

LÄMMÖN KYSYNTÄJOUSTON
OHJAUS- JA SEURANTANÄKYMIIEN KEHITTÄMINEN

Olli Juntunen

Opinnäytetyö

Tieto- ja viestintäteknikan koulutus
Insinööri (AMK)

2024

Tieto- ja viestintätekniiikan koulutus
Insinööri (AMK)

Tekijä	Olli Juntunen	Vuosi	2024
Ohjaaja	Tauno Tepsa		
Toimeksiantaja	Oulun Energia Oy		
Työn nimi	Lämmön kysyntäjoustop ohjaus- ja seurantanäkymien kehittäminen		
Sivumäärä	37		

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli kehittää Oulun Energia Oy:lle ohjaus- ja seurantanäkymiä lämmön kysyntäjoustop järjestelmien käyttöönoton testaukseen ja myöhempää käyttöä varten. Kehitystyö aloitettiin niin sanotusti puhtaalta pöydältä, koska varsinaisia graafisia näkymiä ei ollut vielä käytössä.

Kehitystyö alkoi eri järjestelmien välisen kommunikaation toimivuuden todentamisella. Ohjaus- ja mittaussignaalit kulkevat kiinteistöautomaatiojärjestelmästä API-kutsuina JSON-muodossa ABB:n palvelualustalle ja sen eri sovelluksiin. Näkymät kehitettiin Grafana Dashboard -alustaa käyttäen, joka on nettiselaimella käytettävä sovellus.

Näkymien kehittämisessä otettiin huomioon loppukäyttäjystävällisyys. Kaikkea mahdollista tietoa ei näytetä käyttäjälle, vain jousto-ohjauksen toimivuuden todentamisen kannalta olennainen tieto. Lisäksi näkymien asetteluun sekä värien dynaamisuuteen kiinnitettiin huomiota; näin ollen näkymät antavat loppukäyttäjälle tietoa jo nopealla katsauksella.

Opinnäytetyön lopputuloksena on kaksi valmista ja toimivaa näkymää seuranta-käyttöön. Kahden eri kiinteistöautomaatiojärjestelmän toimittajien järjestelmistä saatiin erilaista mittaustietoa, joten seurantanäkymä jaettiin kiinteistökohtaisiin osioihin. Koontinäkymään yksittäisten kohteiden mittaustietoja laskettiin yhteen ja pääpaino onkin jousto-ohjausten kokonaiskuvan hahmottamisessa. Koska lämmön kysyntäjoustop ohjaus oli työn tilaajalla vasta testausvaiheessa, itse ohjausnäkympien kehittäminen tässä projektissa jäi ideoinnin tasolle ja tulevaisuudessa huomioon otettavien asioiden pohtimiseksi.

Avainsanat järjestelmän kehittäminen, kiinteistöautomaatio, kulutus-huippujen tasoittaminen kysyntäjousto

Information and communication
technology
Bachelor of engineering (UAS)

Author	Olli Juntunen	Year	2024
Supervisor	Tauno Tepsa		
Commissioned by	Oulun Energia Oy		
Title	Developing Heat Demand Response		
Number of pages	37		

The goal of this thesis study was to develop control and monitoring views for Oulun Energia Oy for the testing and future use of heat demand response systems. The development work started from scratch because there were no actual graphical views in use yet.

The development began with verifying the functionality of communication between different systems. Control and measurement signals are transmitted from building automation systems to the ABB service platform and its various applications via API calls in JSON format. The views were developed using the Grafana dashboard platform, which is a web-based application. User-friendliness was considered in the development of the views. Only essential information for verifying the effectiveness of demand side response is shown to the user. Additionally, attention was paid to the layout and dynamic color schemes of the interfaces allowing users to quickly grasp the information.

As a result of the thesis study, two ready-to-use and functional views were developed for monitoring purposes. Different measurement data obtained from systems provided by two different building automation system suppliers, so the monitoring interface was divided into property-specific sections. In the summary view, measurement data from individual targets were aggregated with the focus being on understanding the overall picture of demand side response. Since the control of heat demand side response was only in the testing phase for the client, the development of the actual control view in this project remained at the conceptual stage for future consideration.

Keywords building automation, demand side response, peak shaving, system development

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 OULUN ENERGIA JA KAUKOLÄMPÖ	7
2.1 Oulun Energia.....	7
2.2 Kaukolämpöverkko	8
2.3 Lämmön kysyntäjousto	10
3 LÄMMÖN KYSYNTÄJOUSTON OHJAUS.....	13
3.1 API-rajapintapalvelun käyttäminen kiinteistöautomaatiossa	13
3.2 ABB Ability	14
3.3 Käyttäjystävällisen ohjaus- ja seurantanäkymän kehittäminen	14
4 OHJAUS- JA SEURANTANÄKYMIIEN KEHITTÄMINEN	16
4.1 Lähtötilanne	16
4.1.1 Jousto-ohjaus kiinteistöautomaatiojärjestelmässä.....	17
4.1.2 Signaalien toimivuus eri järjestelmien kesken	19
4.2 Näkymien kehitystyön aloittaminen.....	21
4.3 Näkymien muodostaminen	25
4.3.1 Seurantanäyttö	25
4.3.2 Koontinäyttö	27
4.4 Ohjausnäkymien kehittäminen.....	31
5 POHDINTA	34
LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Oulun Energia on julkisesti asettanut päämääräksi täyden hiilineutraaliuden saavuttamisen vuonna 2030. Tavoitteeseen pyritään erilaisien toimien kautta lisäämällä bioenergian käyttöä, luopumalla turpeen käytöstä polttoaineena energiantuotannossa, sähkökattiloiden ja aurinkovoiman hyödyntämisellä sekä energiatehokkuuden parantamisella. Energiatehokkuuden parantamiseen pyritään esimerkiksi hyödyntämällä hukkalämpöjä sekä kehittämällä kysyntäjoustoa kulutushuippujen ohjaamiseen. (Oulun Energia 2024b.)

Suorittaessani syventävää ammatillista harjoittelua Oulun Energian lämpöpalveluiden osastolla vuoden 2023 loppupuolella aloitettiin samaan aikaan lämmön kysyntäjoustopon testaaminen. Opinnäytetyön aihetta tiedustellessani esille nousi välittömästi kysyntäjoustopon testaukseen liittyvä huomio. Järjestelmällä ei ollut vielä varsinaista graafista ohjaus- ja seurantanäkymää. Näkymät päätettiin toteuttaa ABB:n järjestelmän sisälle Grafana Dashboardia käyttäen. Järjestelmä oli jo valmiiksi käytössä Oulun Energiassa muissa toteutuksissa sekä työn toteuttajalle ennalta tuttu harjoittelujakson käyttökokemusten vuoksi.

Koska lämmön kysyntäjoustopon testaus on Oulun Energiassa alkuvaiheessa, näkymien kehittämisen ensisijainen tavoite oli todentaa jousto-ohjaussignaalin toimivuus Oulun Energian järjestelmän ja kiinteistön oman automaatiojärjestelmän välillä sekä nähdä ohjauksen vaikutukset kohteessa. Seurantanäkymästä haluttiin nähdä jousto-ohjauksen vaikutus lämmitysjärjestelmän menoveden lämpötilan muutokseen ja näin ollen myös mahdollisesti huonelämpötilojen muutokseen.

Näkymien kehityksessä tavoitteena on näkymien loppukäyttäjystävällisyyden maksimoiminen informaation määrää, asettelua ja värimaailmaa optimoimalla. Työn tilaajalta saadun palautteen mukaan tavoitteissa onnistuttiin. Näkemystä toimivista ratkaisuista työn toteuttamiseen kannalta löytyy työkokemuksen kautta voimalaitoksen prosessinohjaajana työskentelystä noin kymmenen vuoden ajalta.

Opinnäytetyö sisältää teoriaosuuden. Ensimmäisessä osiossa käydään läpi Oulun Energian historiaa, kaukolämpöverkkoa ja lämmön kysyntäjoustopon yleisesti. Toisessa teoriaosiossa käydään läpi kysyntäjoustopon ohjauksen toteutusta API-

rajapintapalvelua ja ABB:n järjestelmää käyttäen sekä ajatuksia, kuinka toteutetaan käyttäjäystävällinen käyttönäkymä.

Menetelmällisen toteutuksen osiossa käydään koko prosessi läpi API-rajapintapalvelusta saatavien signaalien testauksesta lopullisten näkymien valmistumiseen asti. Opinnäytetyön tuloksena valmistui kaksi valmista seurantanäkymää. Ohjausnäkömman kehitystyö aloitetaan Oulun Energian ja ABB:n aloittavat myöhemmin. Opinnäytetyö sisältää ideointia tätä tulevaa kehitystyötä varten.

2 OULUN ENERGIA JA KAUKOLÄMPÖ

2.1 Oulun Energia

Oulun Energian toiminta alkoi joulukuun 8. päivänä vuonna 1889, jolloin Oulun kaupungissa sytytettiin katuvalot toisena kaupunkina Suomessa. Sähköiset katuvalot saivat virtansa Oulun Kiikelissä sijaitsevasta höyrykoneesta. Suomen sota-aikana aloitettiin rakentamaan Merikosken vesivoimalaitosta, joka alkoi tuottamaan sähköä vuonna 1948 ja valmistui lopullisesti marraskuussa 1954. Tässä vaiheessa Oulun kaupungin sähkölaitos oli nimensä mukaan pelkkä sähkölaitos, josta kasvoi myöhemmin energia- ja kiertotalousyhtiö. (Oulun Energia 2023a.)

