kannustimia suunnitella kulutusta ja tuotantoa 15 minuutin resoluutiolla, mikä voi tuoda muutostarpeita nykyisiin toimintoihin.”* (Varttitase. n.d.)

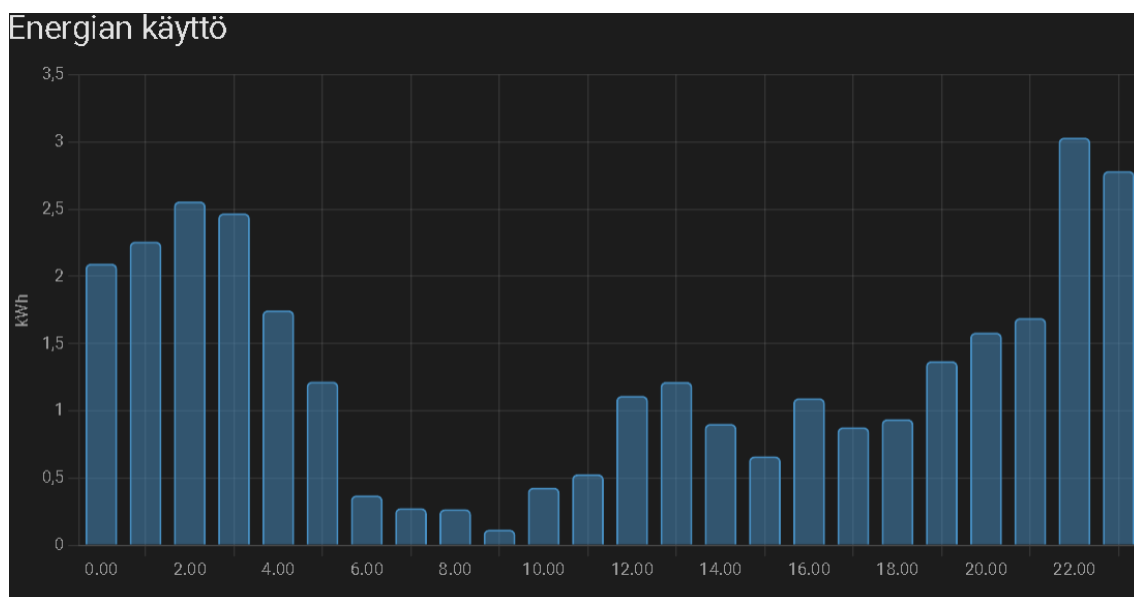
Fingrid sivuston Sähkömarkkinoiden kehityshankkeet osiossa kerrotaan kysynnänjouston eli kulutusjouston tärkeydestä ja vaikutuksista markkinoihin seuraavasti.

*“Kulutusjoustolla tarkoitetaan sähkönkäytön muuttamista hinnan ohjaamana. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi kulutuksen siirtämistä korkean kulutuksen ja hinnan tunneilta edullisempaan ajankohtaan. Kuluttaja voi hyötyä joustostaan myös myymällä sitä sähkömarkkinoille, kuten kantaverkkoyhtiön ylläpitämille reservimarkkinoille. Kulutusjousto tarvietaan lisää, kun joustamattoman ja sääriippuvaisen tuotannon, kuten ydin-, tuuli- ja aurinkovoiman osuus Suomen sähköntuotannosta kasvaa. Sähkön kulutuksen ja tuotannon määrä on pysyttävä joka hetki tasapainossa. Kulutusjousto on tärkeässä roolissa tämän tasapainon ylläpitämisessä kustannustehokkaasti. Kulutusjousto on aikaisemmin kutsuttu yleisesti kysyntäjoustoksi.”* (kulutusjousto. n.d.)

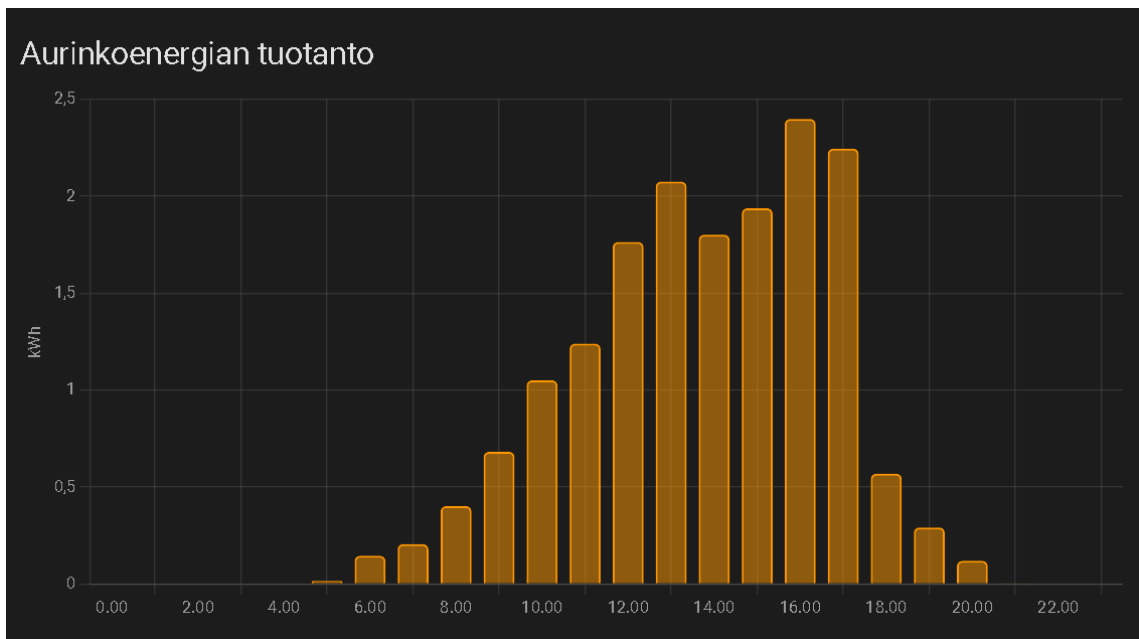
Yksittäisen kiinteistön toteuttama kulutusjousto ei vaikuta merkittävästi sähköverkkoon, mutta kuormia voidaan kasata osaksi isompaa kokonaisuutta, joilla saadaan koko sähköverkon kannalta merkittävä määrä joustettavaa kuormaa. Fingrid kertoo sähköisten kuormien aggregaatiosta osaksi sähkömarkkinoita seuraavasti.

*“Uusi asia sähkömarkkinoilla ovat myös ns. aggregaattorit eli yritykset, jotka yhdistävät pieniä kulutus- ja tuotantokohteita suuremmaksi kokonaisuudeksi, joka voi osallistua eri sähkömarkkinapaikoille. Kuluttajan oma pientuotanto voidaan rinnastaa kulutusjousto, mikäli se reagoi markkinatilanteeseen, kuten korkeaan sähkön hintaan, ja sen avulla pienennetään kohteen sähkön ottoa verkosta. Esimerkki tällaisesta pientuotannosta kulutusjoustossa ovat rakennusten ja liiketilöiden varavoimakoneet.” (Kulutusjousto. n.d.)*

Esimerkki erään asuinkiinteistön energiankäytöstä ja omatuotannosta päivän ajalta havainnollistaa sähköverkon optimoinnin tarvetta käytännössä.



KUVA 2. Varsinais-Suomessa olevan kiinteistön tuntikohtainen sähköenergian käyttö 19 heinäkuuta 2023.



KUVA 3. Kiinteistön aurinkopaneelien tuntikohtainen tuotanto 19 heinäkuuta 2023.

Kuvia 2 ja 3 vertaamalla voidaan huomata, että noin klo 09–17 kiinteistön oma-tuotanto on korkeampi kuin energian käyttö ja tällä välillä voi sähköenergian hinnasta riippuen olla hyödyllisempää käyttää tuotantoa itse, kuin myydä sitä. Klo 22 huomataan nousu energiankulutuksessa, joka johtuu lämminvesivaraajan aktivoitumisesta. Lämminvesivaraaja olisi täten yksi potentiaalinen kohde, jota ohjata halvimmalle hetkelle, mutta sen järkevään toteuttamiseen tarvitaan automaatio-ratkaisuja.

Energiavirasto kertoo vuosien 2024-2031 hintojen valvontamenetelmiä käsittelevässä liitteessä joustokannustimesta, mikä kannustaa verkonhaltijoita kehittämään ja hyödyntämään joustoratkaisuja. Virasto kertoo joustokannustimen olevan osa valvontamenetelmiä edellä mainittuina vuosina.

