

Roope Raati

# Joustava Kotitalous JOUKO-laitteen asennus sähkökeskukseen

Opinnäytetyö  
Sähkö- ja automaatiotekniikkainsinööri

2020



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Roope Raati	Sähkötekniikka insinööri (AMK)	Joulukuu 2021
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		
Joustava Kotitalous JOUKO-laitteen asennus sähkökeskukseen		17 sivua 1 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
<b>Ohjaaja</b>		
Juha Korpilampi (Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu)		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Fossiilisten polttoaineiden käyttöä rajoitetaan jatkuvasti. Tästä johtuen sähköntuotanto vaikeutuu ja kallistuu. Sähköjärjestelmä tarvitsee joustoa tuotannon ja kulutuksen yhteensovittamiseksi. Kysyntäjousto on yksi mahdollinen kuluttajapuolen ratkaisu. Kysyntäjoustopuolella kulutus joustaa tuotannon tarpeiden mukaan. Kulutusta vähennetään silloin kun tuotannon kapasiteetti ei riitä, ja vastaavasti lisätään, mikäli sähkön tuotannossa on ylituotantoa. Näin sähköjärjestelmä pysyy tasapainossa ja välttyään mahdollisilta laajamittaisilta sähkökatkoilta.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä esitellään kysyntäjoustoja ja kysyntäjoustopuolella olevia palveluita sekä toimijoita. Työssä paneudutaan erilaisiin laitteisiin, joiden avulla kuluttaja pystyy osallistumaan kysyntäjoustopuolelle ja säästämään sähköä. Opinnäytetyössä käsitellään erityisesti JOUKO (Joustava Kotitalous) -laitetta, jonka avulla sähköyhtiö pystyy hallitsemaan asiakkaan (kotitalouden) kuormia.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää JOUKO-laitteen asennusmahdollisuuksia sekä sitä, onko JOUKO-laite mahdollista asentaa sähkökeskuksen sisälle ja mitä muutoksia laitteeseen tulisi tehdä tämän mahdollistamiseksi. Selvitys suoritettiin haastattelemalla laitteen suunnittelussa mukana olleita henkilöitä. Ongelmana tutkimuksessa on verrattain vähäinen tieto laitteen asentamisesta, koska sitä ei ole vielä asennettu yhteenkään kohteeseen.</p> <p>Tutkimuksessa selvisi, ettei laitteen asentaminen kokonaan sähkökeskuksen sisälle ole mahdollista. Osittainen vieni sähkökeskukseen olisi mahdollista, mutta se nostaisi laitteen erittäin edullista hintaa suhteettoman paljon.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
Kysyntäjousto, JOUKO-laite, aggregointi		

Author (authors)	Degree	Time
Roope Raati	Bachelor of Engineering	December 2021
<b>Thesis title</b>		
Flexible Home JOUKO-device's installation to switchboard		17pages 1 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>		
<b>Supervisor</b>		
Juha Korpijärvi		
<b>Abstract</b>		
<p>The use of fossil fuels is restricted more and more these days. This leads to the electricity production becoming more difficult and the price of electricity going up. The electric system needs flexibility to match the production and the consumption. The demand response is one possible solution for the consumer market. In demand response, the consumption adapts to the requirements of the production. The consumption is reduced, when the capacity of the production is not sufficient and correspondingly it is increased if there is overproduction in the electricity production. This way, the electric system will maintain balance and the possible widespread power failures are avoided.</p>		
<p>This thesis introduces demand response and existing services and actors related to it. The work studies various devices enabling the consumer to participate in the demand response and to save electricity. The thesis mainly concentrates on the JOUKO (Flexible Home) device. The system makes it possible for the electricity company to control the (household) customer's loads.</p>		
<p>The objective of this work was to study the installation options of JOUKO device and whether it is possible to install the JOUKO device inside the switchboard and what changes should possibly be made to the device to install it fully or partly inside the switchboard. The report was executed by interviewing people involved in the planning phase of the device. The problem in the study is the relatively scarce knowledge about the installation of the device since it has not yet been installed in not a single location.</p>		
<p>The study shows that installing the device completely inside the switchboard is not possible. It would be possible to install the device partly inside the switchboard, but that would increase the price of the device unreasonably.</p>		
<b>Keywords</b>		
Demand response, JOUKO-device, aggregator		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KYSYNTÄJOUSTO .....	5
2.1	Kysyntäjousto Suomessa .....	6
2.2	Kysyntäjoustopalvelut ja laitteet.....	7
2.2.1	There Corporation.....	7
2.2.2	OptiWatti .....	8
2.2.3	Fidelix .....	8
2.2.4	Foremica.....	8
3	JOUKO-LAITE .....	9
3.1	Nykyinen layout ja toimintalogiikka .....	10
3.2	Nykyiset komponentit.....	12
3.3	Korvattavissa olevat komponentit .....	12
4	TUTKIMUSMENETELMÄT JA TOTEUTUS .....	13
5	JOUKO-LAITTEEN ASENNUS SÄHKÖKESKUKSEEN .....	13
5.1	Mitä komponentteja on vietävissä keskuksen sisälle? .....	14
5.2	Muut korvattavat komponentit.....	14
5.3	Keskusasennuksen layout .....	15
5.4	JOUKO-laitteen hinta ja asennus.....	15
6	POHDINTA .....	16
	LÄHTEET.....	17
	KUVALUETTELO	
	LIITTEET	