Kaukolämmön jakelu alkoi vuonna 1969, jolloin Myllytullin kaukolämpökeskus otettiin käyttöön. Vuoden 1971 lopussa kaukolämpöverkossa oli 54 asiakasta. Kaukolämpöverkkoa laajennettiin ja rakennuksia liitettiin verkkoon. Verkon laajentuessa verkkoon liitettiin myös yhteistyökumppaneita tarjoamaan varatehoa: Kemira Oy, Oulun yliopistollinen keskussairaala ja Oulu Oy. Oulu Oy tunnetaan nykyään nimellä Stora Enso, joka on vieläkin Oulun Energian yhteistyökumppani, joka tarjoaa kaukolämpöverkkoon lämpöä tarvittaessa. (Alatulkkila 2019.)

Toppila 1 -yhteistuotantolaitos rakennettiin 1970-luvun lopulla, josta saatiin niin sähköä kuin kaukolämpöä. Samaan aikaan nimi Oulun kaupungin sähkölaitos muutettiin muotoon Oulun kaupungin energialaitos. Vuonna 1995 Toppila 1 -yksikön rinnalle rakennettiin Toppila 2 -voimalaitosyksikkö. Vuonna 1996 nimi muutettiin Oulun Energiaksi. Muutos kaupungin liikelaitoksesta osakeyhtiöksi tapahtui vuoden 2014 lopussa. Näin ollen nimi muuttui Oulun Energia Oy:ksi. (Alatulkkila 2019.)

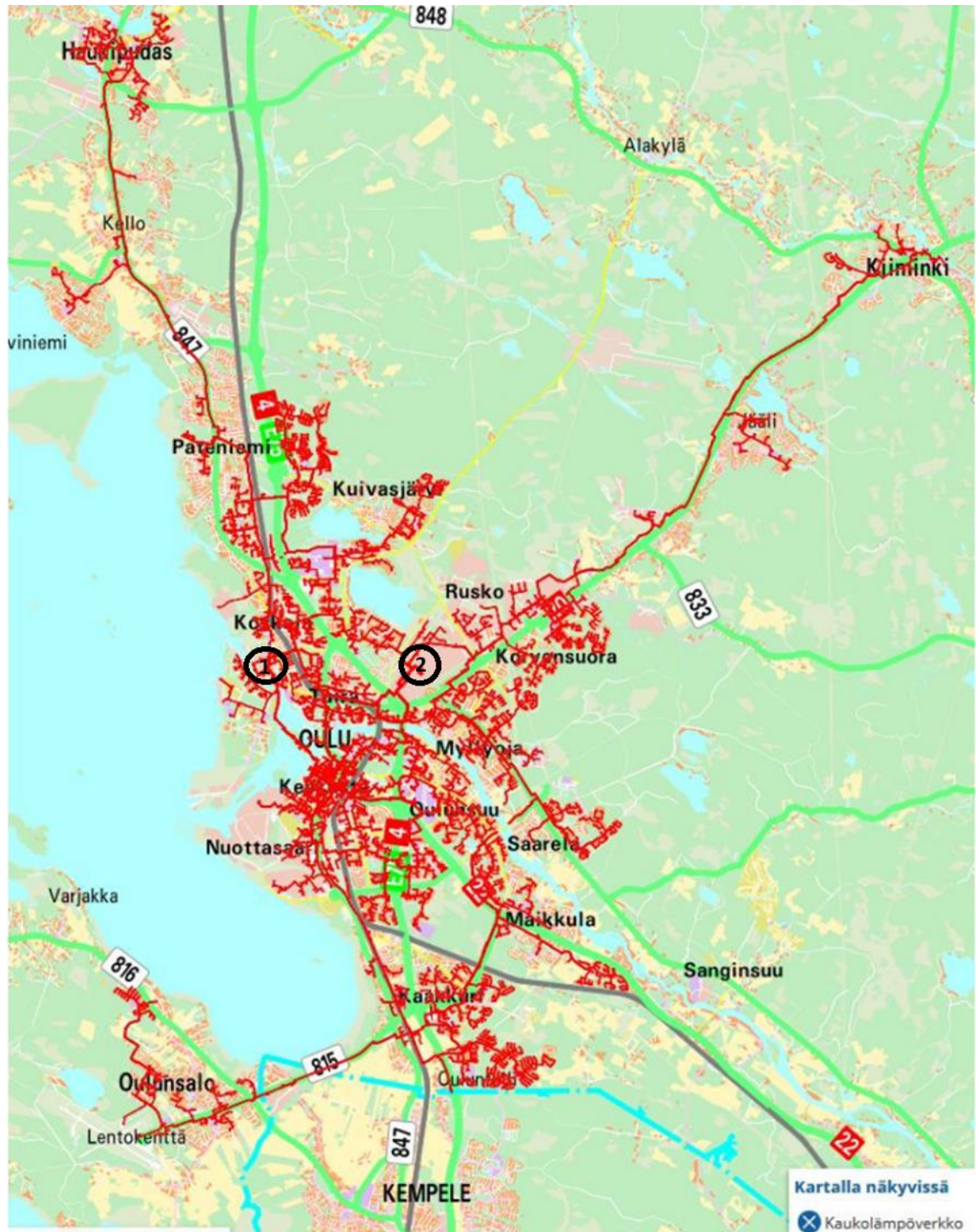
Vuonna 2012 Oulun Energia rakensi Laanilan teollisuusalueelle ekovoimalaitoksen, jossa poltetaan kierrätykseen kelpaamatonta jätettä. Laitoksen tuottama höyry käytetään teollisuusalueen laitosten prosessihöyryinä sekä lämpönä. (Oulun Energia 2023b.)

Toppila 1 -voimalaitosyksikön korvaajaksi rakennettiin Laanilan teollisuusalueelle uusi yksikkö Oulun Energian Laanilan biovoimalaitos. Laitos valmistui vuonna 2020 se tuottaa sähköä, kaukolämpöä ja prosessihöyryä. (Oulun Energia 2023b.)

Alkuvuodesta 2024 Oulun Energia otti käyttöön Laanilan teollisuusalueelle rakennetun sähkökattilan. Kattilan teho on 40 megawattia ja sen tuottamaa höyryä voidaan hyödyntää teollisuusalueella toimivien laitosten prosessihöyrynä tai lämmönvaihdinta hyväksikäyttäen kaukolämpönä. Käyttämällä sähkökattilaa höyryntuotannossa halvan sähkön aikana voidaan säästää kymmeniä kiinteänpolttoainekuormia. (Oulun Energia 2024a.)

2.2 Kaukolämpöverkko

Oulun Energian kaukolämpöverkon asiakkaita oli vuonna 2022 noin 11 000, toisin sanoen noin 160 000 ihmistä on kaukolämpöverkon piirissä. Kaukolämpöverkko onkin laajentunut merkittävästi, verkkoa on rakennettu vuosien aikana noin 900 kilometriä. Kaukolämpöverkko on laaja, kuten kuviosta 1 voidaan todeta. Kaukolämpöverkon pohjoisin piste on Haukiputaalla, eteläisin piste on Kempeleessä. (Oulun Energia vuosi ja vastuullisuus 2022, 22–23.)



Kuvio 1. Oulun Energian hallinnoima kaukolämpöverkko

Kaukolämpöverkkoon on kytketty suurempien voimalaitosyksiköiden lisäksi myös huippukuormalämpölaitoksia, joiden yksittäinen maksimiteho on noin 40 megawattia. Huippukuormalaitoksia on kaukolämpöverkoston eri puolilla yhteensä kahdeksan kappaletta, joista kaksi sijaitsee Toppilan voimalaitosyksikön yhteydessä, joka on kuviossa 1 merkitty numerolla 1. Lisäksi verkkoon on liitetty kaksi

kaukolämpöakkuja, joita voidaan hyödyntää eri tilanteissa joko lataamalla lämpöä akkuun tai purkamalla lämpöä akusta. Kaukolämpöakut sijaitsevat Toppilan voimalaitosyksikön ja Laanilan yksikön yhteydessä. Laanilan teollisuusalueella sijaitseva OE Bio- sekä ekovoimalaitos on merkitty kuvioon 1 numerolla 2. (Oulun Energia vuosi ja vastuullisuus 2022, 19–22.)

Kaukolämpöverkkoon ajettavan kaukolämpöveden lämpötila seuraa ennalta asetettua käyrää, joka ottaa huomioon ulkolämpötilan. Asiakkaan ja Oulun Energian välisessä sopimuksessa määritellään asiakkaalle tulevan kaukolämpöveden minimi- ja maksimilämpötilat normaaleissa käyttöolosuhteissa. Kaukolämpöveden tulee olla vähintään 65 °C ja enintään 120 °C. (Oulun Energia kaukolämmön sopimusehdot 2017. Energiateollisuus ry suositus t1/2017, 5)

Kaukolämmön tuotantoa kehitetään jatkuvasti. Käyttöön otetaan esimerkiksi lämpöpumpputekniikkaa. Lämpöpumppuja käyttämällä voidaan kohteiden lämpö tuottaa markkinahintojen mukaan joko kaukolämpöverkosta saatavalla lämmöllä tai sähköä käyttämällä lämpöpumpuilla. Lämpöpumppuja hyödynnetään myös kauppojen jäähdytyksessä syntyvän hukkalämmön talteen ottamiseksi kaukolämpöverkkoon. (Oulun Energia vuosi ja vastuullisuus 2022, 22–23)