*“Valvontajakson 2024–2027 joustokannustimen tarkoitus on kannustaa verkko-yhtiöitä erilaisten joustoratkaisujen kehittämiseen, kun taas valvontajakson 2028–2031 joustokannustimen on tarkoitus ohjata edellisellä valvontajaksolla kehitetyt ratkaisut osaksi jakeluverkkoyhtiöiden toimintaa.”* (Energiavirasto 2023, 103 - 105).

Energiavirasto kertoo myös kulutusjoustoan kuuluvan loppukäyttäjän kuorman muutos tavanomaisiin tai senhetkisiin kulutustapoihin vastauksena markkinasignaaleihin, aikasidonnaisiin sähkön hintoihin, tai loppukäyttäjän joko yksin tai aggregoinnin välityksellä tehdyn tarjouksen hyväksymisenä (Energiavirasto 2023, 103 - 105).

Kiinteiden sähkösovimusten hinnat perustuvat pitkälti ennusteisiin sähkön tulevaisuuden hinnasta. Suurella mittakaavalla toteutettu kotitalouksien kysynnänjousto voitaisiin saada merkittävä määrä sähköisiä kuormia siirrettyä halvemmille hetkille, mikä parantaisi sähkön kulutuksen ennustettavuutta ja täten saattaisi alentaa sähkösovimusten hintoja.

*“**FUTUURI:** Johdannaismarkkinoilla (johdannainen on arvopaperi, jonka arvo perustuu jonkin toisen arvopaperin, kuten valuutan tai osakkeen, hintaan) noteeratujen futuurien avulla sähköä sitoudutaan etukäteen ostamaan ja myymään sovittoon hintaan tietynä aikana tulevaisuudessa. Näin sähkönmyyjät ja tuottajat suojaavat oman myyntinsä tai hankintansa. Futuurimarkkinan hintanoteerauksen voidaan katsoa edustavan markkinan sen hetken parasta näkemystä tulevasta hintakehityksestä. Täytyy kuitenkin muistaa, että näkemys elää koko ajan sen perusteella kun tieto lisääntyy. Futuuri ei siis täysin varmasti ennusta vaikkapa tulevan talven sähkön hintaa.”* (Fortum, 2024.)

Sähkön hintaan kuuluu myös sähköverkkojen ylläpito ja kehittämiskustannukset. Hintoja valvoo Energiavirasto.

*“Energiavirasto valvoo sähkö- ja maakaasumarkkinalainsäädännön toteutumista ja edistää markkinoiden toimintaa. Sääntely tapahtuu määräämällä verkkoyhtiöille kohtuullinen tuotto ja edellyttämällä yhtiöiltä verkon ylläpitämistä ja kehittämistä. Lisäksi verkkoyhtiöiden edellytetään tehostavan toimintaansa ja alentavan toiminnasta aiheutuvia kustannuksia. Käytännössä virasto määrittää verkkoyhtiöiden liikevaihdolle ylärajan.”* (Energiateollisuus. n.d.)

## **2.2 Sähkömittarit ja tiedonsiirto**

Jakeluverkkoyhtiöt hallinnoivat kotitalouksien sähkömittareita ja tarkastelevat kysynnän ja tuotannon tasapainoa. Käytännössä verkkoyhtiöt ovat keskeinen tahositen, että he keräävät normaalitoimintaansa varten suuren osan kuormanhallintaa varten tarvittavaa tietoa kiinteistön sähkömittarin kautta.

Verkkoyhtiöt mahdollistavat reaaliaikaisen mittaustietojen hyödyntämisen asiakkaille uuden sukupolven mittareiden avulla. Helen sähköverkko kertoo mittareiden toiminnasta seuraavasti.

*“Älykäs sähköverkko hyödyttää sähkökäyttäjiä ja auttaa rakentamaan valmiuksia uusiutuville energiaratkaisuille. Uuden sukupolven sähkömittarit tarjoavat entistä reaaliaikaisempaa tietoa omasta sähkökäytöstäsi. Mittarin kanteen sijoitetun HAN (Home Area Network) -kotiautomaatioliitännän kautta pääset hyödyntämään 10 sekunnin välein päivittyvää tietopakettia esimerkiksi sähköautolatauksen optimointiin.*

*Mittarin kanssa on RJ-12-liitin, johon voit liittää oman, tietoa vastaanottavan laitteen. HAN-portti aktivoidaan Helen Sähköverkon toimesta, jonka jälkeen portista saa tietoa ulos 10 sekunnin sykleissä. Rajapinnan aktivointi on maksuton.”* (Helen Sähköverkko. n.d.)

Helen sähköverkon kuvauksessa RJ12 HAN rajapinnasta kerrotaan Aidon mittarivalmistajan RF2 järjestelmämoduulista johon asiakasrajapintana toimiva HAN-portti on integroitu seuraavasti.

*“Järjestelmämoduuli ohjaa +5V virransyöttöä HAN-laitteeseen, joka voidaan kytkeä päälle tai pois päältä ohjelmisto-ohjauksella. Suurin sallittu virta on 250 mA. +5V-nastassa on ylivirtasuojamekanismi, joka laukeaa 280±20 mA:n kohdalla. Jos ylivirtasuoja laukeaa, HAN-portti siirtyy ”hikkaustilaan”, jossa +5V-virransyöttö kytketään toistuvasti päälle lyhyeksi ajaksi. Näin voidaan testata, onko ylikuormitustilanne edelleen olemassa.”* (Helen sähköverkko 2022.).

*“Aidonin mittareiden CE-yhteensopivuus on testattu enintään 3 metrin kaapelilla RJ12-liittimeen. Aidonin vastuu ei koske pidempää kaapelia.”* (Helen sähköverkko 2022.)

Asiakkaiden rajapintana toimivan HAN porttiin yhdistämiseen ja tietojen hyödyntämiseen on vähän käytännön sovelluksia, joilla asiakkaat saisivat aikaiseksi sähköverkon optimointia toteutettua. Suomen sähköteknisen alan standardointijärjestö Sesko ry:n Suosituksessa “SK 13-1:2021

Suositus sähköenergiamittareiden paikallista asiakasrajapintaa varten”

Esitetään topologia siitä, kuinka asiakas liittää kiinteistönsä sähköverkon sähkömittarin liitännäspisteeseen.

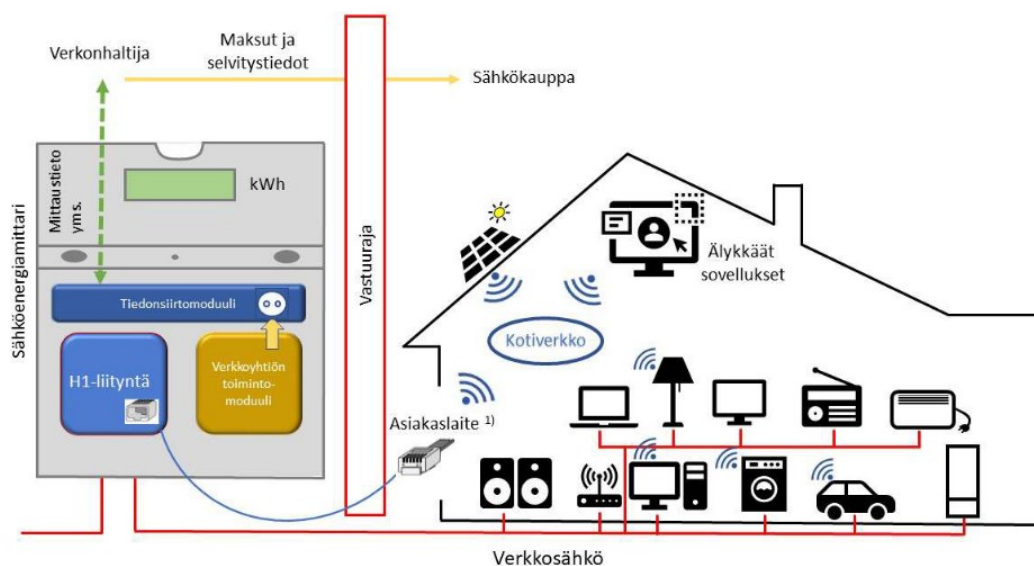
**SESKO**

Electrotechnical standardization in Finland

SUOSITUS SK 13-1:2021

5 (12)

2021-12-22



1) Asiakaslaitteen (Other service module, OSM) liityntä on langallinen (RJ12).