Liite 1. Haastattelukysymykset

## 1 JOHDANTO

Fossiilisten polttoaineiden käyttö on yksi merkittävimmistä tekijöistä globaaleissa haasteissa ilmastonmuutoksessa. Sääilmiöt, kuten rajut myrskyt ja pitkittyneet hellejaksot, ovat elintarvikkeiden hintojen vaihteluiden ohella merkittävänä osana tätä päivää. Fossiilisten polttoaineiden käyttö tulisi lopettaa kokonaan, jotta ilmastonmuutosta saataisiin hidastettua. Sähköntuotannossa ja kulutuksessa tämä tarkoittaa päästöttömien tuotantomuotojen, kuten aurinko- ja tuulienergian, merkittävää lisääntymistä ja hyödyntämistä. [1, s. 9.]

Kulutuksen on sopeuduttava myös, jotta sähkönkulutus ja -tuotanto olisivat tasapainossa, koska sähkön tuotanto tulee vaihtelevaan jatkossa suuresti johdettujen säävaihteluista. Laajamittaisiin sähkökatkoihin johtavia häiriöitä on odotettavissa, mikäli tuotanto ja kulutus eivät ole tasapainossa. Nykyisessä sähköjärjestelmässä hyödynnetään vähäpäästöisiä tuotantomuotoja, esimerkiksi vesi- ja ydinvoimaa. Tuotantoa on säädetty kulutuksen mukaan fossiilipohjaisella lauhdetuotannolla. Ilmastopimuksilla vähentyvä helposti säädettävä tuotanto, pientuotannon kasvu sekä sääriippuvaisen tuotannon kasvu vaikeuttavat sähkön tuotannon ennustamista. Siksi koko sähköjärjestelmään tarvitaan muutoksia, jotka auttavat tuotannon ja kulutuksen tasapainon ylläpitämisessä. [1, s. 9–13.]

Tässä opinnäytetyössä selvitetään, soveltuuko JOUKO – Joustava Kotitalouslaite asennettavaksi sähkökeskukseen sekä mitä mahdollisia muutoksia se vaatii laitteelle. Opinnäytetyössä perehdytään kysynnänjoustoon sekä muihin toimijoihin kysynnänjoustossa.

## 2 KYSYNTÄJOUSTO

Kun puhutaan kysyntäjoustopista, sillä tarkoitetaan sähkön käytön tai sähköenergian mikrotuotannon muuttamista tilapäisesti normaalista käyttöajankohdasta. Tämä tehdään sähkön hinnan tai muun kannustimen perusteella. Tuotannon ja kulutuksen on vastattava toisiaan sähköjärjestelmässä. Verkon taajuus nousee, mikäli tuotanto on kulutusta suurempi, ja laskee, jos kulutus on tuotantoa suurempi. Perinteisesti vaihtelevaan sähkönkulutukseen on sopeu-

duttu säätelemällä tuotantoa esim. lauhde- ja vesivoimalaitosten avulla. Nyky-päivänä ja tulevaisuudessa sääriippuvien tuotantojen, kuten aurinko- ja tuuli-voiman, kasvaessa tuotannon säätäminen ei ole kannattavaa tai mahdollista. [8]

Säätökapasiteetiksi rakennetun sähköntuotannon sijaan kuormituksella voidaan lisätä järjestelmään joustavuutta edullisesti. Kuormituksen vähentäminen valtakunnallisten tehohippujen aikana ja vastaavasti nostaminen ylituotannon aikana vähentää kalliimpien ja saastuttavampien tuotantomuotojen käyttöön-ottoa, ja ylituotannon aikana tuotantoa ei tarvitse ajaa alas.

## **2.1 Kysyntäjousto Suomessa**

Sähköenergian hinta nousee valtakunnallisten tehohippujen aikana. Suomessa tehohippuja on pienennetty joustamalla teollisuudessa. Myös sähkö-lämmitystä käyttävät ihmiset ovat joustaneet käyttämällä lämmitykseen yösähk-  
kää, joka on halvempaa. Tällä tavalla ohjataan sähkönkulutusta tasaisem-  
maksi koko vuorokauden ajalle. [7.]

Suomessa erilaisia kysyntäjouston kohteita voisivat olla yksityisasuntojen säh-  
kölämmitys, vesivaraajat sekä pieni-, suuri- ja keskisuuriteollisuus. Kysyntä-  
joustoa käytetään Suomessa sähkömarkkinoilla vain suurteollisuudessa. Pää-  
sääntöisesti sopimukset tehdään Fingridin kanssa, joka on Suomen kanta-  
verkkoyhtiö. Kysyntäjoustoa voi toteuttaa myös myymällä sähköä NordPoolin  
Spot- ja Elbas-markkinoilla. [2, s.47–48.]