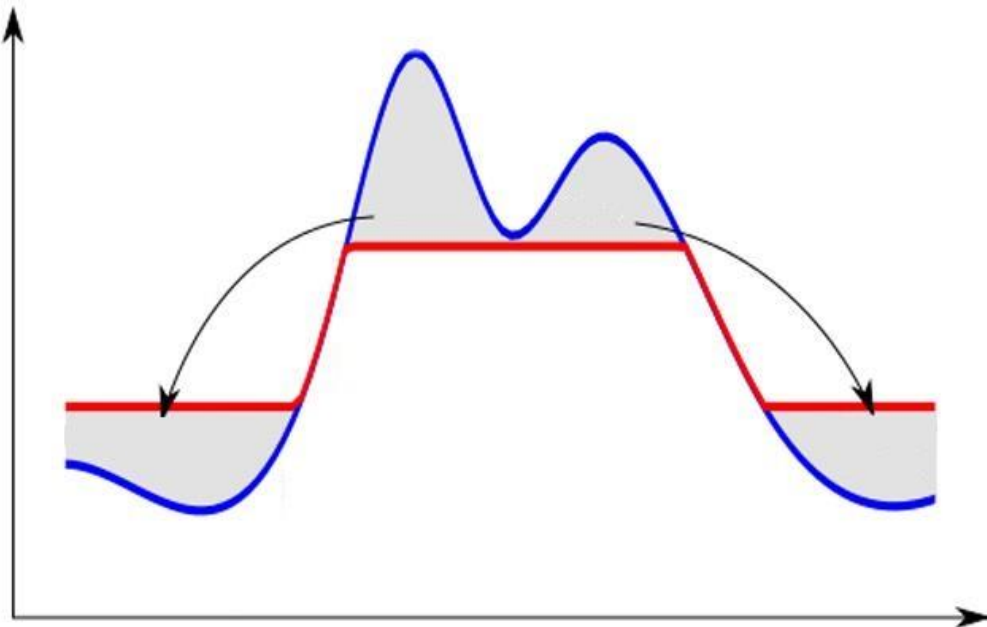
2.3 Lämmön kysyntäjousto

Kaukolämpöverkon kulutuspiikit ajoittuvat aamu- ja iltahuippuihin. Lisäksi haasteellisina vuodenaikoina voidaan pitää syksyä ja kevättalvea, jolloin öisin ulkolämpötila voi laskea huomattavasti pakkaselle ja päivällä on monta astetta lämmintä. Näitä lyhyitä kuormituspiikkejä voidaan joutua paikkaamaan huipputeho-laitoksilla ja ostamalla lämpöä yhteistyökumppaneilta, jos päälaitoksilla ja kaukolämpöakuilla ei saada riittävää kaukolämpötehoa tuotettua. Oulun Energian voimalaitosyksiköt ovat molemmat vastapainevoimalaitoksia, joten sähkön hinnallakin on merkitystä, millä tavalla kaukolämpöä milloinkin tuotetaan. (Alatulkkila 2019.)

Lämmön kysyntäjoustolla pyritään tasaamaan näitä kulutuspiikkejä. Kysyntäjousto ei näin ollen ole varsinaisesti energian säästötoimi, vaan kulutuksen hallintatoimi. Kysyntäjoustoa hyödyntämällä isoimmat kulutuspiikit saadaan pienem-

mäksi ja kaukolämpötehon tarve siirrettyä verkon hallinnan kannalta suotuisampaan ajankohtaan. Kulutuksen hallinnan avulla huippulämpöä joudutaan tuottamaan vähemmän, jolloin kaukolämmön tuotantokustannukset pysyvät kilpailukykyisenä. (VALOR Partners Oy 2015, 5.)

Kulutuspiikkien tasauksen idea on esitetty kuviossa 2. Kuviossa nähtävä sininen trendiviiva on kuvitteellinen alkuperäinen kaukolämpöverkon tehokäyrä. Lämmön kysyntäjoustoa käyttämällä kaukolämpöverkon vaatimaa tehoa saadaan siirrettyä halutulle ajankohdalle (kuviossa harmaat alueet), jolloin kaukolämpöverkon tehokäyrä seuraa punaista trendiviivaa.



Kuvio 2. Kulutuspiikkien tasaus

Lämmön kysyntäjouston toteuttamisessa on otettava huomioon Suomen ympäristöministeriön asetukset sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Asetuksen mukaan huonelämpötilan suunnitteluarvona tulee pitää 21 °C:tta ja hyväksyttävänä lämpötilapoikkeamana lämmityskauden aikana pidetään ± 1 °C:tta. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017/1009 § 4.)

Tutkimuksissa on todettu, että sisälämpötilan muuttuessa 0,5 °C/tunnissa viihtyvyyteen vaikuttavaa tunnetta ei synny. Joustopotentiaali on tietenkin kiinteistökohtaista. Uudemmissa, pääosin vuoden 2003 jälkeen rakennetuissa kiinteistöissä energiatehokkuus on huomattavasti parempi kuin vanhemmissa kiinteistöissä. Kohteissa sisälämpötila ei laske kovillakaan pakkasilla merkittävästi kysyntäjouaston aikana. Kysyntäjouaston tehokkuutta ajatellen paras kohderyhmä on vanhempi rakennuskanta, jonka lämmitystekot ovat suuria ja kohteita on enemmän. (VALOR Partners Oy 2015, 20–21.)

3 LÄMMÖN KYSYNTÄJOUSTON OHJAUS

3.1 API-rajapintapalvelun käyttäminen kiinteistöautomaatiossa

Kiinteistöautomaatiojärjestelmästä saatavaa kiinteistöjen olosuhde-, prosessi- ja määrämittausdataa saadaan käyttämällä API REST-tyyppistä rajapintaa. Dataa siirretään järjestelmien välillä JSON-muodossa. Rajapinta toimii niin sanotusti välittäjänä tiedon tarjoajan ja käyttäjän välillä. (RedHat 2022.)

Lämmön kysyntäjoustopalvelun ohjauksessa dataa siirretään JSON-muodossa. Rajapintapalvelun avulla saadaan kohteista mittausdataa, mutta palvelun välityksellä eivät siirry kohteiden hälytykset. Hälytykset täytyy lukea palveluntuottajan omasta järjestelmästä. Rajapinnassa käytetään käyttäjä- ja kohdekohtaista avainpohjaista autentikointia, kaikki tiedonsiirto tapahtuu HTTPS-protokollan avulla. (Ouman Oy Ounet käyttö- ja sopimusehdot 2023, 9.)

Tiedonsiirto toimii molempiin suuntiin, sillä lämmön kysyntäjoustopalvelua myös ohjataan rajapintaa käyttämällä. Käytössä oleva API REST-rajapinta mahdollistaa käyttämään niin sanottuja http-metodeja. Yleisesti käytettyjä http-metodeja ovat get, post, put, delete, sekä patch. (Gupta 2023.)

Lämmön kysyntäjoustopalvelun ohjauksessa metodit on nimetty yksinkertaisesti READ ja WRITE. Kiinteistöautomaatiojärjestelmiä on Oulun Energialla käytössä kahdelta erilliseltä toimittajalta. Toimittajien omissakin järjestelmissä on saatavana optiona kysyntäjoustopalvelun ohjaus, mutta Oulun Energialla on päätetty, että kysyntäjoustopalvelun ohjaus toteutetaan keskitetysti hyödyntämällä rajapintapalvelua, sekä ABB:n ohjelmistoa. (Ouman Oy Ounet käyttö- ja sopimusehdot 2023, 9.)

Joustopalvelua ohjataan lähettämällä WRITE-metodilla muuttujan arvo kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Muuttujia ovat automaatiojärjestelmän mukaan jousto päälle tai pois, paljonko joustetaan (kohteen mukaan joko laskettava lämpötila asteina tai tehon arvo kilowatteina), jouston aika minuutteina sekä suoja-aika. Suoja-ajalla tarkoitetaan aikaa kahden eri joustotapahtuman välillä. (Gupta 2023.)

Tietojen luku API rajapinnalta tapahtuu tietyin aikavälein. Palveluntarjoajan mukaan luettua saadaan joko sen hetkiset mittausarvot tai arvot viimeisen tunnin ajalta, tietoa saadaan kymmenen minuutin välein. (Ouman Oy Ounet käyttö- ja sopimusehdot 2023, 9.)

3.2 ABB Ability

ABB Ability on digitalisaatiopalvelualusta, joka sisältää lukuisia palvelimia, niin fyysisiä, kuin virtuaalisia, sekä sovelluksia esimerkiksi kaukolämpö- ja muiden kohteiden datan tallennukseen, analysointiin ja visualisointiin. Alusta tarjoaa myös mahdollisuuden ohjata edellä mainittuja kohteita. (Junttila & Parkkinen 2005, 29.)

Digitalisaatiopalvelualusta sisältää kohteista saatavan datan tallennuksen. ABB Ability sisältää history serverin, joka sisältää RTDB-tietokannan (Real Time Database), jota käytetään datan säilyttämiseen ja puskurointiin sekä erillisen käyttöliittymäsovelluksen (Vtrin), jonka avulla data on mahdollista esittää graafisesti. (Junttila & Parkkinen 2005, 29.)

Lähtökohtaisesti ABB Ability -alustan rajapinnat ja signaalit kulkevat Vtrin kautta. Lämmön kysyntäjoustop signaalit saadaan JSON-muodossa, signaalit on ensin ristikytettävä tietokantaan. Tietokantaa hallitaan Microsoft Excelin avulla, jonne määritellään relaatiot tietokannan muuttujien ja API-pisteiden välille. Tietokannan hallintaa, muuttujien ja API-pisteiden määrittäminen on mahdollista tehdä myös Vtrinissä. Vtrinistä tiedot on mahdollista nostaa ABB Optimax -sovellukseen. Optimax on nettiselaimella käytettävä työkalu, jonne on mahdollista luoda loppukäyttäjänäkymiä. Optimax käyttää datan visualisointiin Grafanaa, joka on avoimen lähdekoodin visualisointisovellus. (Grafana Labs 2023.)