Kuva 1 – Yleiskuvaus sähköenergiamittarin toiminnoista

KUVA 4. Topologia H1 liittymään yhdistämisestä (Sesko 2021, 5).

Kuvassa esiintyvä asiakaslaite tulee liittää kiinteistön kotiverkkoon, jotta sähkömittarista saatavaa tietoa voidaan hyödyntää automaatiojärjestelmissä.

HAN-portin aktivoiminen ei itsessään tuo kuormanhallintatoiminnollisuuksia käyttäjälle vaan se toimii pelkkänä rajapintana tiedonsiirrolle ja eri ratkaisujen toteuttaminen jää loppukäyttäjän valinnaksi. Seskon sivuilla julkaistussa uutisartikkelissa suosituksesta kerrotaan asiasta seuraavasti.

*“SESKOn suosituksessa kuvataan fyysisen käyttöliittymän ominaisuudet. Lisäksi julkaisussa määritellään siirrettävät tiedot, mutta ei niiden käyttöä. Näin ollen sähkön myyjien, ulkopuolisten toimijoiden sekä asiakkaiden itsensä on mahdollista kehittää sovelluksia ja ottaa käyttöön ratkaisuja, jotka ovat täysin erillään ja riippumattomia sähköenergian mittauksesta vastuussa olevista alueellista jakeluverkkomonopoliyrityksistä.” (Sesko, 2022.)*

Suosituksen mukaan H1-portista saataviin tietoihin kuuluu muun muassa

- Kumulatiivinen tuntikohtainen sähköverkkoon ja sähköverkosta otettu sähköteho
- Verkosta otettu ja verkkoon syötetty pätöanto/pätöotto hetkellisinä kolmi-vaihetehoina
- Sähköverkosta otettu ja sähköverkkoon syötetty pätöteho, loisteho vaiheille L1, L2 & L3
- Hetkellinen tehollisarvo vaihejännitteille L1, L2 & L3
- Hetkellinen tehollisarvo vaihevirroille L1, L2 & L3

(Sesko 2021)

Tiedonsiirtoa varten mittarilta käyttäjän kotiverkkoon tarvitaan asiakaslaitteen lisäksi yhteys käyttäjän kotiverkkoon joko langattomasti tai langallisesti, sekä kotiverkosta yhteys ohjausjärjestelmään ja ohjattaviin kuormiin. Internet palveluntarjoaja Elisa Oyj kertoo langattoman verkon kuuluvuudesta seuraavasti.

*“WLAN-verkon kuuluvuus (kuinka pitkälle signaali yltää WLAN-modeemista tietokoneelle) riippuu mm. talon rakenteista, huonekaluista, kotijakamosta ym. esteistä. Esim. paksu kivi- tai tiiliseinä saattaa estää signaalin siirtymisen huoneiden välillä.*

*Langattoman verkon kuuluvuus on sisätiloissa noin 30-50 metriä, mutta edellä mainitut seikat saattavat lyhentää matkaa huomattavasti. Ulkotiloissa kuuluvuus saattaa olla jopa 300 metriä, mikäli maasto on tasainen, eikä matkalla ole esteitä.*

*Tämän vuoksi langaton reititin/modeemi kannattaa sijoittaa huoneistossa mahdollisimman esteettömälle paikalle signaalin kulkua ajatellen.” (Elisa n.d.)*

### 3 KUORMANHALLINNAN KEINOT

Kiinteähintaisen sähkösopimuksen omistavat kuluttajat saattaisivat epäsuorasti hyötyä laajalla mittakaavalla toteutetusta kysynnänjoustosta, sillä kuormanhallinnan tuoma mahdollisuus siirtää sähkönkulutusta hetkeltä toiselle auttaisi tasamaan kulutushuippuja. Kulutushuippujen aikana halpojen energialähteiden tuottama sähköenergian määrä ei välttämättä riitä kattamaan kysyntää, jolloin tarvittava sähkö tuotetaan kalliimmilla energialähteillä. Halpa uusiutuva energia on myös pitkälti säästä riippuvaista, joten voi olla, että tulevaisuudessa esiintyisi entistä enemmän sähköenergian hintojen volatiliteettia.

Kuormanhallintaa varten automaatiojärjestelmä tarvitsee yhteyden ohjattavissa olevaan kuormaan ja tarvittavat parametrit ohjausta varten kuten sisälämpötila, aika tai sähkön hintatiedon ennustettavuuden. Reaaliaikainen kiinteistön sähkönkulutus, sekä omatuotantomäärä ovat myös merkittäviä tekijöitä onnistuneen ohjauksen toteuttamista varten. Perinteisissä lämmityslaitteissa, kuten sähköpatteissa, lattialämmityskaapeleissa ja lämminvesivaraajissa laitetta ohjaa itse laitteeseen liitetty termostaatti, joka mittaa kyseisen tilan tai veden lämpötilaa ja ohjaavat laitteita mittauspisteestä saadun lämpötilan perusteella.

Perinteiset lämmittimet ja jäähdyttimet eivät usein mahdollista suoraa ohjausta automaatiojärjestelmiin asetetuilla parametreilla vaan laitteet tarvitsevat kyvyn kuulla etäohjauksia kotiverkon välityksellä. Yksinkertaisia päälle ja pois päältä ohjauksia laitteille voidaan toteuttaa etäohjattavilla wifi pistorasioilla tai sähkökeskuksen din kiskoon asennettavilla etäohjattavilla ohjausreleillä joihin lämmittimen tai jäähdyttimen sähkönsyöttö liitetään ja ohjauskomennot lähetetään näille välilaitteille. Sähkönsyöttöä ohjaavissa automaatiotoiminnoissa tulee kuitenkin varmistua kuorman tarkoituksenmukaisen käytön turvaamisesta. Sähköpatteri ei esimerkiksi aktivoitu enää laitteen oman termostaatin toimesta lämpötilan laskiessa liikaa ja laitteen manuaalikäynnistys virtanapista tai kaukosäätimellä ei toimi, jos sen sähkönsyöttö on katkaistu wifi pistorasian toimesta.

2.1 Luvussa kerrottu Helenin ilmoittama sähköautonlatauksen optimointi voi tarkoittaa esimerkiksi reaaliaikaisen mittaustiedon ansiosta omatuotannon hyödyntämistä, sekä liittymän maksimikapasiteetin käyttöä latauksen nopeuttamista varten vaarantamatta liittymää ylikuormittumasta. Tämänkaltainen toiminto vaatii mittaustiedon ja sähköauton latausaseman integroimista älykkääseen ohjausjärjestelmään ja latausaseman ominaisuuksiin täytyy kuulua lataustehon dynaaminen hallinta HAN-portista saadun mittaustiedon perusteella.

Kohteesta, ajoprofiilista ja kiinteistön käytöstä riippuen tämänkaltainen järjestelmä voisi säästää latausaseman hankintakustannuksissa, mikäli kiinteistön sähköliittymä on pienitehoinen ja lataustehoa tarvitsee rajoittaa ylikuormittumisen estämiseksi. Vaihtoehto pienitehoiselle latausjärjestelmälle tai lataustehon rajoittamiselle on kiinteistön liittymän koon nostaminen, mikä tuo merkittäviä lisäkustannuksia.

### **3.1 Asiakasrajapinta**

Sähkömittareiden fyysinen sijainti tulee huomioida kiinteistökohtaisia ratkaisuja suunnitellessa, sillä etäisyys, fyysiset ja oikeudelliset esteet voivat rajoittaa mahdollisuuksia hyödyntää itse porttia.

Sähkömittarit sijaitsevat kiinteistöjen mittauskeskuksissa, jotka taas perinteisesti sijaitsevat kiinteistön ulkoseinässä tai teknisessä tilassa, jotta paikallisen verkko-yhtiön esteetön pääsy mittarille on mahdollista. Kerrostaloissa hyödynnetään muun muassa monimittarikeskuksia, jotka sijaitsevat perinteisesti talon kellarissa ja keskuksista löytyy jokaiselle huoneistolle oma mittari. Kerrostaloissa jokaisella huoneistolla on usein oma kotiverkkonsa. Etäisyys mittareihin voi olla suuri ja pääsy mittarille voi olla rajoitettua. Täten HAN-portin hyödyntäminen ei ole yhtä suoraviivaista, kuin omakotitaloissa ja taloyhtiön yhteisen kotiverkon luomisessa voi esiintyä merkittäviä tietoturvaongelmia.