Suurteollisuuden kysyntäjouston käytöstä ei ole tarkkaa tietoa, koska Spot-  
markkinan tarjouskauppa on luottamuksellista. Teollisuuden kysyntäjoustopo-  
tentiaaliksi on arvioitu noin 1300 MW, josta Fingridin järjestelmäreserviin kuu-  
luu noin 400 MW. Fingridin osuus ei ole vapaasti kysyntäjouston hyödynnettä-  
vissä. [2, s. 48.]

NordPool Spot -markkinoilla kaupankäyntiin liittyy maksuja, tästä johtuen ky-  
syntäjouston toteuttajat ovat vähintään keskisuuresta teollisuudesta. Tulevai-  
suudessa myös pienten ja keskisuurten yritysten hyödyntäminen kysyntäjous-

tossa mahdolliseksi, koska yritykset käyttävät jo tuntimittausta sekä tuntemusta erilaisista sähkömarkkinatuotteista. Pienet sähkökäyttäjät käyttävät palveluntarjoajia sähkön hankintaan, ja ne voivat mahdollisesti toteuttaa kysyntäjoustoja niiden kautta. [2, s. 48.]

Jotta kysyntäjoustopotentiaalia voitaisiin hyödyntää eri kaupankäyntialustoilla, jälleenmyyjän tai aggregaattorin tulisi kerätä kuluttajien joustettavia kuormia yhteen koska pienimmät tarjoukset markkinoilla ovat tyypillisesti 0,1–10 MW luokkaa riippuen markkinapaikasta, jolla kauppaa käydään. [9]

Kysyntäjoustoja ei ole hyödynnetty jakeluverkkotasolla tähän mennessä puutteellisen teknologian vuoksi. Pienkäyttäjät ja kuluttajat nähdään mahdollisiksi kysyntäjoustopotentiaalin hyödyntäjiksi tulevaisuudessa. Kysyntäjoustoosallistuminen tapahtuisi joko automaattisesti tai kuluttajan omalla aktiivisuudella. Mahdolliset joustoosallistuvat kohteet ovat siellä, missä on suuria irti kytkettäviä kuormia. Kotitalouksissa näitä olisivat esimerkiksi sähkökäyttöinen lämmitys ja lämminvesivaraaja. Sähkösaunan kiuas olisi teholtaan oikein hyvä, mutta ongelma muodostuu sen satunainen käyttö. [2, s. 48.]

## **2.2 Kysyntäjoustopalvelut ja laitteet**

Kysyntäjoustopalveluita on olemassa, ja uusia kehittelee jatkuvasti. Kesällä 2018 tutkimme JOUKO-joustavakotitalous-projektissa muita kysyntäjoustopalveluita, joita silloin oli There Corporationin laitteisto, jota hyödynsivät Fortum ja Karhu Voima ja Optiwatti-laitteisto. Nykypäivänä on myös Fidelix-palvelu, joka osallistuu kaupankäyntiin Fingridin kanssa asiakkaan puolesta. Myös Väre tarjoaa samankaltaista palvelua kuin Fidelix. Foremica on energianhallintalaitetta kauppaava yritys, ja sen palveluihin kuuluu erilaisia energianhallintamahdollisuuksia. Foremica ei käy kauppaa asiakkaiden joustopotentiaalilla.

### **2.2.1 There Corporation**

There Corporationin laite perustuu Z-Wave-teknologiaan. Se on koko kodin energianhallintajärjestelmä, jolla voidaan ohjata kodinlämminvesivaraajaa. Laite asennetaan sähkökeskukseen, ja sitä ohjataan etänä matkapuhelinsovelluksen kautta. Sovelluksen avulla voidaan tasapainottaa energiankulutusta

edullisille tunneille. Sovelluksen kautta voidaan myös pakottaa lämmitys päälle tai asettaa poissaoloaikoja, jolloin varaajaa ei lämmitetä turhaan. [3.]

### **2.2.2 OptiWatti**

Optiwatti-laitteisto ohjaa jokaista huonetta erikseen. OptiWatti-laitteella voidaan ohjata ilmalämpöpumppua, lämminvesivaraajaa, autonlämmitystä sekä patteri-, katto- ja lattialämmitystä. OptiWattia hallinnoidaan sovelluksen kautta äylaitteella. Lämmitystä voidaan säätää kokonaisvaltaisesti tai huone kerrallaan. Laitteisto koostuu keskusyksiköstä, joka ohjaa lämmitystä ja on yhteydessä internetiin. Releet asennetaan sähkökeskukseen, ja niillä ohjataan lämmityslaitteita. Anturit sijoitetaan jokaiseen huoneeseen, ja ne mittaavat huoneen lämpötilaa ja ilmankosteutta. Anturit ovat langattomia ja viestivät ohjainten ja keskusyksikön kanssa langattomasti. Laitteiston asetuksiin voidaan määrittää sähkösovimuksen tyyppi, ja laite osaa seurata pörssisähkön tunti-hinnoittelua, lisätä lämmitystä pienen hinnan tunneille ja vähentää sitä korkeilta hintapiikeiltä. Näin laite osallistuu automaattisesti kysyntäjousto. [4.]