3.3 Käyttäjätasoisesta ohjaus- ja seurantanäkymän kehittäminen

Ohjaus- ja seurantanäkymiä suunniteltaessa tulee tunnistaa loppukäyttäjän tarpeet, näkymissä tulee olla vain tehtävän suorittamiseen tarvittavat elementit. Lisäksi elementtien tulee olla hyvin tunnistettavissa, jotta loppukäyttäjä ymmärtää

ja tunnistaa yksittäiset asiat ja kuinka asioita voidaan käyttää työtehtävän suorittamiseen. Suunnittelussa tämä asia onkin yksi tärkeimmistä huomioon otettavista asioista. Loppukäyttäjällä ei ole samaa käsitystä näkymien elementeistä kuin itse suunnittelijalla. (Kuoppala, Parkkinen, Vastamäki & Sinkkonen 2006, 57.)

Näkymien kehittämisessä tulee ottaa huomioon loppukäyttäjryhmien vaatimukset, mitä tietoa kukin ryhmä tarvitsee. Kaikkea mahdollista tietoa ei kannata näyttää vain varmuuden vuoksi, jolloin oikeasti tärkeä tieto voi jäädä käyttäjältä huomaamatta. Tiedon jakaminen eri tasoihin on myös hyvä keino pitää perusnäkyvä tarvittavan yksinkertaisena ja näin ollen käyttäjäystävällisenä. Tiedon voi jakaa esimerkiksi päätasoon ja alatasoon, jolloin päätasolla näytetään enemmän yleiskatsausta ja alatasolla tarkempaa informaatiota. (Kuoppala ym. 2006, 91.)

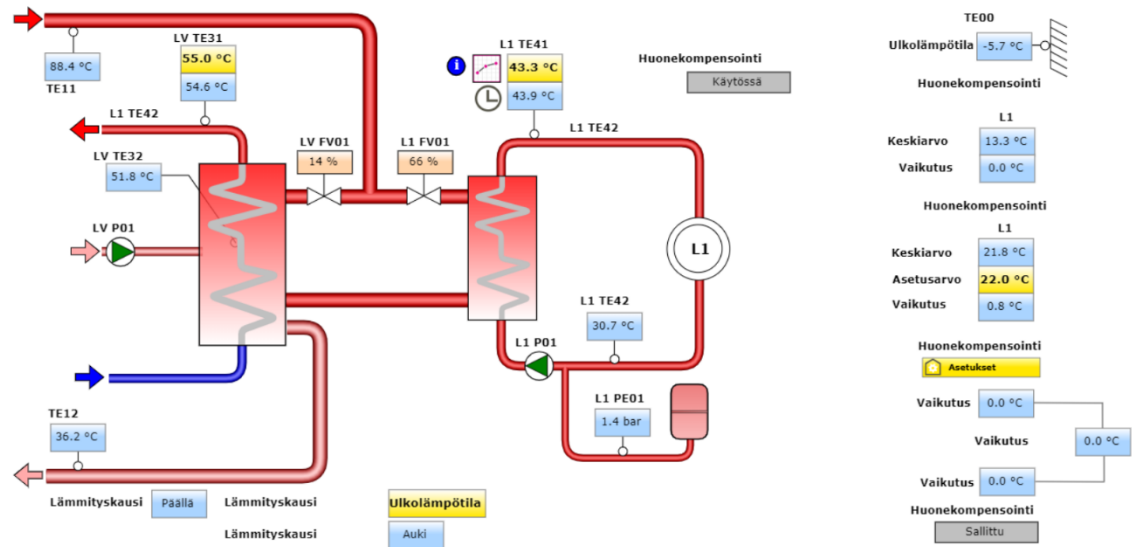
Loppukäyttäjän tarkkaavaisuutta tiettyä informaatiota kohtaan voidaan ohjata erottamalla elementti muista näkymän kohteista. Kohde voidaan esimerkiksi erottaa muista kohteista käyttämällä poikkeavaa muotoilua ja värejä tai esimerkiksi käyttämällä tyhjää tilaa elementin ympärillä. On myös huomioitava, että yleisesti ihmisen katse suuntautuu ensimmäisenä näytön vasempaan ylälaitaan, ellei jokin muu ärsyke ohjaa katsetta muualle. Näin ollen yleisesti suositellaan tärkeimmän informaation sijoittamista näytön vasempaan yläkulmaan. (Kuoppala ym. 2006, 88–93.)

4 OHJAUS- JA SEURANTANÄKYMIIEN KEHITTÄMINEN

4.1 Lähtötilanne

Työtä aloittaessa lämmön kysyntäjousto on Oulun Energialla niin sanotussa koe-käytössä. Kysyntäjouston ohjaukset toimivat ABB:n Vtrinissä aikaohjelmina, jotka koostuvat jousto-ohjeesta sekä kellonajasta, jolloin jousto suoritetaan. Kohteen mukaan jousto-ohje on joko vähennettävä lämpötila tai kilowatteina annettava arvo. Kohteita on testikäytössä 18 kappaletta. Joustot menevät API-kutsuina kiinteistöautomaatiojärjestelmälle.

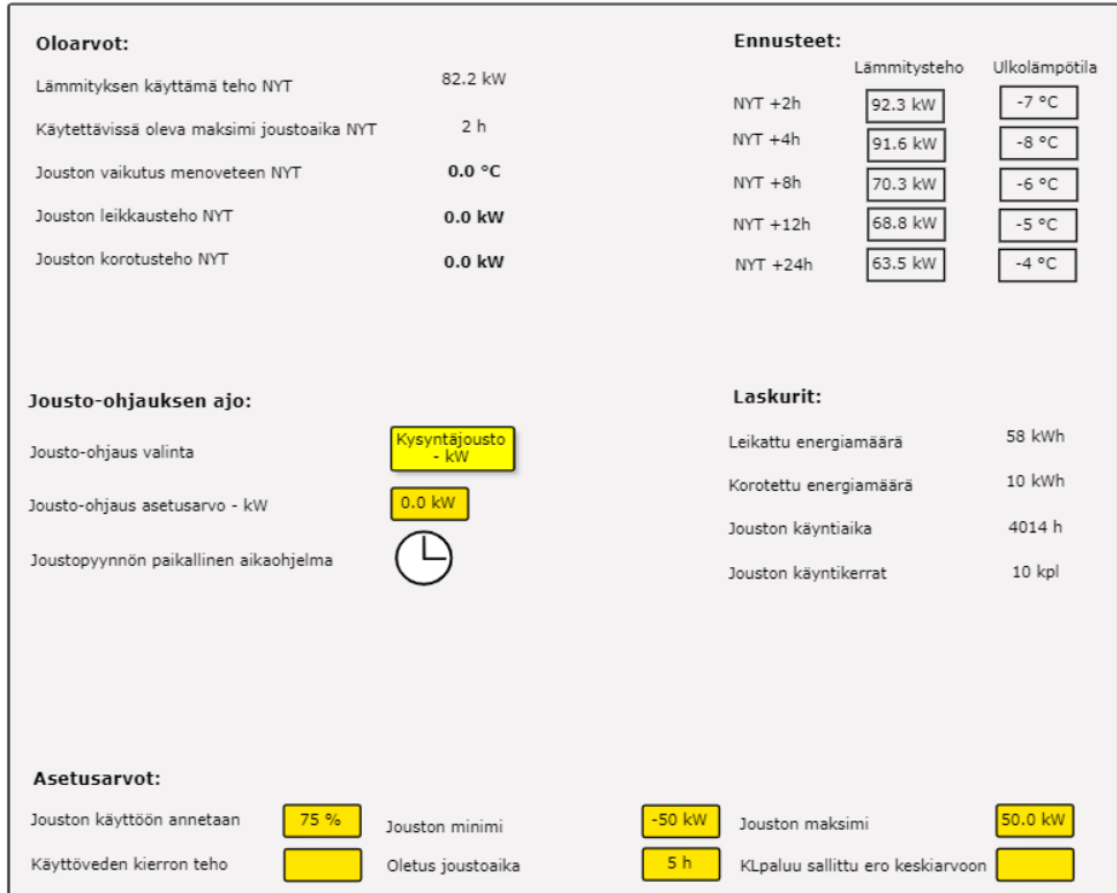
Käytössä on kahden eri toimittajan kiinteistöautomaatiojärjestelmät. Kuviossa 3 on nähtävillä yhden kohteen perusnäkökuva. Näkökuvasta nähdään kohteen käyttöveden ja patteriverkoston lämmönvaihtimet. Kuviossa oleva L1 kuvaa kiinteistön patteriverkostoa. Molemmille vaihtimille on omat säätöventtiilit sekä lämpötilamittaukset. Kiinteistöautomaatiojärjestelmät ovat täysin internetpohjaisia, joten niitä voidaan käyttää tietokoneen tai mobiililaitteen selaimella.