Luvussa 2.1 esiintyvässä Seskon suosituksessa asiakaslaitteen kuvataan langallisesti mittarilta saamansa tiedon lähettämistä langattomasti kotiverkkoon, jolloin

asiakslaitte tarvitsee kyvyn lukea mittarilta saamaansa tietoa ja langattoman yhteyden kotiverkkoon automaatiojärjestelmälle, jonka ohjelmisto ohjaa sähköisiä kuormia.

Luvussa 2.1 Kerrotaan myös langattoman lähiverkon kuuluvuudesta ja kuinka etäisyys, talon rakenteet ja huoneiston kalusteet voivat heikentää lähiverkon kuuluvuutta, sekä Aidon mittarivalmistajan takaamasta kolmen metrin maksimipituudesta langalliselle tiedonsiirrolle HAN portista.

Asiakslaitteella on siis rajoitteita sen fyysisen sijainnin suhteen, jotta luotettava tiedonsiirto saadaan järjestettyä. Kyseisen kolmen metrin maksimipituus tarkoittaa, että asiakslaitte todennäköisesti sijaitsee mittarin kanssa samassa tilassa ja HAN-portin +5V & 250mA virransyöttö voi toimia asiakslaitteen virtalähteenä tiedonsiirron lisäksi. Kolmen metrin liikkumavara voi mahdollistaa kuitenkin ulkoseinän tai väliseinän toiselle puolelle asentamisen muun muassa johdotusreittien niin salliessa, mikä voi edistää yhteyden saamista kotiverkkoon.

Esimerkki HAN-porttiin yhdistettävästä kaupallisesti saatavissa olevasta asiakslaitteesta HomeWizard P1 Meter



KUVA 5. HomeWizard P1 Meter Han porttiin liitettävä mittari (Homewizard n.d).

Onnistunut tiedonsiirto langattomasti kotiverkossa HAN-porttiin liitetyn mittarin ja kodin reitittimen välillä riippuu pitkälti kotiverkon kuuluvuudesta. Edellä mainittu HomeWizard Wi-Fi P1 Meter toimii 2.4 GHz taajuudella ja laitteen asennusohjeet suosittelevat jopa väliaikaisesti sulkemaan kotiverkon 5 GHz taajuuden käytöstä asennuksen ajaksi ongelmatilanteissa, sekä siirtämään reitittimen keskeisemmälle paikalle. (Minulla on ongelmia laitteeni yhdistämisessä sovellukseen, mitä voin tehdä. n.d.)

Kohteesta riippuen voi teoriassa täten esiintyä tilanteita, joissa olemassa oleva kotiverkko ei ole riittävä luomaan yhteyttä sähkömittariin liitettyyn laitteeseen ja mittarin tiedonsiirtoa ei voida toteuttaa suoraan kaapelillakaan maksimipituusrajoitteiden takia.

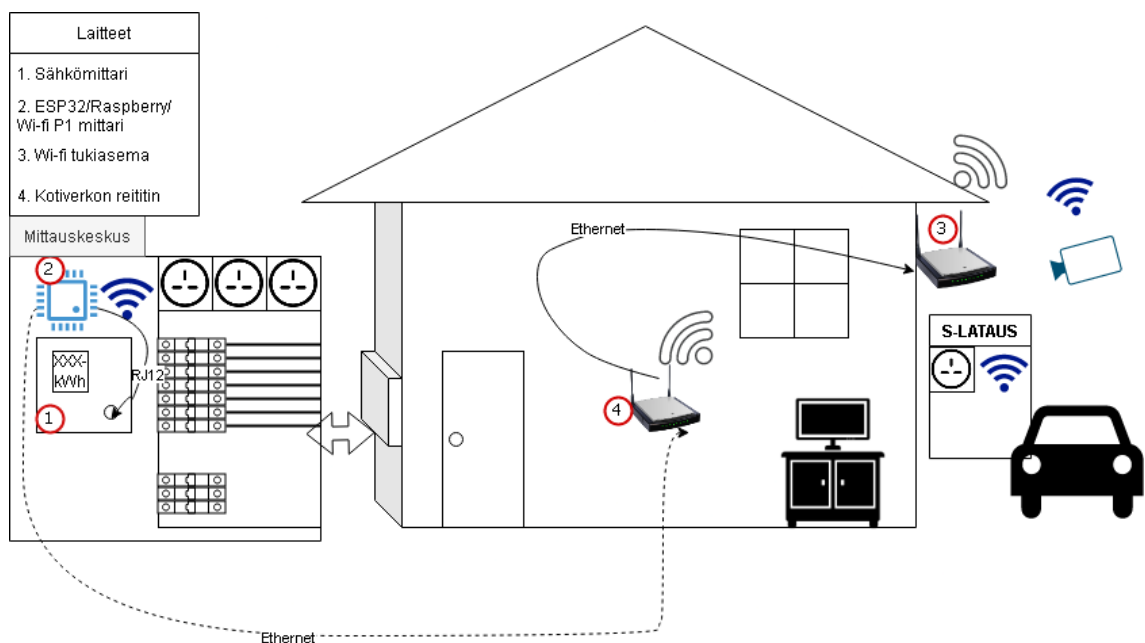
Vaihtoehtoisiksi jäävät kotiverkon kuuluvuuden parantaminen esimerkiksi uudella reitittimellä, wifi tukiasemalla tai toisenlaisen asiakaslaitteen kytkeminen HAN-porttiin.

Vaihtoehtoisia tapoja voi olla esimerkiksi Espreffin valmistama ESP32 tai Raspberry Pi mikrokontrolleri alustat, joista mittaustieto siirretään edelleen langattomasti tai mikrokontrolleriin liitettävällä RJ-45 nettikaapelilla kotiverkon reitittimeen ja täten automaatiojärjestelmien hyödynnettäväksi. Mainittuja alustoja verrataan usein pieniin tietokoneisiin ja toisin kuin Homewizard Wi-Fi P1 mittarissa, näissä laitteissa ei esiinny valmista RJ12 liitintä sähkömittarin HAN-porttiin. Alustoissa on GPIO (General purpose input/output) liitäntäpiste, joihin käyttäjän tarvitsee liittää RJ12 kaapeli esimerkiksi kolvaamalla tai alustan omaksumaa liitintätapaa käyttäen. Mikroprosessorialustoissa tarvitsee huomioida myös piirin virransyötön ristiriidat, kuten virransyöttö Ethernet kaapelin, HAN-portin ja muuntajan kautta samanaikaisesti.

Alustat tarvitsevat myös käyttöjärjestelmän ja sovelluksen tai laiteohjelmiston, mikä on kykenevä siirtämään mittaustietoa eteenpäin. Mikrokontrollerista riip-

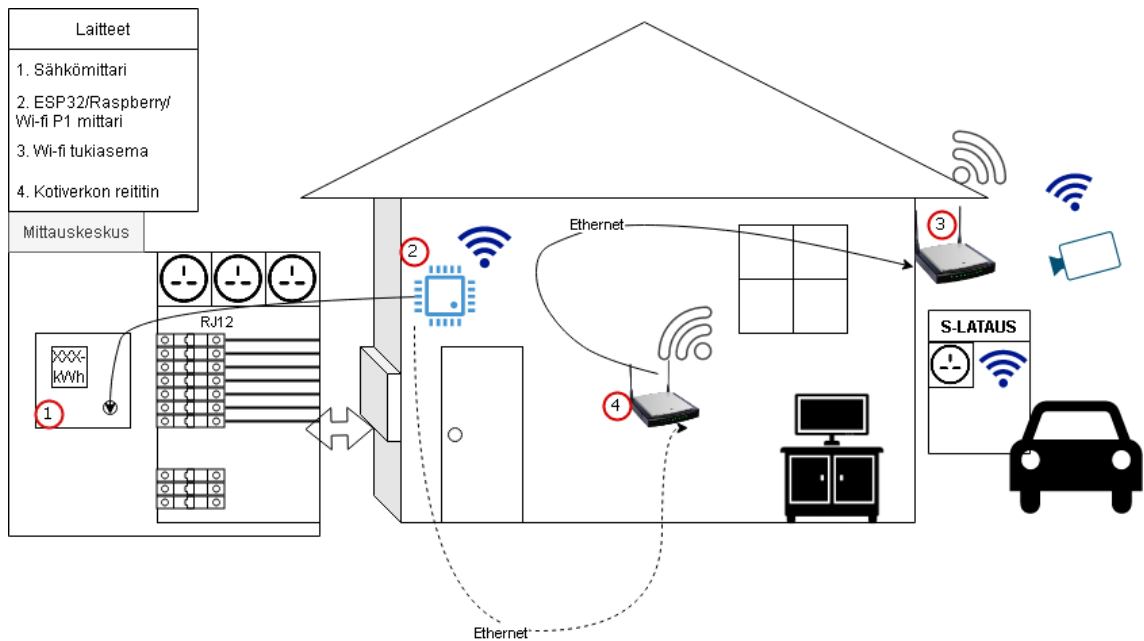
puen se voi tarvita muistikortin käyttöjärjestelmälle, kortinlukijan käyttöjärjestelmän asennusta varten, erillisen suojakoteloinnin, sekä virtalähteen, joka voisi olla esimerkiksi sähkökeskuksen sisäiseen pistorasiaan liitetty usb liittimellä varustettu muuntaja.