### **2.2.3 Fidelix**

Fidelix on automaatoratkaisuja tarjoava kysyntäjoustopalvelu kotitalouksia suuremmille kohteille, kuten jäähalleille ja tekojäille, pakastevarastoille, tehtaille ja konepajoille sekä kauppakeskuksille. Yritys tarjoaa palvelua sähkön kysyntäjoustoan automaatiolaitteistoina ja kysyntäjoustoan kaupankäyntinä Fingridin kanssa. Palvelu on liitettävissä yrityksen oman automaation lisäksi useisiin muiden valmistajien automaatiolaitteistoihin. [5.]

### **2.2.4 Foremica**

Foremica tarjoaa energianhallintaratkaisuja kotitalouksista energiayhtiöihin. Foremican palveluina on Foremica Home. Tämä palvelu on kotitalouksille, joissa on oma aurinkosähköjärjestelmä. Foremica Home ennustaa aurinkopaneelilla tulevan tuoton ja ostettavan sähkön hinnan. Näin taloudessa on aina käytössä mahdollisimman edullinen sähkö ja kustannukset pienenevät. Laitteeseen voidaan yhdistää aurinkovoimala, sähköautonlataus, lämpöpumppu,



vesivaraaja, sähkövarastot tai vaikka uima-/poreallas. Laite pystyy optimoimaan eri laitteiden käyttöä, mm. joustamaan sähköauton latausta, jos sähköliittymä niin vaatii. Palvelun avulla voidaan myös myydä sähköä verkkoon, kun se on kannattavaa. [6.]

Toinen Foremican palvelu on Foremica EV. Tällä palvelulla voidaan hallita sähköauton latausta. Se tasapainottaa sähköauton latausta, mikäli kiinteistön muut kuormat, kuten sauna tai lämpöpumppu, sitä vaatii. Tätä ominaisuutta kutsutaan kuormanohjaukseksi. Palvelin kerää myöskin dataa latauspisteistä, tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi laskutuksessa. Voidaan asentaa taloyhtiöön, jolloin kuorman ohjauksella voidaan välttää liittymäkoon kasvattaminen ja turvata riittävä lataus kaikille. [6.]

Foremica APP -applikaatiolla voidaan seurata Foremica-järjestelmää mistä päin tahansa, kunhan nettiyhteys on toimiva. Applikaatiosta selviää kohteen energian hintatiedot, sääennuste, aurinkovoimalan tuottoennuste, kulutusdata, sähköauton latauspisteen tiedot ja akkukapasiteetti. Kaikki näytettävä tieto riippuu tuotteesta ja siihen liitetystä ominaisuuksista. [6.]

### **3 JOUKO-LAITE**

JOUKO-laite (myöh. JOUKO) on JOUKO-projektin (Joustava Kotitalous) kehittämä laite kodin energiankulutuksen hallintaan ja kysyntäjoustop toteuttamiseen kotitalouksille ja energiayhtiöille (kuva 1). Jouko sijoitetaan kotiin sähkökeskuksen viereen, ja siihen mahdollista liittää yksi kolmivaiheinen tai kolme yksivaiheista sähkölaitetta. Jouko on Raspberry-tietokonepohjainen laite, joka vastaanottaa komentoja GSM-yhteyden kautta. Ohjainyksiköllä ohjataan etänä kolmea relettä auki tai kiinni. Releet ovat suunniteltu 16A virralle.

Laitetta ohjaa Raspberry-tietokone, johon on kytketty asennuskohteen sijainnista riippuen GPRS- tai LoRa-radio, jonka avulla laite viestii palvelimen kanssa. LoRa-radion kantama ei ole kovin pitkä, joten sitä voidaan käyttää ainoastaan taajama-alueilla. GPRS-radio soveltuu myös haja-asutusalueille. Palvelimelta lähetetään mittauskysely laitteelle. Laite vastaa, tekee mittauksen ja lähettää palvelimelle mittautuloksen. Mittautuloksen perusteella palvelin

voi sitten pyytää laitetta katkaisemaan tai kytkemään releen läpi kulkevan virran.