Kuvio 3. Yksittäisen kohteen kiinteistöautomaation perusnäkökuva

Kiinteistöautomaatiojärjestelmässä on perusnäkökuvan lisäksi myös erillinen jousto-ohjausikkuna, jonka kautta jousto-ohjaus voidaan laittaa päälle. Tarkoituksena on, että jousto-ohjaukset laitetaan keskitetysti ABB:n järjestelmän kautta API-kutsuina. Kuviossa 4 nähdään erillinen jousto-ohjausikkuna. Tilanteessa jousto-ohjaus ei ole käytössä. Näkökuvassa on listattuna mittausten avulla laskettu

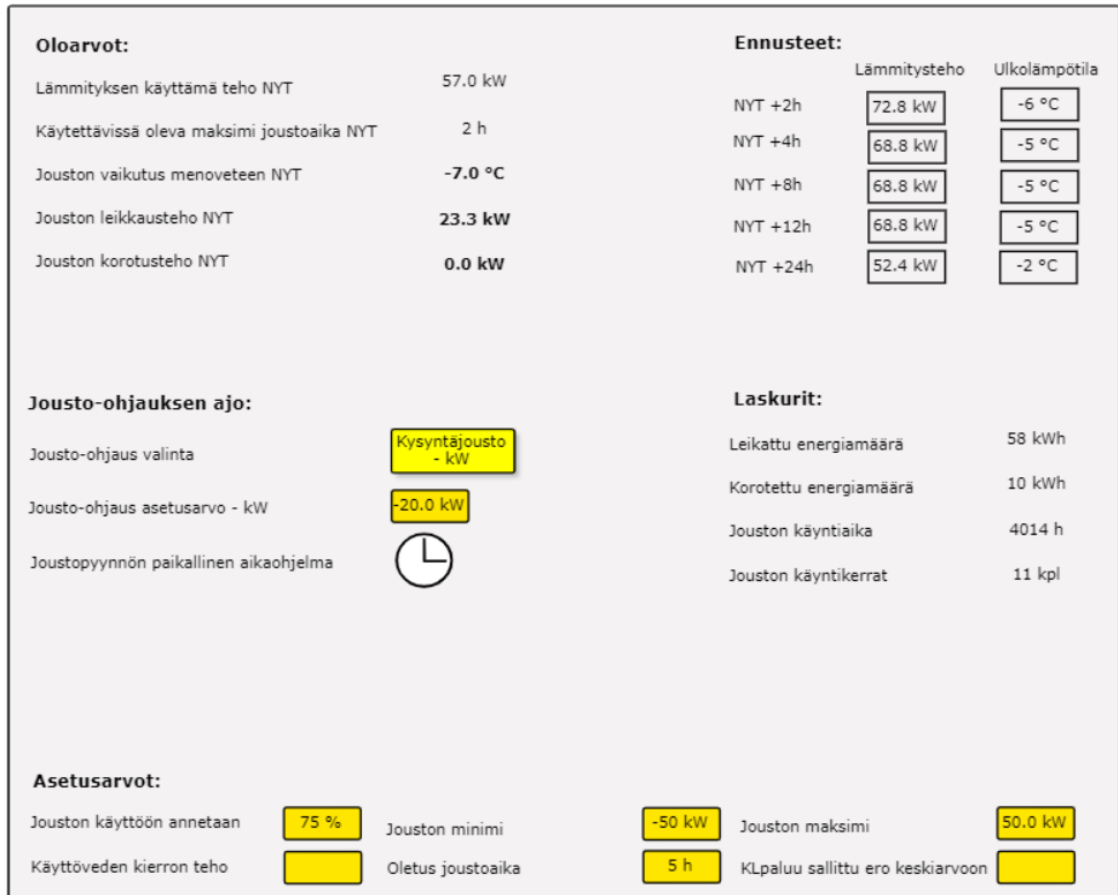
lämmityksen käyttämä teho sekä jousto-ohjauksen vaikutus tehoon ja patteriverkoston menoveden lämpötilaan. Keltaisella pohjalla olevat elementit ovat käyttäjän aseteltavissa.



Kuvio 4. Yksittäisen kohteen jousto-ohjausikkuna

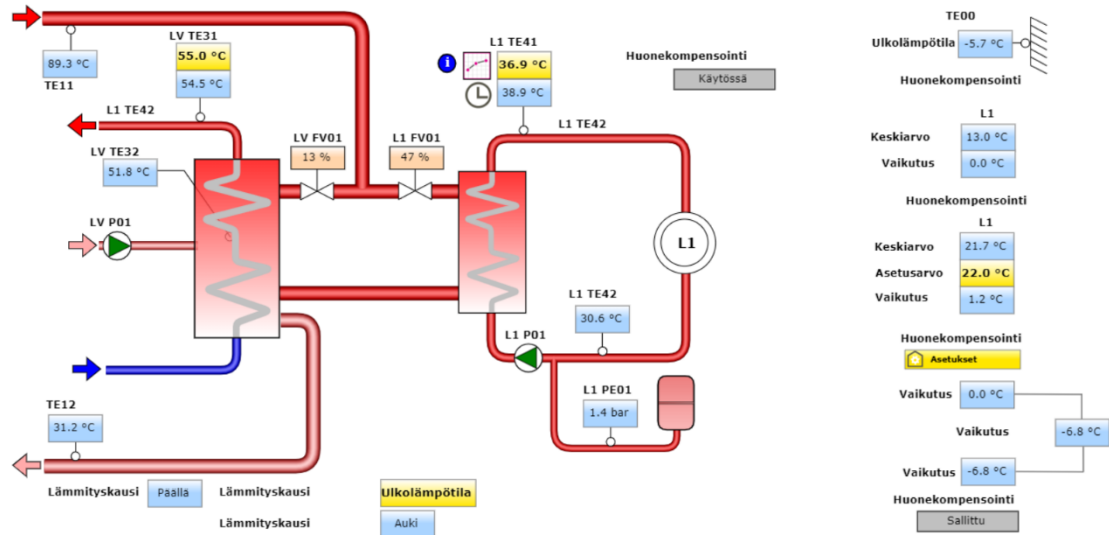
4.1.1 Jousto-ohjaus kiinteistöautomaatiojärjestelmässä

Tähän kohteeseen on tehty aikaohjelma ABB:n Vtriniin, joka lähettää jousto-ohjauksen aamulla klo 7–8 sekä illalla klo 17–19. Kuten kuviosta 5 nähdään, API-kutsut toimivat ja jousto-ohjaus menee ABB:n järjestelmästä kiinteistöautomaatiojärjestelmään.



Kuvio 5. Jousto-ohjauksikäsky kiinteistöautomaatiojärjestelmässä

Jousto-ohjausikkunasta nähdään, että ohjauksikäsky on mennyt perille ja jouston vaikutus menoveteen on -7 °C . Kun tarkastellaan kiinteistöautomaation perusnäkyä jouston aikana (kuvio 6), voidaan todeta, että menovesi on viilentynyt, mutta huonelämpötilojen keskiarvo ei ole laskenut tässä tapauksessa kuin $0,1\text{ °C}$. Koekäytössä kahden tunnin aikana käytetty -20 kilowatin jousto vaikutti huonelämpötiloihin alle $0,5\text{ °C}$. Viihtyvyyteen vaikuttavana muutoksen rajana pidetty $0,5\text{ °C/tunnissa}$ ei ylittynyt.



Kuvio 6. Kiinteistöautomaation perusnäkökulma jouston ollessa käytössä

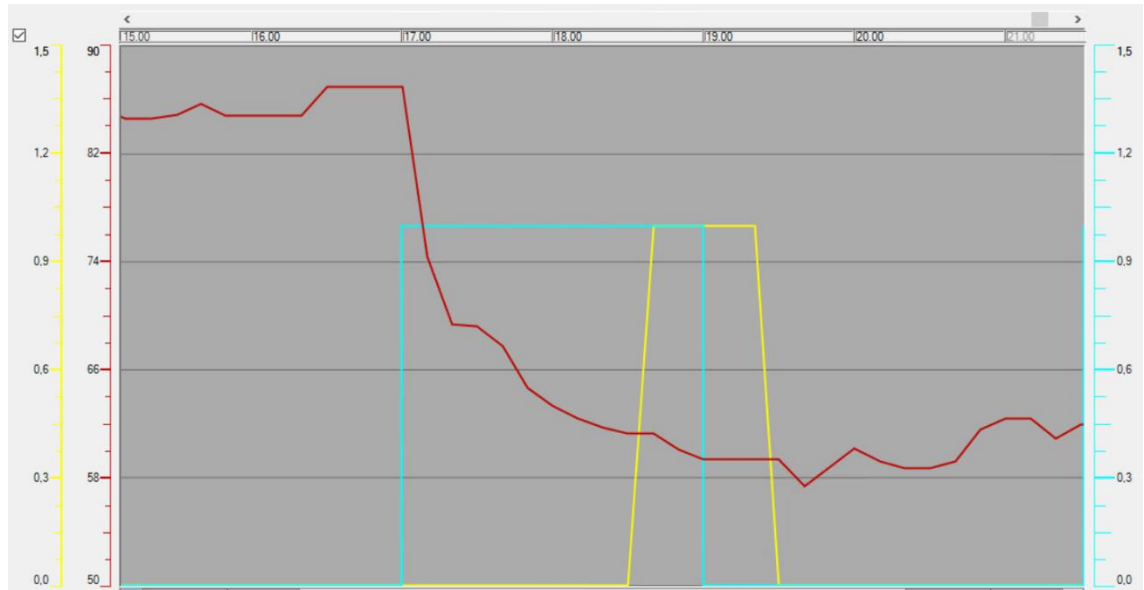
4.1.2 Signaalien toimivuus eri järjestelmien kesken

Jousto-ohjauksen toimivuutta pystyi myös tarkastelemaan Vtrin puolella käyttämällä trendityökalua. Kuten kuviossa 7 nähdään, jousto-ohjauksen jälkeen kiinteistöön menevän lämpimän veden virtaus alenee. Kuviossa nähtävässä trendissä oranssi viiva on jousto-ohjauksen päälläolotieto, keltainen viiva on menoveden virtaus.



Kuvio 7. Jousto-ohjaus Vtrin trendityökalulla

Kiinteistöautomaatiojärjestelmiä on käytössä kahdelta eri toimittajalta. Jousto-ohjausten toimivuus molempiin järjestelmiin voitiin todeta käyttämällä Vtrinin trendityökalua. Kuviossa 8 nähdään erään kohteen jousto-ohjaustapahtuma. Kuviossa näkyvät trendiviivat ovat menoveden virtaus punaisena, jousto-ohjaus sinisenä ja jouston jälkeinen suoja-aika keltaisena viivana.