Mikrokontrollereiden GPIO liitäntäpiste ei ole suoraan tarkoitettu HAN-portin käyttöä varten, vaan liitosta käytetään muihinkin tarkoituksiin, kuten releohjauksiin osana taloautomaatiojärjestelmää, eikä tässä työssä arvioida tai ohjeisteta tämän toiminnon toteuttamista osana taloautomaatiota, jossa mittaustiedon käyttö ja taloautomaatiojärjestelmän kuten Home Assistantin toteuttaminen tehtäisiin samalla mikrokontrollerilla.



KUVA 6. Havainnekuva keskeisten laitteiden sijoituksesta kiinteistössä.

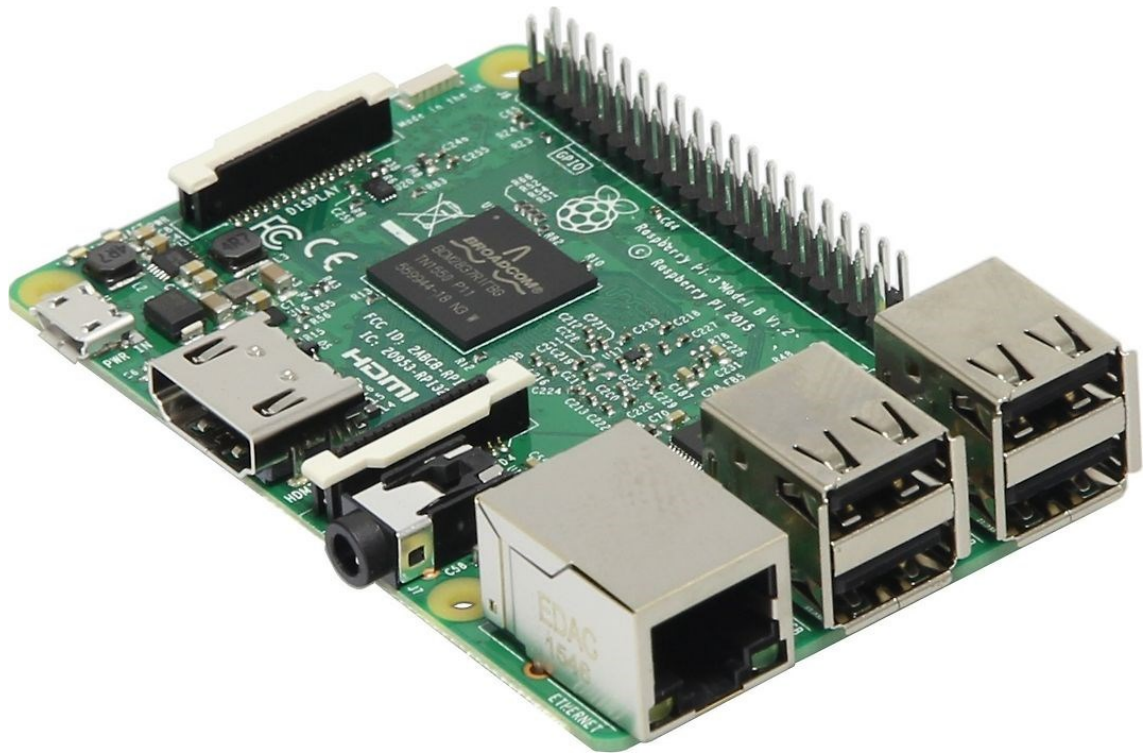
Kotiverkon laajentaminen voi olla perustelua riippuen sovelluksista, joilla mittaustietoa aletaan hyödyntämään. Esimerkiksi IoT laitteiden automaatiojärjestelmissä, joissa myös ohjattavat laitteet, kuten Sähköauton latauspiste, valaistus, kamera-, lämmitys/viilennys järjestelmät hyödyntävät langatonta yhteyttä kotiverkkoon on hyötyä kattavasta langattoman kotiverkon kuuluvuudesta. Helposti asennettavissa oleva vaihtoehto voi olla esimerkiksi ulkokäyttöön tarkoitettu wifi tukiasema.



KUVA 7. Vaihtoehtoinen sijoituspaikka ESP32/Raspberry Pi mikrokontrollereille

Kuvan seitsemän mukainen sijoituspaikka ESP32 & Raspberry Pi mikrokontrollereille, jossa ne sijaitsevat rakennuksen sisällä voi olla, jopa välttämättömästi ilman erillistä riittävää suojakoteloitusta ja asennusolosuhteiden huomioimista, sillä ympäristölle avoimet virtapiirit voivat vaurioitua muun muassa kondensaation takia, missä ilmankosteus tiivistyy nesteiseksi vedeksi mikrokontrollerin pinnalle ja täten rikkoisi sen tai veden uudelleen jäätyessä mikropiirin liitokset voisivat altistua mekaaniselle rasitukselle. Muun muassa Raspberry Pi mallin 4B turvallisuusohjeet kieltävät altistamasta laitetta kosteudelle tai vedelle ja, että se on suunniteltu käytettäväksi normaalissa huonelämpötilassa. (Raspberrypi, n.d.)

Raspberryn eri versioita ja niille tarkoitettuja suojakoteloita on saatavilla esimerkiksi verkkokauppa.com sivustolta. Linkki sivustolle: [https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/raspberry\\_pi/Raspberry-Pi](https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/raspberry_pi/Raspberry-Pi) (verkkokauppa, n.d)



KUVA 8. Raspberry Pi model 3B mikrokontrolleri (Raspberry Pi 3 Model B n.d)

Homewizard aktiivi splitteri mainostaa toimivan myös signaalin jakamistoiminnon lisäksi signaalinvahvistimena, mikä mahdollisesti voi auttaa tuomaan HAN-portista saatavan mittaustiedon pidemmälle kaapelilla, sekä jakamaan mittaustiedon eri laitteille, mikä mahdollistaa esimerkiksi samanaikaisen langattoman yhteyden kotiverkkoon, sekä langallisen yhteyden yksittäisiin toisistaan erillä oleviin järjestelmiin. Linkki sivustolle: <https://www.homewizard.com/fi/kauppa/active-p1-splitter/> (Active P1 Splitter n.d.)

### 3.2 Sovellukset ja kuormat

Yksittäisten sähkökäyttäjien itsetuottamia automaatiojärjestelmiä on saatavissa julkisista lähteistä. Järjestelmien näennäinen etu vaihtoehtoisin taloautomaatiojärjestelmiin on kustannusten minimointi, missä säästöjä haetaan integroimalla sähköisiä kuormia käyttäjien omiin automaatiojärjestelmiin ja käyttäjä asettaa kuormien ohjauksia varten ohjausparametrit, kuten omatuotannon määrä, lämpötilaohjaus, tariffiohjaus & aikaohjaus omien käyttäjäkohtaisten tarpeiden- ja toiveidensa mukaisesti. Integrointi tapahtuu usein eri API-rajapintojen kautta, jossa

tuotteen valmistaja tai jonkin palvelun tarjoava taho on luonut kotiautomaatiojärjestelmään kuten Home Assistantiin liitettävän integraatio-ohjelman, jolloin itse loppukäyttäjän ohjelmointitaitojen tarve vähenee.