Jouko-laitteen suunnittelu on perustunut mahdollisimman edulliseen hintaan ja vahvaan tietoturvaan. Tästä johtuen toimintalogiikkaa suunniteltaessa on lähtökohtana ollut, ettei ole kiire. Kaikki viestit kulkevat salatusti molempiin suuntiin eli laitteelta palvelimelle ja palvelimelta laitteelle. Jouko-laitteeseen ei pysty ottamaan ulkopuolelta yhteyttä, vaan viestintäprotokolla menee niin, että laite ottaa yhteyden palvelimeen ja tekee kyselyn, ”onko viestejä”. Tämä tekee laitteesta ”hitaan”, koska laite ottaa määräajoin yhteyden ja LoRa-verkossa laite saa yhden viestin kerrallaan. Mikäli palvelimelta tulee useampia viestejä, ne menevät jonoon.



Kuva 1. JOUKO-laite

### 3.1 Nykyinen layout ja toimintalogiikka

Nykyiseen layoutiin kuuluu Raspberry-tietokone, kolme kappaletta 16 ampeerin releitä, GPRS- tai LoRa-radio sekä Bluetooth- tai Ethernet-yhteys (kuva 2). GPRS- ja LoRa-radiota käytetään viestintään laitteen ja palvelimen välillä.

Kustannuksista johtuen viestin koko on pyritty minimoimaan. Myös LoRa-radion erittäin pieni maksimiviestinkoko rajoittaa viestien kokoa. LoRa-kommunkaatioissa on yhteysnopeudesta riippuen käytössä 51–241 tavua. Viestissä on käytettävä pienempää kokoa, koska ei voida olettaa, että yhteysnopeus olisi nopea, kun palvelimelta lähetetään kyselyä mittauslaitteelle. Viesti jäisi toimitamatta kokonaan, mikäli se olisi liian iso. Ethernet-yhteyttä voidaan käyttää ainoastaan paikalliseen testaukseen, koska laitteen tietoturva ei ole riittävällä tasolla, jotta sitä voitaisiin käyttää viestimiseen palvelimen kanssa.

Toimintalogiikan peruslähtökohtana JOUKO-laitteessa on, ettei toiminnalla ole kiire. Ohjelmiston suunnittelussa ensimmäinen prioriteetti on ollut tietoturva: kaikki viestit menevät salatusti molempiin suuntiin. Palvelin lähettää viestin Thing Park:ille, ja sieltä viesti menee laitteelle. Laitteelle menevät viestit menevät jonoon, ja kun laite lähettää kyselyn, onko viestejä, se saa jonosta yhden viestin kerrallaan. Ongelmana tässä on, että ei tiedetä, kuinka paljon viestejä on jonossa. Viestejä ei myöskään voida lähettää tiheästi, koska LoRa-verkkoa ei saa kuormittaa liikaa. GPRS-yhteydessä viesti menee suoraan palvelimelle HTTPS POST -viestillä (Hypertext Transfer Protocol Secure). Palvelin vastaa laitteelle replynä eli vastausviestinä (https response). Palvelin ei vastaa laitteelle, mikäli sillä ei ole katkoa tai päivitystä tarjottavana.

Laite ottaa toimintaan virran siihen kytkettävän kuorman 1-vaiheesta. Jos pyydetty katko toteutuu, laitteesta katkeaa myös virta ja laite sammuu ja käynnistyy uudelleen noin 1,5–2 minuutin kuluttua virtojen palaamisesta. Varsinaista tehonkulutusta laitteesta ei ole mitattu, mutta Raspberryn tehonkulutus on noin 1 W ja GPRS-radio kuluttaa maksimissaan 10 W, tämä kulutus on kuitenkin vain käytössä silloin, kun laite lähettää tai vastaanottaa viestejä.

Laitteen jäähdytykseen on oma erillispiiri, ja se kytkeytyy, kun laite lämpenee. Tämän lisäksi laitteessa on ilmareikiä, jotta lämmin ilma pääsee ulos laitteesta. Myös lämmityspiiri on saatavana, mikäli laite meinaa jäätyä. Jäätyminen on mahdollista, jos laite sijoitetaan lämmitystolpan tai sähköautonlatausaseman yhteyteen ulos.



Kuva 2. JUKO-laitteen nykyinen layout.

### 3.2 Nykyiset komponentit

Keskeisimpiä komponentteja laitteen toiminnan kannalta ovat Raspberry-tietokone, joka toimii laitteen toiminnan ohjaajana. GPRS- tai LoRa-radio toimii viestintänä pilvipalveluun. Haluttu sähkölaite/laitteet ohjataan 16 ampeerin releiden läpi, jotka katkaisevat sekä kytkevät sähkövirran näille laitteille. HAL-antureiden kautta on toteutettu releiden läpi kulkevan virran mittaus, jotta tiedetään, paljonko laitteet kuluttavat kyseisellä hetkellä.

### 3.3 Korvattavissa olevat komponentit

Jouko-laitteen komponentit on mietitty mahdollisimman edulliseksi kuitenkin turvallisuudesta tai tietoturvasta tinkimättä. Jouko-laitteen mahdollisesti korvattavia komponentteja voisivat olla releet ja Raspberry-tietokone. Näiden komponenttien korvaaminen muuttaisi laitteen käytettävyyttä ja sijoituspaikkaa monipuolisemmaksi. Periaatteessa kaikki komponentit ovat korvattavissa, mutta korvattava komponentti ei välttämättä toisi minkäänlaista lisäarvoa laitteelle tai lisäarvo olisi hyvin mitätön laitteen kokonaishinnan muutokseen nähden.