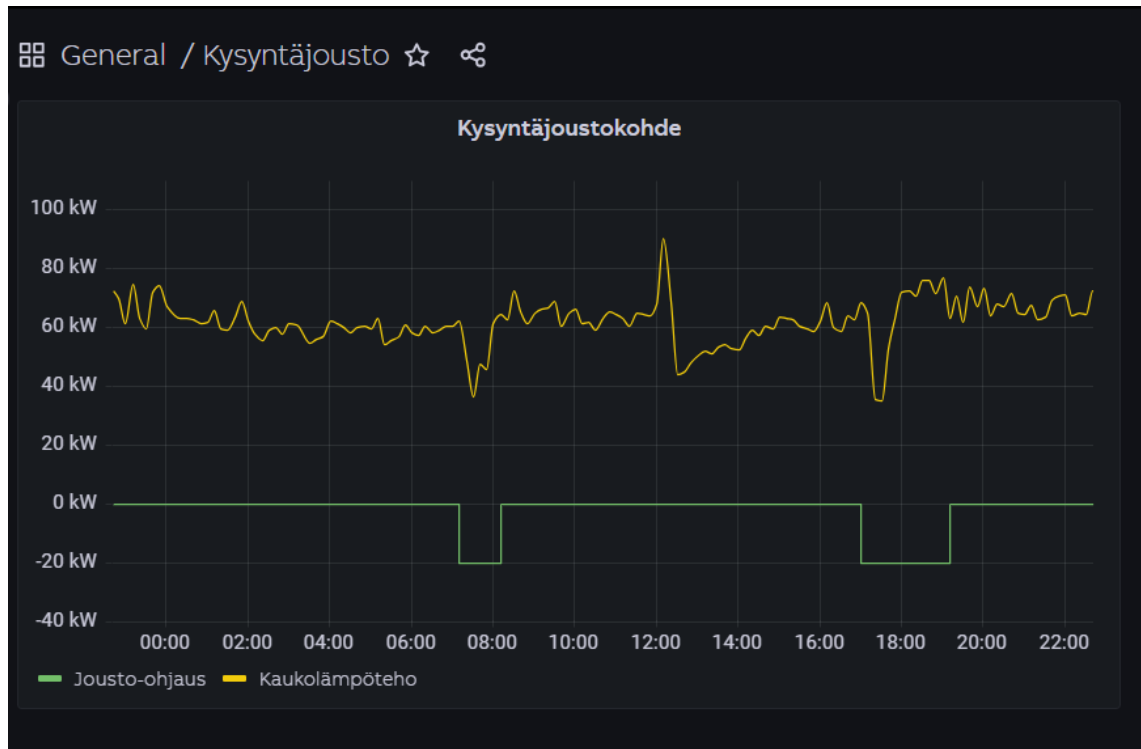


Kuvio 8. Jousto-ohjaustapahtuma

Tässä vaiheessa voitiin todeta, että jousto-ohjaus toimii. Käskyt menevät ABB:n järjestelmästä kahdelle eri kiinteistöautomaatiojärjestelmälle onnistuneesti. Vaikutus huonelämpötiloihin on vähäinen näillä joustomäärillä.

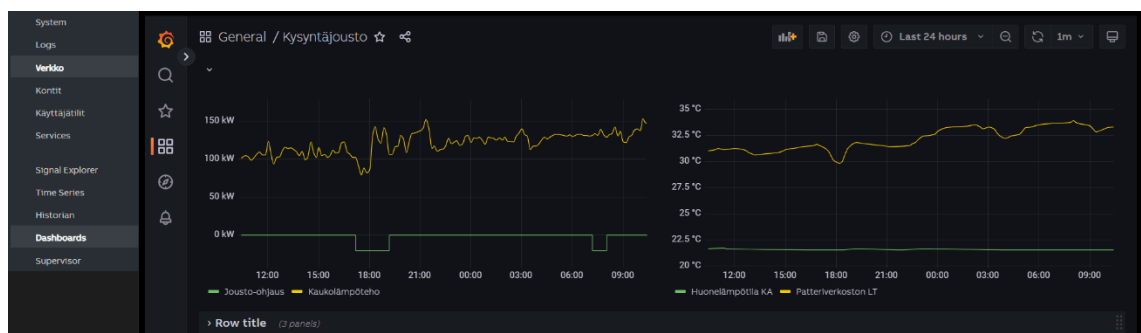
4.2 Näkymien kehitystyön aloittaminen

Lämmön kysyntäjouston signaalit täytyi myös siirtää ABB:n Vtriniä Optimaxiin, jolla loppukäyttäjänäkymiä on tarkoitus kehittää. Eräitä signaaleja vielä puuttui alkuvaiheessa, koska ääkköset aiheuttivat ongelmia Optimaxissa, mutta tähän oli tulossa ABB:n puolelta ratkaisu. Signaaleja testatessa voitiin todeta, että kysyntäjousto-ohjaukset ja mittaukset tulevat myös Optimaxiin, kuten kuviosta 9 nähdään ja näin ollen ohjaus- ja seurantanäkymien ideointi ja kehittäminen voidaan aloittaa.



Kuvio 9. Kysyntäjouston- ohjaus ja mittaus signaalit Optimaxissa

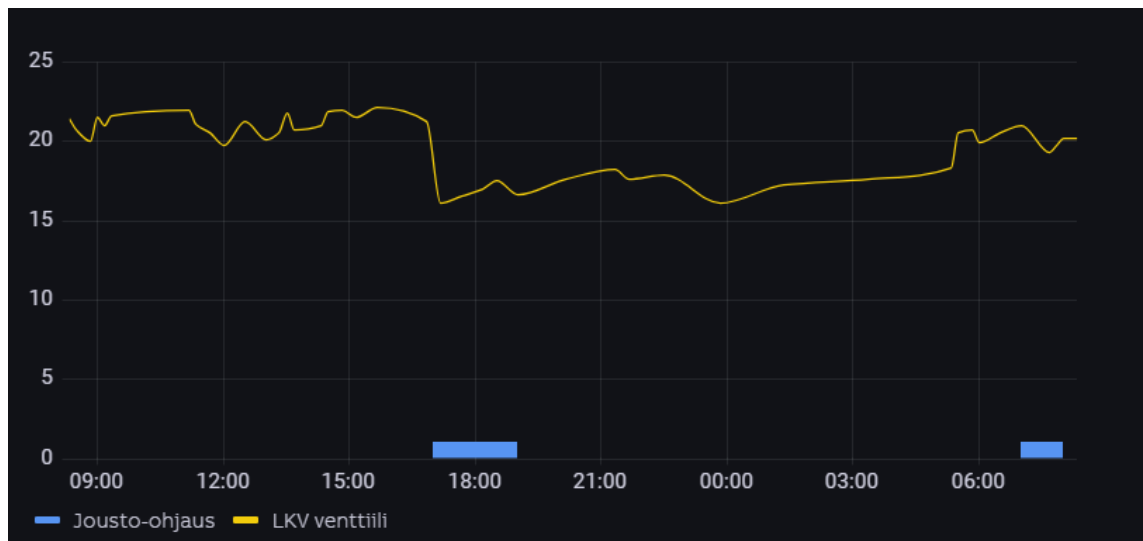
Näkymä saadaan informatiivisemmaksi lisäämällä näkyviin kaukolämpötehon, jousto-ohjauksen, patteriverkoston veden lämpötilan ja huonelämpötilojen keskiarvon. Näkymä on nähtävissä kuviossa 10 Tässä kohteessa nähdään heti, että jousto-ohjaus vähentää kohteen ottamaan kaukolämpötehoa ja se vaikuttaa näin ollen patteriverkoston veden lämpötilaan. Huonekohtaisissa lämpötiloissa lyhyet ja pienet tehon rajoittamiset eivät aiheuta suurta vaikutusta.



Kuvio 10. Yhden joustokohteen näkymän kehittämistä

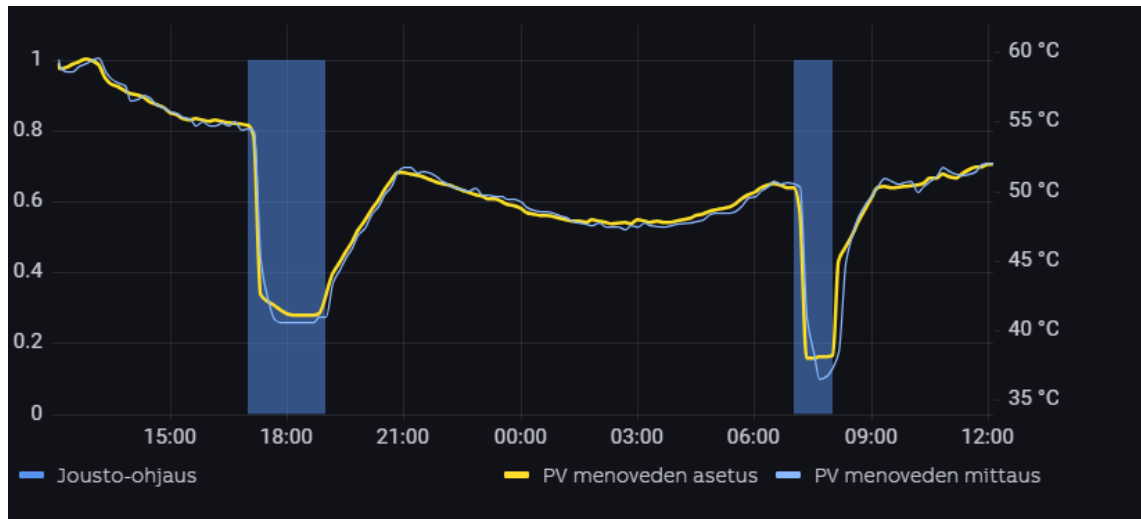
Toisen kiinteistöautomaation toimittajan järjestelmästä ei saada Optimaxiin kaukolämpötehotietoa. Tähän järjestelmään jousto-ohjaukset annetaan lämpimän veden asetusravon alentamisarvona, joten jousto-ohjauksen vaikutus tulisi näin

ollen näyttää eri tavalla kuin kuviossa 10 nähdyssä tapauksessa. Testatessa signaalien toimivuutta muodostettiin testinäkyvä, jossa kohteen jousto-ohjaussignaali ja lämpimän käyttöveden säätöventtiilin signaalit näkyvät. Jousto-ohjaussignaali menee kiinteistöautomaatiojärjestelmään tässä tapauksessa joko lukuna 1 tai 0, eli onko jousto päällä vai pois päältä. Lisäksi kiinteistöautomaatiojärjestelmän mukaan annetaan joustokäsky joko teholumana tai lämpötilana. Kuvioista 11 näkee, että jousto-ohjauskäsky menee myös tähän kiinteistöautomaatiojärjestelmään onnistuneesti ja venttiiliä säädetään pienemmälle.