### 3.2.0 Sovellukset

Arska.info sivusto tarjoaa Home Assistantille vaihtoehtoisen energiahallintajärjestelmän, johon sisältyy valmiita ohjausprofiileja, sekä hinta ja säätietojen integrointia osaksi automaatiojärjestelmää. Arska järjestelmään löytyy suomen kielellä tehty esitysvideo, sekä valmis asennusohjelma.

Arskan esittelyvideo: <https://www.youtube.com/watch?v=BFsiXRxTFBo>

(Arska.info n.d.)

Arska järjestelmän toimintoihin kuuluu

- Lämminvesivaraajaan tai lattialämmityksen vastuksien toiminnan ohjaaminen edullisimpaan ajankohtaan hintatiedon perusteella.
- Oman aurinkovoimalan tuotannon käyttö kiinteistössä tai myynti hintatiedon ja energiasääennusteen mukaan. Käytä itse jos hinta alhainen, myy jos sähkö niin kallista, että kannattaa ostaa myöhemmin esim. seuraavana yönä.
- Vesikiertoisen lattialämmityksen kiertovesipumpun (päällä/pois) tai lämpötilasäätimen (kotona/poissa) ohjaaminen
- Kalleimpien tuntien välttäminen katkaisemalla lämmitys huipputuntien ajaksi esimerkiksi ohjaamalla lämpöpumppua potentiovapaalla kärkitiedolla.
- Sähköauton latauksen ohjaus edullisille tunneille.

(Arska.info n.d.)

Arska järjestelmä toimii ESP32 mikrokontrollerilla ja hyödyntää muun muassa Homewizard P1 meter mittaria saadakseen HAN-portista mittaustietoja. ESP32 kontrollerin GPIO liitäntää käytetään releiden ohjaukseen, jotka hallitsevat sähköisten kuormien sähkönsyöttöä. Varsinkin releasennukset tarvitsevat sähköasentajan, mikä tuo lisäkustannuksia, mutta toimiva automaatiojärjestelmä voi maksaa itsensä takaisin säästöinä sähkölaskussa tai olla kohtuullinen kustannus automaatiotoimintojen tuomaan mukavuuteen nähden.

Home Assistantiin löytyy järjestelmän nettisivuilta asennusohjeita useille eri alustoille muun muassa Raspberry Pi mikrokontrollerille.

Linkki sivustolle: <https://www.home-assistant.io/installation/>

(Installation n.d.)

Video-ohjeistuksia Home Assistantin asentamisesta, sekä ohjausten tekemisestä löytyy YouTubesta suomen kielelläkin.

Linkki sivustolle: <https://www.youtube.com/@RikhardKarlsson/videos>

(RikhardKarlsson n.d.)

Työssä useaan kertaan mainitun Homewizard Wi-Fi P1 mittarin integraatio API.

Linkki sivustolle: <https://www.home-assistant.io/integrations/homewizard/>

(HomeWizard Energy n.d.)

Järjestelmät toimivat pääosin kuluttajien hankkimilla mikrokontrollereilla eli minitietokoneilla joihin käyttäjä itse asentaa tarvittavat ohjelmat ja tuo ohjattavat kuormat. Käyttäjä pyrkii täten luomaan yhtenäisen hallintajärjestelmän, jotta yksittäiset automaatio ohjaukset eivät olisi ristiriidassa toistensa kanssa. Esimerkiksi liian monen kuorman aktivointi samanaikaisesti täydellä sähköteholla halvimalla hetkellä.

Käyttäjien tekemillä ohjelmilla pyritään luomaan älykotijärjestelmien mukaisia mukavuutta parantavia toimintoja, säästämään hankintakustannuksissa, kuten mahdollisesti kalliimman kaupallisen taloautomaatiojärjestelmän osto, sekä asennushinnassa. Kustannuksien minimointi on tärkeää, koska sillä tavoitellaan järjestelmän takaisinmaksuajan lyhentämistä ja säästöjen kerryttämisen nopeutumista osana kysyntäjoustoa.

### **3.2.1 Sähköauton latauspisteet**

Sähkömittareiden HAN-porttia hyödyntäviä latausasemia on saatavilla markkinoilta tuoden näin uusien mittareiden ominaisuudet käyttäjien hyödynnettäväksi yksittäisen laturin kohdalla ilman tarvetta erilliselle automaatiojärjestelmälle kuten

Home Assistant järjestelmälle. Kotilaturi sivusto mainostaa esimerkiksi buusti box latausasemaa, missä laturin valmistajan tekemä ja ylläpitämä cFos Charging Manager sovellus tuo ohjaukset kuten dynaamisen kuormanhallinnan, pörssisähkölatauksen, sekä aurinkosähkölataamisen käyttäjälle.

Linkki sivustolle:<https://www.kotilaturi.fi/tuote/sahkoauton-latausasema-buusti-box-vision-11kw-porssisahko-kuormanhallinta-mid-energiamittaus-rfid/>

(Kotilaturi. n.d.)

Latausasema tarvitsee kuitenkin yhteyden samaan kotiverkkoon, kuin laite, joka lukee HAN-portista saatavaa tietoa ja sivusto mainostaakin aikaisemmin mainittua Homewizard P1 Wi-Fi mittaria tähän tarkoitukseen.

Sivusto kertoo latausaseman olevan yhteensopiva kotiautomaatiokäyttöön Home Assistant järjestelmän kanssa valmistajan tekemän API rajapinnan kautta ja tuo Home Assistant järjestelmään toiminnot latauksen aloittamisesta/lopettamisesta, lataustehon säätötoiminnon, sekä energiamittauksen.

### **3.2.2 Lämminvesivaraaja**

Lämminvesivaraajaa käytetään perinteisesti yösähköllä, koska yösähkön hinta on ollut halvempaa, kuin päivisin. Pientuotantoa hyödyntävällä kiinteistöllä tai pörssisähkösopimuksessa olevalle käyttäjälle voi esiintyä tilanteita, joissa hänen kannattaisi lämmittää käyttövetä päivisin, mutta lämminvesivaraajissa itsessään ei ole ollut riittäviä toimintoja ohjaamaan sitä päälle halpoina hetkinä.

Varaajaohjauksia on tehty muun muassa sähkökeskukseen asennettavilla etäohjattavilla releillä, jotka päästävät ohjausvirran varaajan kontaktoria ohjaaviin liittimiin ja automaatiojärjestelmät ohjaavat taas puolestaan näitä releitä Home Assistantin sisällä tehdyillä ehdoilla, joilla määritetään, koska lämminvesivaraajan on parasta olla päällä ja lämminvesivaraajan termostaatti pysäyttää sähkönsyötön veden saavuttaessa riittävän lämpötilan. Varaajan, kontaktorin & releiden sähkökytkennät saa tehdä vain sähköalan ammattihenkilö.

Ohjauksia on tehty muun muassa Shellyn releillä, joihin löytyy valmis API-integraatio Home Assistantin sivuilta. Linkki sivustolle: <https://www.home-assistant.io/integrations/shelly/> (Shelly n.d)

### 3.2.3 Ilmalämpöpumput

Esimerkkinä järjestelmän toiminnoista voisi olla ilmalämpöpumpun ohjaus päälle & pois tai pumpun puhaltimen säätö, sekä tilan automaattinen lämmitys kylmänä kautena, sekä jäähdytys kesällä. Tilaa lämmitetään tai jäähdytetään tariffiohjauksen mukaisesti halvimmalla hetkellä ja vältetään kalliimpia hetkiä käyttäjän ehtojen mukaisesti. Pumppua ostaessa kannattaakin harkita siihen kuuluvien automaatio-ohjausten ominaisuuksia ja sen yhteensopivuutta kodin muihin järjestelmiin, kuten Home Assistantiin.

Aikaisemmin mainitulla RikhardKarlsson YouTube kanavalla ohjeistetaan muun muassa ilmalämpöpumpun ohjauksesta Home Assistantin sisällä. Kanavalta löytyy myös videoita sähkön hintatietojen integroimisesta Nord Poolista Home Assistantiin. Pumppujen välillä voi kuitenkin olla eroja ja lukijan kannattaa tutustua juuri hänen pumpullensa tehtyihin integraatioihin ja ohjauksiin toimintojen varmistamiseksi.