## **4 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TOTEUTUS**

Tämän opinnäytetyön tutkimus suoritettiin haastattelumenetelmällä. Haastattelumenetelmä oli paras vaihtoehto, koska laite on uusi, eikä sitä ole vielä asennettu minnekään, eikä sen käytöstä ja toimintatavasta ole tietoa kuin laitteen prototyypin suunnittelijoilla ja suunnitteluprojektissa mukana olevilla henkilöillä. Haastateltaviksi henkilöiksi valikoituivat laitteen ohjelmistosuunnittelija sekä laitteen tekninen suunnittelija.

Haastattelut suoritettiin koronaviruksen aiheuttamasta pandemiatilasta johtuen etänä. Toinen haastattelu suoritettiin puhelimitse ja toinen Teams-palaverin avulla. Haastatteluita varten laadittiin valmiiksi kysymyksiä, joiden ajateltiin auttavan saamaan vastauksia tutkimuksen kysymyksiin. Molemmat haastattelut olivat hyvin perillä laitteen tilanteesta sekä myöskin laitteen mahdollisuuksista, heikkouksista ja mahdollisista korvattavista komponenteista.

Haastattelukysymyksillä pyrittiin selvittämään tiedonsiirron periaate, tehonlähde, jäähdytys, layout-muutokset ja toimintalogiikka. Haastattelussa kysyttiin myös haastateltavien mielipide asennukseen sekä mielipide etäohjattavaan releeseen.

Molemmat haastattelut etenivät suunnitellusti avoimena haastatteluna. Kysymykset oli laadittu ennakkoon valmiiksi ja ne käytiin läpi. Haastateltava saattoi lisätä mielestään tärkeitä asioita, jotka viittasivat haastattelun kysymyksiin. Haastateltavilta tuli hyvin ideoita siihen, mitä laitteeseen voisi olla järkevä muuttaa ja mitä ei. Molemmat haastateltavat olivat myös sitä mieltä, että laitteen testausta käytännössä olisi myös hyvä päästä kokeilemaan ja miettiä syvemmin muutettavia seikkoja sen jälkeen.

## **5 JOUKO-LAITTEEN ASENNUS SÄHKÖKESKUKSEEN**

Tässä kappaleessa on tarkoitus selvittää JOUKO-laitteen asennusmahdollisuutta sähkökeskuksen sisälle sekä selvittää, onko JOUKO-laitteen asennus järkevämpi ennen keskuksen johdonsuojaa vai sen jälkeen ja nykyisen laitteen. Kappaleessa pohditaan myös nykyisen laitteen kehitysideoita.

Laitteen nykyisiä mahdollisuuksia sekä mahdollisia muutoksia kartoitettiin haastattelemalla laitteen ohjelmistosuunnittelijaa sekä laitteen teknistä suunnittelijaa. Molemmat olivat sitä mieltä, että laitteen asentaminen osittain sähkökeskuksen sisälle on mahdollista, mutta se ei ole kovinkaan järkevää tämänhetkisen laitteen kannalta, koska laitteen nykyiset komponentit eivät tähän sovellu ja niiden vaihtaminen sopiviin komponentteihin nostaisi laitteen hintaa merkittävästi. Seuraavissa kappaleissa käsitellään haastattelukysymysten perusteella saatuja vastauksia. Haastattelukysymykset ovat liitteenä.

### **5.1 Mitä komponentteja on vietävissä keskuksen sisälle?**

Järkevin komponentti Jouko-laitteesta keskuksen vietäväksi on relekomponentit. Releet tarvitsevat kuitenkin ohjauksen, ja releistä kulkeva virta on mittattava. Releet tulisi muuttaa Zigbee-radiota käyttäviksi etäohjattavaksi releiksi, jotka mittaavat läpikulkevan virran. Tämä poistaisi johdotuksen laitteen ja keskuksen välillä, mutta releet tarvitsisivat erillisen ohjauskomponentin, joka tulisi sovittaa Jouko-laitteen sisälle. Nämä releet ovat kuitenkin erittäin kalliita, ja ne nostaisivat laitteen hintaa sadoilla euroilla. Muussa tapauksessa releistä tulisi vetää ohjausjohdot laitteelle ja silloin laitteen layout tulisi suunnitella kokonaan uusiksi. Ohjaus johdon vetämisen sijaan releet voitaisiin yhtä hyvin jättää JOUKO-laitteen sisälle.