Kuvio 11. Jousto-ohjaus signaalit ja venttiilin asentotieto

Näkymää jatkokehittämällä, yhdistämällä samaan kuvaajaan jousto-ohjaussignaalin, patteriverkoston menoveden asetusarvo ja patteriverkoston menoveden mittaustiedon saadaan näkymästä jo paljon informatiivisempi, kuten kuvioista 12 nähdään. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän toimittajan puolelta ei ole saatavilla huonelämpötiloista mittatietoa, joka olisi ollut hyvä lisä tähän näkymään.



Kuvio 12. Jousto-ohjaussignaali ja menoveden asetus- ja mittausarvot

Kysyntäjoustokohteita on yhteensä 18 kappaletta. Nämä kohteet jakautuvat kahden eri kiinteistöautomaatiojärjestelmän välillä 15–3 suhteella. Kuviossa 13 nähdään toisen kiinteistöautomaation kysyntäjoustojen vuorokauden tapahtumien koontinäkökulma kehityksen alkuvaiheessa. Kohteiden nimet on kuviosta peitetty, kohteita oli tässä vaiheessa koekäytössä 14 kappaletta, yhdessä kohteessa jousto-ohjaus ei ole vielä käytössä. Lisäksi näkyvillä on hetkellinen kysyntäjousto kokonaisuudessaan.



Kuvio 13. Toisen kiinteistöautomaation jousto-ohjaustiedot sekä hetkellinen kysyntäjousto

4.3 Näkymien muodostaminen

4.3.1 Seurantanäyttö

Ensimmäisenä tavoitteena oli luoda seurantanäkymä lämmön kysyntäjoustokohteille, jotka käyttävät toista kiinteistöautomaatiojärjestelmistä. Tämän järjestelmän alaisuudessa on suurin osa tämänhetkisistä kysyntäjoustokohteista. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän kautta saatava mittaustieto on samanlainen kaikissa kohteissa, joten kehittämällä yhden kohteen näkymän valmiiksi, muiden kohteiden näkymät olisivat nopeasti toteutettavissa vain muuttamalla signaalien tunnisteet järjestelmässä.

Oulun Energian pyynnöstä kuvion 13 mukaisen näkymän lisäksi muodostettaisiin tarkempi kohdekohtainen näkymä, josta voisi tarkkailla kysyntäjoustopotentialia. Alkuvaiheessa olleet joustokäskyt olivat maksimissaan -20 kilowattia/kohde, nyt muodostettaviin näkymiin lisättäisiin myös laskennallinen maksimi joustopotentialia, jonka arvo tulee ABB:n järjestelmästä.

Kaukolämpötehon, joustopotentialin ja jousto-ohjauksen lisäksi kohdekohtaisessa näkymässä tarkkaillaan kiinteistön huonelämpötilojen keskiarvoa, patteriverkoston veden lämpötilaa ja lämmön säätöventtiilin asentoa. Näitä muuttujia tarkkaillaessa voidaan lämmön kysyntäjoustopotentialin alkuvaiheen testauksessa todeta järjestelmän toimivuus. Seurantaan varten tehty näkymä on kuvion 14 mukainen.



Kuvio 14. Ensimmäinen seurantakäyttöön tehty näkymä

Kuviossa 14 nähtävässä näkymässä esillä aikaisemmin luotu koantinäkymä, hetkellinen kysyntäjousto ja laskennallinen käytettävissä oleva kysyntäjoustopotentiaali sekä yksittäisen jousto-ohjauskohteen trendinäkymä alasvetovalikosta aukaistuna. Näkymässä olivat nyt kaikki kysyntäjousto-ohjauksessa olevat kohteet nähtävillä alasvetovalikkoa käyttämällä.

Työn tilaaja totesi, että seurantanäkymää ei tarvitsisi enempää kehittää, koska kaikki kysyntäjouston toiminnasta kertova data on näkyvissä. Seurantanäkymään voidaan tulevaisuudessa lisätä uusia seurattavia kohteita kopiaimalla yksittäisen kohteen alasvetovalikko ja vaihtamalla halutun kohteen signaalien tunnisteet vanhojen tunnisteiden tilalle.

Näkymästä nähdään kohdekohtaisesti, miten jousto-ohjaukset toimivat. Kuviossa 15 nähdään kehitetty seurantanäkymä, jossa on lopulta molempien kiinteistöautomaatiojärjestelmien kohteet. Kuviossa nähtävästä näkymästä on kohteiden nimet sensuroitu pois, koska kohteet on nimetty näkymiin katuosoitteina.



Kuvio 15. Valmis seurantanäkymä

4.3.2 Koontinäyttö

Kehitettävän näkymän lähtökohtana on koota kaikki jousto-ohjauskohteet yhteen ja näyttää esimerkiksi voimalaitoksen käyttäjille jousto-ohjausten tilannetta kaukolämpöverkossa. Kehittämistä auttoi tässä vaiheessa se, että myös toisen kiin-

teistöautomaatiojärjestelmän toimittajan kohteista saatiin teholumemat API-raja-pintaa käyttäen. Näissä kohteissa kuitenkin jousto-ohjaukskäskyt annetaan edelleen pudotettavan menoveden lämpötilan arvoina.

Tarkoituksena on erotella näkymässä kahden eri kiinteistöautomaatio-toimittajan joustokohteet. Eri järjestelmien toiminnan vertaaminen on helpompaa ja toisen järjestelmän antama laskennallinen joustopotentialiarvo on helpommin vertailtavissa toteutuneeseen joustoon.

Joustopotentialiaali on siis laskettu tehon arvo. Kysyntäjousto-annetaan maksimissaan 75 prosenttia teho kohteen ottamasta hetkellisestä kaukolämpötehosta. Jouston ollessa päällä kiinteistölle annetaan 25 prosenttia oikeasta halutusta tehosta. Tämä prosentuaalinen arvo on muutettavissa kiinteistöautomaatiojärjestelmässä ja on järjestelmän testausvaiheessa aseteltu 75 prosenttia arvoon Oulun Energian ja kiinteistöautomaatiojärjestelmän toimittajan päätöksestä.

Koontinäyttöä varten täytyisi suorittaa erilaisia laskentoja, esimerkiksi laskea yhteen ja vertailla keskenään eri teholumuja. Alkuvaiheessa olikin pohdittava, suoritetaanko laskennat niin sanotun backendin (ABB Vtrin) vai frontendin (Optimax/Grafana) puolella. Asiaa käytiin läpi ABB:n kanssa ja lopputuloksena oli se, että tässä tapauksessa tarvittavat laskennat voidaan suorittaa Grafanassa eli frontendin puolella.

Koontinäytössä nähdään kaukolämpöverkon kokonaisteho, sekä kokonaistehon muutoksen suunta. Jos verkon kokonaisteho on kasvamassa, muutos näytetään punaisella värillä jos teho on laskemassa, muutos näytetään sinisellä värillä. Näin ollen loppukäyttäjä näkee välittömästi nopealla vilkaisulla tilanteen kehittymisen suunnan. Tätä värikoodausta käytetään myös muissa näkymän muuttujissa.

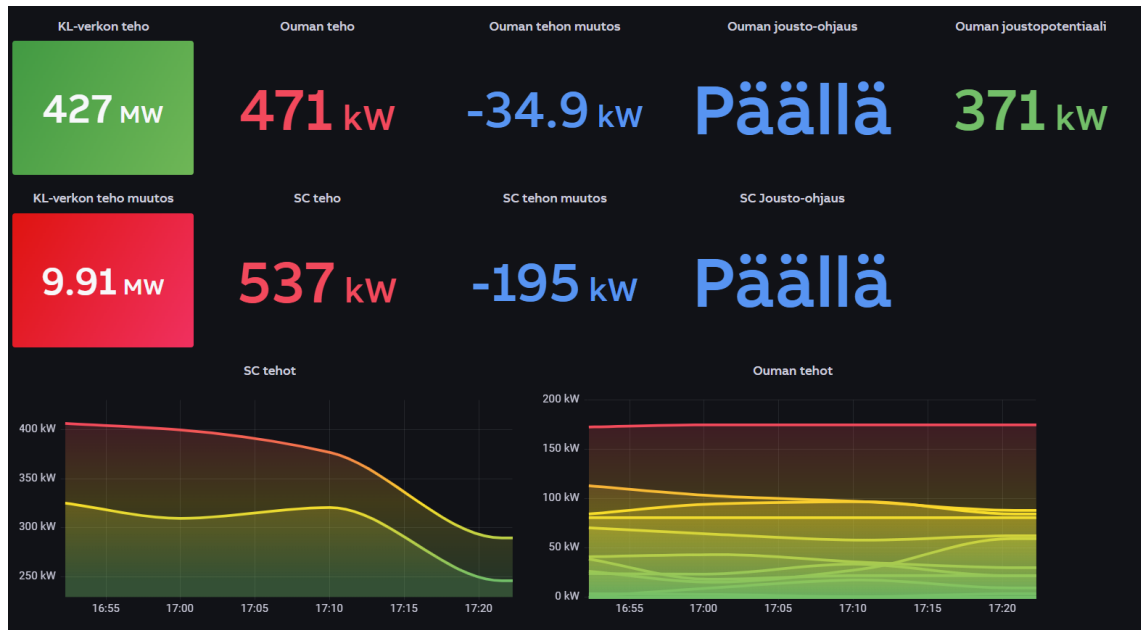
Muita näkymässä näytettäviä muuttujia ovat yhteenlasketut kiinteistöjen ottamat kaukolämpötehot, tehon muutossuunta, jousto-ohjauksen päälläolotieto sekä toisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän joustopotentialiaali. Lisäksi tehot näytetään graafisesti trendinäyttöillä.