### 3.2.4 Wifi-pistorasiat & lisälämmönlähteet

Wifi -pistorasioita voidaan hyödyntää esimerkiksi lisälämmönlähteiden aktivointia varten, jossa kiinteistön sähköpatterin pistokkeen ja seinän pistorasian väliin asennettu wifi pistorasia ohjaa sähköpatterin sähkönsyöttöä.

Home Assistant automaatiojärjestelmään tehty integraatio TP-Link laitteille, kuten HS100 ja HS110 wifi pistorasioille. Linkki sivustolle: <https://www.home-assistant.io/integrations/tplink/> (TP-Link Smart Home n.d.)

Samalla valmistajalla ja pistorasioita myyvillä sivustoilla on useita älypistorasioita ja kaikki eivät välttämättä sovellu lämmityslaitteiden ohjaamiseen.

Mikäli automaatiojärjestelmään saadaan tuotua lisäksi tilan lämpötilatieto erillisen sensorin avulla, voitaisiin Home Assistant järjestelmässä luoda ehtoja, jotka käynnistävät sähköpatterin wifi pistorasian kautta, jos ilmalämpöpumppu ei saavuta haluttua lämpötilaa tietyssä aikana. Rajaehtona voisi olla esimerkiksi lämpötilasensorin huomaama sisälämpötilan lasku, vaikka ilmalämpöpumppu on päällä tai käyttäjäkokemukseen perustuva tieto lämpöpumpun riittämättömyydestä tietystä pakkaslukemasta eteenpäin, jolloin ulkolämpötilatiedolla voisi ohjata pistorasiaa. Säätiiedot pitää erikseen integroida internetin välityksellä Home Assistantiin.

Suorat sähkölämmityslaitteet eivät ole yhtä tehokkaita lämmönlähteitä, kuin ilmalämpöpumput, mutta voivat täydentää lämpöpumpun kanssa esiintyvää lämpötehon vajetta, jossa kovilla pakkasilla lämpöpumppu yksin ei riitä saavuttamaan haluttua sisälämpötilaa.

Normaali kuluttajalla, jolla on jo tilassa lisälämmönlähde, kuten sähköpatteri pitää todennäköisesti patteria päällä samanaikaisesti ilmalämpöpumpun kanssa, jolloin tilaa saatetaan lämmittää turhaan huonommalla lämmönlähteellä. Jos tila saadaan lämmitettyä pelkästään ilmalämpöpumpulla tavoitelämpötilaan, se on automaattisesti toteutettu ilmalämpöpumpun paremmalla lämpökertoimella, kuin sähköpatteria käyttäen.

Scanoffice.fi sivustolla julkaistu ilmalämpöpumppuverailu esittää VTTn (valtion teknillinen tutkimuslaitos) tutkimusraportin tuloksia ilmalämpöpumppujen tuottamasta lämpötehosta ulkolämpötilan muuttuessa ja vertailusta voidaan nähdä, että monet ilmalämpöpumput säilyttävät yli 1.0 lämpökertoimen myös kovilla pakkasilla. Huomioitavaa vertailussa on, kuitenkin testissä käytettävien pumppujen täysi puhallusteho, jota todennäköisesti ei asuintiloissa käytetä niin meluhaitan, kuin vedon tunteen ja ilmanpaine muutoksen takia.

Linkki vertailuun: <https://scanoffice.fi/vttm-testiraportit-ilmalampopumppuverailu/>  
(scanoffice n.d.)

Wifi pistorasioita valittaessa tulee varmistua niiden soveltuvuudesta sähköisten kuormien ohjaamiseen. Nimellisesti pistorasia voi ohjata hetkellisesti 16A virtaa

käyttävää kuormaa, mutta sen jatkuva kuormitettavuus saattaa olla alhaisempi kuin, mitä sähkökuorma käyttää. Tällaisessa piirissä esiintyy paloturvallisuuden vaara, sillä sähkökeskuksessa oleva johdonsuojakatkaisija on mitoitettu keskuksen ja seinässä olevan pistorasian suojalaitteeksi. Tätä suojalaitetta heikommat laitteet voivat vaurioitua liiallisesta kuormituksesta liikaa ennen kuin johdonsuojakatkaisija aktivoituu aiheuttaen paloriskin. Sähköisiä lämmittimiä ei kannata asentaa jatkojohtoihin tästä samaisesta syystä, sillä osa kodin jatkojohdoista voivat olla kuormitettavuudeltaan pienempiä kuin pistorasiaryhmiä suojaavat suojalaitteet ja sähkölaitteen kuluttama tehomäärä.

Sähköpatterit ja erilliset tilalämmittimet tarvitsee kuitenkin sijoittaa keskeisesti lämmöntuotannon ja turvallisuuden kannalta. Laitteen ohjeistukseen voi kuulua esimerkiksi,

1. Lämmitintä ei saa peittää, eikä sitä saa käyttää pölyisessä ympäristössä.
2. Lämmitintä ei saa käyttää tiloissa, joista tilassa oleskeleva henkilö ei voi omatoimisesti poistua ja laitetta tulee käyttää vain valvotusti.
3. Lämmitin ei saa sijaita pyykkituvassa tai lähellä syttyviä materiaaleja.

Lämmitin saattaa myös kieltää erillisten ajastimien, jatkojohtojen tai wifi pistorasioiden käytön sisäisten elektronisten suojalaitteiden toimivuuden turvaamiseksi. Erillisiä etäohjattavia sähkölämmittimiä on saatavilla markkinoilta, joten ennen laitteiden ostoa kannattaakin tutkia niiden integroitavuutta kotiautomaatiojärjestelmiin.

## 4 TULOKSET JA POHDINTA

Kuormanhallintakeinoja löytyi ja kotitalouksien kuormien ohjaaminen sähkömittareiden mittaustietoja hyödyntämällä on mahdollista, kuin myös mittaustietojen integrointi osaksi kotiautomaatiojärjestelmiä. Työn ohjeistus ei kuitenkaan ole kattava toimintaohje, jota seuraamalla saataisiin optimaalinen ohjaus kotitalouteen vaan työ tuo tavoitteensa mukaan lukijalle tietoa aiheeseen liittyvien laitteiden ominaisuuksista ja keinoja, joihin tarkemmin perehtymällä voidaan toteuttaa toimivia ohjausjärjestelmiä.

Työn tekemisen aikana esiin nousi käytännön ohjausten toteuttamisen kannalta haasteita, kuten laaja osaamisen tarve, kuormien integroitavuus, mittaustiedon tai muiden ohjaussignaalien tuominen osaksi ohjausjärjestelmää. Ohjausjärjestelmien saatavuuden tai itse tekemisen ja ylläpitämisen haasteet pitää myös huomioida.

Asennuskustannuksien ja ohjauslaitteiden hankinnan, sekä toteutetun ohjauksen rahallinen kannattavuuden merkitystä säästöjä tai mukavuutta tuottavana investointina tulee myös arvioida ja markkinaperusteinen tarkastelu vaikuttaa tarvittavalta jatkotutkimuskohteelta. Kokonaiskustannukset ohjausjärjestelmästä riippuen voivat nousta satoihin euroihin ja täten olisikin tärkeää saada käsitys valitun järjestelmän kannattavuudesta. Tätä varten voitaisiinkin jatkotutkimuksissa tutkia jo toteutettua ohjauksia tai jonkin tehomäärän kuten lämminvesivaraajan vastuksen tai latausaseman lataustehon vaikutus sähkölaskun suuruuteen jollain tarkasteluvälillä, jonka aikana kuormia ohjataan pörssisähkön edullisten hetkien tai kiinteistön omatuotantoon perustuvalla ohjauksella.

Kotitalouden kuormanhallintajärjestelmällä toteuttavalle kysynnänjoustolle todennäköisesti löytyy myös vaihtoehtoisia kustannuksia ja näiden selvittäminen ja vertailu joko käyttäjäkohtaisesti tai yhteiskunnallisesti on myös tärkeää tehdä ennen hankintoja.

Ohjausjärjestelmiä toteuttaessa voi esiintyä riskejä esimerkiksi toimivuuden taakamisessa, lähiverkon ja ohjattavien laitteiden tietoturvassa, myös kaupallisen

tai ilmaisen avoimen lähdekoodin API-rajapinnan käytön lopettaminen voi viedä toiminnollisuuksia kuormanhallintaa toteuttavalta ohjausjärjestelmältä. Esimerkiksi hinnan tai sään ennustetietoja välittävän tahon päätös lopettaa toiminta voisi tehdä muuten hyvistä järjestelmästä epäkelvollisen.