### **5.2 Muut korvattavat komponentit**

Jouko-laitetta voisi parantaa muidenkin komponenttien osalta. Raspberry-tietokone kannattaisi päivittää uudempaan versioon "Raspberry ZERO W" -tietokoneeseen. Raspberry Zerossa olisi WLAN-yhteysmahdollisuus. WLAN-yhteys mahdollistaisi nopeamman yhteyden kuin LoRa- tai GPRS-verkossa on mahdollista saavuttaa. Tämä kuitenkin vaatisi, että asennuskohteessa olisi WLAN-yhteys ja sen käyttöön saataisiin asiakkaalta lupa. Asiakkaan olisi myös huolehdittava, että WLAN-yhteys pysyisi jatkuvasti päällä. Lisäksi Raspberry Zero W sopisi suoraan nykyiseen piirikaavioon, ja se olisi muutettavissa seuraavaan JOUKO-laitteeseen.

### 5.3 Keskusasennuksen layout

Mikäli joitakin komponentteja tuotaisiin keskukseen sisälle, laitteen koko kytkentä tulisi suunnitella kokonaan uudelleen. Releiden sijoittelu vaikuttaa nykyiseen layoutiin merkittävästi, ja mikäli releet siirretään keskukseen, layout tulee suunnitella uusiksi, koska nykyinen ei toimi.

### 5.4 JOUKO-laitteen hinta ja asennus

JOUKO-laitteen hinnaksi nykyisillä komponenteilla on arvioitu noin 150 €, mikäli laitteita valmistetaan kerralla suurempi määrä, noin 5000 kpl. [10, s. 24]. Laitteen asennuksesta kuluja tulee 100–300 €, riippuen siitä kuinka hankala kohde on kyseessä ja tehdäänkö sinne kartoitus ennen asennusta. JOUKO-laitteen sisällä oleva tila on melko pieni ja laitteen kytkeminen voi olla melko haastavaa joissakin paikoissa. Koska JOUKO-laite on suunniteltu asennettavaksi jälkikäteen ja asennus tapahtuu keskuksen johdonsuojan jälkeen laitteelle menevä sähkökaapeli pitää katkaista ja kytkeä JOUKO-laite sinne väliin. Jälkikäteen tehtävät muutostyöt eivät ole helpoimpia ja siksi asennushinta voi nousta korkeaksi.

JOUKO-laitteen tämänhetkinen relevalinta on Hongfa HF14FW/012-ZST. Tämä rele on melko edullinen ja kolme kappaletta releitä saa noin 3,48 € hintaan. Mikäli releet vaihdettaisiin Zigbee-radiota käyttäviksi DIN-kiskoon asennettaviksi releiksi, niiden hinnaksi tulisi jälleenmyyjältä ostettuna noin 190 €. Tämä hinta voi olla jonkin verran halvempi suoraan valmistajalta ostettuna, mutta se tulisi silti olemaan huomattavasti kalliimpi kuin nykyinen releiden hinta.

Raspberry Zero, joka on tämänhetkisenä ohjaustietokoneena laitteessa maksaa noin 4,5 €. Vastaavasti Raspberry Zero W maksaa tuplasti kuin nykyinen ohjaustietokone. Noin 4,5 € hinnan korotus laitteen loppuhinnassa ei välttämättä ole ratkaiseva, varsinkaan jos WLAN-yhteydestä saatava hyöty on tarpeellinen.

## 6 POHDINTA

Markkinoilla on melko paljon erilaisia kysyntäjoustopon liittyviä laitteita ja palveluita. JOUKO-laite on suunniteltu sähköyhtiön tarpeita ajatellen. Ajatuksena onkin, että asiakas ei maksa laitteesta, vaan sähköyhtiö maksaa laitteen asiakkaalle ja asiakas vastavuoroisesti lupautuu osallistumaan sähkön kysyntäjoustopon. Sähköyhtiölle laite on arvokkaimmillaan silloin, kun se on mahdollisimman edullinen. Laitteessa ja palvelussa olisi kuitenkin hyvä olla sähkön säästämisen lisäksi jokin ominaisuus, jonka asiakas näkee hyötynä tai mukavuuden lisääjänä. Myös laitteen asentaminen tulisi olla mahdollisimman helppoa ja edullista. Tämänhetkinen JOUKO-laite on soviteltu sisätilaltaan melko ahtaaksi, ja tästä johtuen laitteen johdottaminen voi olla hieman haastavaa.

Laitteen komponenttien muuttamista sähkökeskuksen sisälle asennettavaksi ei voi pitää kovinkaan järkevänä sähköyhtiön kannalta, koska JOUKO-laite on jo nyt suunniteltu mahdollisimman edulliseksi, eikä laitteen osittainen siirto sähkökeskukseen tuo sähköyhtiölle minkäänlaista lisäarvoa.

Asiakkaan näkökulmasta katsottuna releiden vienti sähkökeskuksen sisälle voi pienentää JOUKO-laitteen fyysistä kokoa. Tällöin laitteelle ei tarvitsisi myöskään vetää sähkökeskuksesta johtoa, mutta laitteen ohjaukselle pitäisi ottaa virta jostain muualta, eli laite vaatisi erillisen virtalähteen. Laitetta ei kuitenkaan tarvitsisi välttämättä sijoittaa aivan sähkökeskuksen viereen. Riittävä etäisyys releiden ja ohjauksen välille olisi riittävä. Tämä tietenkin riippuu kohteen rakenteiden materiaaleista ja muista vastaavista seikoista sekä Zigbee-releiden signaalien voimakkuudesta.

Raspberry Zero W:ssa olevasta WLAN-yhteydestä sähköyhtiö hyöttyisi, mikäli olisi tarvetta nopeille katkoille. Asiakas taas ei nopeista katkoista välttämättä kovinkaan paljoa innostu, mutta WLAN-yhteys voisi mahdollistaa reaaliaikaisemman kulutusdatan seurannan, mikä voi tuoda lisäarvoa osalle asiakkaista. Raspberry Zeron päivittäminen WLAN-yhteydellä olevaan piirikorttiin voisikin olla järkevä toimenpide.



## Lähteet

1. Bremer, O., Frilander, O., Kaskinen, T. & Malho, M. Kysyntäjousto kuluttajan näkökulmasta. Helsinki: Demos. 2017.
2. Aalto, A., Honkasalo, N., Järvinen, P., Jääskeläinen, J., Raiko, M., Sarvaranta, A. Mistä lisäjoustoja sähköjärjestelmään? Loppuraportti. Energateollisuus ry Fingrid Oyj. 2012.
3. Sähkönkulutus säätöjärjestelmällä halpoihin tunteihin – satasen säästö omakotitaloille. *Maaseudun tulevaisuus* 7.12.2017.
4. OptiWatti. OptiWatin älyjärjestelmä ohjaa lämmitystä puolestasi. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: [www.optiwatti.fi](http://www.optiwatti.fi) [viitattu 10.12.2020].
5. Fidelix. Sähkön kysyntäjousto – jatkuvaa korvausta valmiudesta säästää hetkellistä kulutustasi. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: [www.fidelix.fi/kysyntajousto/](http://www.fidelix.fi/kysyntajousto/) [viitattu 17.12.2020].
6. Foremica. Aidosti viisaat ratkaisut kodin ja kiinteistön hallintaan. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: [www.foremica.com](http://www.foremica.com) [viitattu 18.11.2021].
7. Honkapuro, S. Kysyntäjousto hyödyttää kaikkia sähkön käyttäjiä ja laskee hintaa. Smart Energy Transition. Verkkoartikkeli. Julkaistu 17.11.2016. Saatavissa: [Kysyntäjousto hyödyttää kaikkia sähkön käyttäjiä ja laskee sähkön hintaa – Smart Energy Transition](#) [viitattu 18.11.2021].
8. Järventausta, P., Repo, S., Trygg, P., Rautiainen, A., Mutanen, A., Lummi, K., ... Belonogova, N. Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli): Loppuraportti. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. 2015.
9. Honkapuro, S., Tuunanen, J., Valtonen, P., Partanen, J., Järventausta, P., Heljo, J., & Harsia, P. Practical implementation of demand response in Finland. 23rd International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, CIRED 2015.
10. Puikkonen, M. & Raati, R. JouKo-joustava kotitalous projekti – Kysyntäjoustopalvelun liiketoimintamallit. 2018. Saatavissa: [FlexHomeEI-Power/Business Studies Report JouKo in Finnish.pdf at master · Teukka/FlexHomeEIPower · GitHub](#)

## Haastattelukysymykset

1. Tiedonsiirto: Mikä on tiedonsiirron periaate? Ongelmat? Ethernet mahdollisuus?
2. Tehonlähde ja Tehonkulutus: Mistä laite ottaa virran ja paljonko laite sitä kuluttaa? Tarvitseeko huomioida asennuksessa.
3. Jäähdytys: Miten jäähdytys on toteutettu ja mitä sen suhteen tulee huomioida?
4. Layout: Miten layout muuttuisi, jos jotakin komponenttia vietäisiin keskukseseen. Mikäli laite saataisiin keskusotelon sisälle? Tulisiko se huomioida layoutissa.
5. Toimintalogiikka?
6. Laitteen toimintalogiikka, onko se paras mahdollinen?
7. Onko mielestäsi Jouko-laitteessa jotain kehitettävää tai joukon kysyntäjoustopalvelussa?

## Mielipide

8. Asennukseen? Asennetaanko laite johdonsuojakatkaisijan ja kohteen väliin vai ennen johdonsuojaa?
9. Onko mahdollista saada sovitettua keskusotelon sisälle?
10. Voiko Mittauslaitteen viedä myös keskuksen sisälle?
11. Jos käytettäisiin etäohjattavaa relettä, mitä tulisi huomioida? Onnistuuko tehonmittaus samalla tavalla vai pitääkö sekin muuttaa? Mitä muuta tulisi mahdollisesti muuttaa?