Kysynnäjouston kannattavuus on yhteydessä sähkömarkkinoiden volatiliiteettiin, joka taas on riippuvainen halvan sähkön saatavuudesta tarkasteltavalla aikavälillä. Jos halpaa energiaa on saatavilla vain tietyinä aikoina päivästä niin silloin kannattaa käyttää ja paljon, mutta energiahintoihin vaikuttaa monta muutakin tekijää, kuten käytetyn energialähteen vaikutus sähkön tuotantohintaan, energiamuotojen verotus, joka on osa laajempaa ilmastopolitiikkaa. Myös sähköverkon investointitarpeet vaikuttavat sähkön hintaan ja kulutushuippujen suhteellinen kasvu tarvitsisi sähköverkolta kykyä kuormittua enemmän pelkästään huippujen kattamista varten.

Aggregoituun kysyntäjouksoon voisi olla syytä tutustua tarkemmin, sillä se vaikuttaa potentiaaliselta keinolta toteuttaa kysynnäjoukkoa yhteiskunnallisesti. Tähän osallistuvan kotitalouden tulisi tutkia aggregoituun joukosta rajoja, joiden sisällä hän saa joukostaan optimaalisen hyödyn ja löytyykö tämänkaltaisen joukon sisältä implikaatioita siitä, mitä kuormia tulisi ohjata ja millä ehdoin.

Jos hankintahinta ohjauksen tekemiseen osoittautuisi erittäin kalliiksi ja takaisinmaksuaika pitenee kohtuuttomasti tai on epäedullinen vaihtoehtoiskustannuksille mutta katsotaan, että kotitalouksien kysyntäjoukkoa on yhteiskunnallisesti tarpeellista toteuttaa, tarvitaanko erillisiä kannustimia ja minkälaisia kannustimia tähän löytyy?

## LÄHTEET

Active P1 Splitter. n.d. Homewizard. Verkkosivu. Luettu 2.4.2024

<https://www.homewizard.com/fi/kauppa/active-p1-splitter/>

Arska.info n.d. Arska – älykäs energianhallinta. Verkkosivu. Luettu 19.3.2024

<https://arska.info/fi/>

Elisa. Langattoman verkon (WLAN/ WiFi) käyttö ja ongelmatilanteet.

Verkkosivu. Luettu 2.4.2024.

<https://elisa.fi/asiakaspalvelu/nettiliittymat/langaton-verkko/>

Energiateollisuus. Lainsäädäntö ja viranomaisvalvonta. Verkkosivu. Luettu 19.3.2024.

<https://energia.fi/energiatietoa/energiaverkot/sahkoverkot/lainsaadanto-ja-viranomaisvalvonta/>

Energiavirasto Valvontamenetelmät kuudennella 1.1.2024 – 31.12.2027 ja seitsemännellä 1.1.2028 – 31.12.2031 valvontajaksolla. Pdf dokumentti. Energiavirasto.fi. Luettu 19.3.2024

<https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12766832/S%C3%A4hk%C3%B6n+jakelu+-+Mene-tem%C3%A4liite.pdf>

Fortum. 2024. Markkinakatsaus. Verkkosivu. Luettu 20.4.2024.

<https://www.fortum.fi/media/fortum-markkinakatsaus>

Helen Sähköverkko. 2022. RJ12 HAN-rajapinta. Pdf dokumentti. Luettu 4.2.2024.

[https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hsv/dokumentit/ai-don\\_rj12\\_han\\_mittarilukuohje.pdf](https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hsv/dokumentit/ai-don_rj12_han_mittarilukuohje.pdf)

Helen Sähköverkko. N.d. Tietoa etäluentamittareista. Verkkosivu. Luettu 4.2.2024

<https://www.helensahkoverkko.fi/ajankohtaista/tyomaat-ja-kehityshankkeet/tieto-etaluentamittareista>

Installation. n.d. Home Assistant. Verkkosivu. Luettu 25.3.2024

<https://www.home-assistant.io/installation/>

Homewizard. n.d. Kauppa. Wi-Fi P1 Meter. Verkkosivu. Luettu 25.3.2024

<https://www.homewizard.com/fi/kauppa/wi-fi-p1-meter/>

HomeWizard Energy n.d. Home Assistant. Verkkosivu. Luettu 3.4.2024

<https://www.home-assistant.io/integrations/homewizard/>

Kotilaturi. n.d. Latausasemat. Sähköauton latausasema Buusti Box Vision 11kW, pörssisähkö, kuormanhallinta, MID-mittari, RFID. Verkkosivu. Luettu 1.4.2024

<https://www.kotilaturi.fi/tuote/sahkoauton-latausasema-buusti-box-vision-11kw-porssisahko-kuormanhallinta-mid-energiamittaus-rfid/>

Kulutusjousto. n.d. Fingrid. Verkkosivu. Luettu 20.4.2024

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyss/sahkomarkkinoiden-kehityshankkeet/kysyntajousto/>

Landisgyr. Tuotevalikoima. Sähkölaitteet. Landis+Gyr E360. Verkkosivu. Luettu 19.2.2024.

<https://www.landisgyr.fi/product/landisgyr-e360/>

Minulla on ongelmia laitteeni yhdistämisessä sovellukseen, mitä voin tehdä? N.d. Homewizard. Verkkosivu. Luettu 1.4.2024

<https://helpdesk.homewizard.com/fi/articles/5936315-minulla-on-ongelmia-laitteeni-yhdistamisessa-sovellukseen-mita-voin-tehda>

Raspberry Pi 3 model B - yhden piirilevyn tietokone. n.d. Verkkokauppa. Verkkosivu. Luettu 19.3.2024

<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/312510/Raspberry-Pi-3-model-B-yhden-piirilevyn-tietokone>

Raspberry pi. n.d. Raspberry Pi 4 Model B Safety and User guide. Pdf dokumentti. Luettu 19.3.2024

<https://pip.raspberrypi.com/categories/548-leaflet/documents/RP-001025-CF/Raspberry-Pi-4.pdf>

RikhardKarlsson n.d. RikhardKarlsson. Verkkosivu. Luettu 2.4.2024)

<https://www.youtube.com/@RikhardKarlsson/videos>

Scanoffice. n.d. Ilmalämpöpumppuverailu – VTT:n testiraportit. Verkkosivu. Luettu 19.3.2024 <https://scanoffice.fi/vtt-testiraportit-ilmalampopumppuverailu/>

Sesko ry. 2021. SK 13-1:2021. Suositus sähköenergiamittareiden paikallista asiakasrajapintaa varten. Pdf dokumentti. Luettu 4.1.2024

[https://sesko.fi/wp-content/uploads/2022/01/Suositus\\_SK\\_13-1\\_H1\\_asiakasrajapinta\\_final\\_2021dec.pdf](https://sesko.fi/wp-content/uploads/2022/01/Suositus_SK_13-1_H1_asiakasrajapinta_final_2021dec.pdf)

Sesko ry. 2022. SESKOn suositus sähköenergiamittareiden paikallisesta H1-asiakasrajapinnasta – täydennetty englanninkielisellä käännöksellä. Verkkouutinen. Luettu 4.1.2024

<https://sesko.fi/seskon-suositus-sahkoenergiamittareiden-paikallisesta-h1-asiakasrajapinnasta-taydennetty-englanninkielisella-kaannoksella/>

Shelly. n.d. Home Assistant. Verkkosivu. Luettu 5.4.2024

<https://www.home-assistant.io/integrations/shelly/>

Termonen, T. 2023. Lähes jokainen koti tarvitsee uuden sähkömittarin – miljoonien eurojen vaihtorumba koituu kuluttajien maksettavaksi. Yle Uutiset 25.8.2023. Luettu 20.1.2024

<https://yle.fi/a/74-20046219>

TP-Link Smart Home. n.d. Home Assistant. Verkkosivu. Luettu 19.3.2024

<https://www.home-assistant.io/integrations/tplink/>

Varttitase. n.d. Fingrid. Verkkosivu. Luettu 16.4.2024. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyys/pohjoismainen-tasehallinta/varttitase/#varttitaseen-vaikutukset-eri-markkinatoimijoihin>

Verkkokauppa. n.d. Raspberry Pi. Verkkosivu. Luettu 19.3.2024

[https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/raspberry\\_pi/Raspberry-Pi](https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/raspberry_pi/Raspberry-Pi)