Kuviossa 16 on nähtävillä koontinäkö, kun kysyntäjousto-ohjauksia ei ole päällä. Kohteiden tehotrendit ovat pelkkiä trendiviivoja. Yksi viiva esittää yksittäisen kohteen mittatietoa mutta kohteiden nimet ovat nähtävillä, kun hiiren kursori laitetaan trendiviivan päälle.



Kuvio 16. Lämmön kysyntäjoustopotentialin koontinäkö.

Kuviossa 17 nähdään sama koontinäkö tilanteessa, kun lämmön kysyntäjousto on mennyt päälle klo 17.00 aikaan. Näkymästä käyttäjä näkee heti nopeasti jouston olevan päällä, koska jousto-ohjausteksti muuttuu siniseksi "päällä" tekstiksi. Myös tehon muutoksesta sekä trendikäyristä voidaan havaita kysyntäjouston toimivuus. Toimivuudessa on vielä haasteita toisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän toimittajan osalta, asia havaitaan myös trendiltä, koska klo 17.00 tehon trendiviiva jatkaa tasaista linjaa, eikä laske, kuten jousto-ohjauksen toimiessa pitäisi tapahtua.



Kuvio 17. Koontinäkö lämmön kysyntäjousto päällä

Koontinäkö oli tässä vaiheessa kuvioiden 16 ja 17 mukainen. Koontinäkö kehitys jatkui vielä tästäkin eteenpäin, kuten kuvioista 18 nähdään. Grafanan avulla ei pystytä suorittamaan tarkkaa laskentaa, jolla voitaisiin verrata annetun kysyntäjousto-ohjauksen arvon ja todellisen jouston suhdetta. Laskentaa tulee jatkokehittää tarkemmaksi kiinteistöautomaatiojärjestelmien toimittajien sekä ABB:n kanssa yhteistyössä. Näkö antaa jouston toimivuudesta suuntaa antavaa informaatiota.

Näkö toimii parhaimmillaan, kun sitä seurataan jousto-ohjauksen päällä ollessa. Tällöin tehon muutos ja trendit näyttävät jouston toimivuuden. Näkö trendiviivoihin lisättiin selitteet taulukkomuodossa trendin yhteyteen, jotta loppukäyttäjän on helpompi tunnistaa kohdetta kuvaava trendiviiva. Taulukossa nähdään kohteen nimen lisäksi viimeisin mitattu arvo, maksimiarvo sekä minimiarvo. Arvot ja trendit näkössä päivittyvät käyttäjän valitseman aikaikkunan mukaan. Lisäksi kuvioista 16 ja 17 poiketen, Ouman jousto-ohjaustieto on päivitetty näyttämään teholumkaa. Kuviossa 18 nähdään valmis koontinäkö. Schneiderin kohteita on 15 ja Oumanin kohteita kaksi kappaletta.



Kuvio 18. Päivitetty koontinäköm

4.4 Ohjausnäkömien kehittäminen

Kysyntäjoustokohteita on koekäytössä 18 ja joustoa ohjataan ABB:n Vtrinin kautta aikaohjelmalla. Aikaohjelma on periaatteessa lukujärjestys, johon on merkitty jouston määrä, päivät ja kellonajat, jolloin joustoa suoritetaan.

Tulevaisuudessa kohteiden määrä kasvaa ja näiden yhteenlaskettu joustokapasiteetti tavoitteiden mukaan on yli sata megawattia. Näin ollen jouston ohjausta tulisi kehittää ja mahdollistaa erilaisia tapoja ohjata joustoa nykyisen testikäytössä olevan tavan lisäksi.

Lähtökohtaisesti aikaohjelmat voisivat olla perustana jousto-ohjaukselle, mutta ajoitusta tulisi olla mahdollista hienosäätää esimerkiksi tuotannon vuoromestarin ja tietyissä tilanteissa myös tuotannon työntekijöiden toimesta. Tämä vaatisi tuotannonsuunnittelutyökalun sekä ohjausjärjestelmän integrointia ABB:n järjestelmän kanssa.

Vuoromestari tekee tuotannonsuunnittelua päivittäin käyttäen Energy Opticon AB:n kehittämää Energy Optima 3 -tuotannonsuunnittelutyökalua. Suunnittelussa otetaan huomioon sähkön hinta, kaukolämmön kulutusennusteet sekä muita tuotannon kustannusten kannalta merkittäviä tekijöitä. Näin ollen olisi tärkeää saada jousto-ohjaus myös tähän kiinteästi mukaan.

Jousto-ohjauksen ajankohtaa säätämällä voitaisiin tulevaisuudessa säästyä joissain tilanteissa huipputeholaitoksen käynnistykseltä. Huipputeholaitoksesta lämpötehoa saadaan noin 40–50 megawattia laitoksen mukaan. Jousto-ohjauksen ajankohdan suunnittelulla voitaisiin näin ollen välttyä kaukolämmön tuottamisesta öljyllä, jolloin myös tuotantokustannukset pysyvät alhaisempana.

Kuten aikaisemmin on todettu, Oulun kaukolämpöverkko on laaja, joten kysyntäjoustoa voisi jakaa myös alueellisiin joustomahdollisuuksiin. Jos verkon jollakin alueella on lämmöstä puutetta, voitaisiin alueella olevia kysyntäjoustokohteita ohjata ja näin ollen säästyä huippuvoimalaitoksen käynnistykseltä. Kaukolämpöverkon eri osissa on myös kaukolämmön välipumppaamoita. Joustokohteita voisi myös ohjata näiden pumppaamoiden säätövarojen mukaan. Jos pumppaamolla ei enää ole säätövaraa eli pumppaamo käy täysillä, voisi alueella olevat jousto-kohteet joustaa määriteltävien ehtojen rajoissa ja näin ollen helpottaa tilannetta verkossa.

Lisäksi laajemman kaukolämpöverkon häiriötilanteen sattuessa tuotannon työntekijöille olisi tärkeää saada mahdollisuus valita ”häiriötilanne-moodi”, jolloin kaikki mahdollinen sillä hetkellä käytettävissä oleva jousto menisi välittömästi päälle.

Oulun Energiolla käytetään kaukolämpöverkon ohjauksessa Valmet DNA -prosessinohjausjärjestelmää. Valmetin järjestelmä on jo integroitu ABB:n järjestelmän kanssa kaukolämpöverkon automatisointiprojektin vuoksi, joten kysyntäjouston ohjauksen järjestäminen osaksi projektia olisi järkevää tulevaisuutta ajatellen.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda ohjaus- ja seurantanäkymiä Oulun Energian uudelle, vasta koekäytössä olevalle tavalle ohjata kaukolämpöasiakkaiden lämmön käyttöä. Työtä aloittaessa käytössä ei vielä ollut minkäänlaisia näkymiä, järjestelmän toimivuutta pystyi seuraamaan vain ABB:n järjestelmän kautta signaalien trendejä tarkastelemalla.

Opinnäytetyöprosessin tuloksena valmiita näkymiä ovat kysyntäjoustop seuranta- ja koontinäkyminen. Kehitettyjä näkymiä voidaan käyttää hyödyksi uusien joustokohteiden toimivuuden tarkasteluun kopioimalla valmiiksi kehitetty pohja ja muokkaamalla uusien kohteiden signaalien tunnistet.

Työn tilaajan asettamat vaatimukset näkymille täyttyivät. Seurantanäkymässä loppukäyttäjä näkee välittömästi, toimiiko jousto-ohjaus halutulla tavalla ja mikä on jouston vaikutus esimerkiksi kiinteistöjen huonelämpötilojen keskiarvoon. Seurantanäkymästä käyttäjä näkeekin kiinteistökohtaisesti tietoa. Koontinäky- mässä on saatavilla yhteenlaskettua informaatiota kiinteistöautomaatiojärjestel- män toimittajien mukaan eroteltuna. Seuranta- ja koontinäkyminen olisi ollut tärkeä saada lisäksi jousto-ohjauksen ja toteutuneen jouston laskenta, mutta käytössä ollut sovellus ei tähän laskentaan antanut mahdollisuutta. Näkymät jäivät tässä vaiheessa tältä osin vajaaksi, mutta tärkein koko opinnäytetyöprosessin ta- voitteista kuitenkin täyttyi.

Näkymiä rakennettaessa tarkoituksena oli ottaa teoriaosiossa esiteltyjä asioita huomioon, jotta näkymät olisivat mahdollisimman käyttäjäystävällisiä ja helposti omaksuttavia. Näkymiin ei lisätty kaikkea mahdollista saatavaa informaatiota, vaan ainoastaan tarkoituksenmukainen informaatio loppukäyttäjälle. Lisäksi asettelun ja erilaisten värien käyttö mittatiedon ilmaisemisessa antaa käyttäjälle nopeasti omaksuttavaa tietoa.

Kehityskohteena voisi tulevaisuudessa pitää myös toisen kiinteistöautomaatiojär- jestelmän toimittajan puolelta muuttaa jousto-ohjauskäskyt pudotettavan tehon ohjaamiseksi, eikä menoveden lämpötilan ohjaamiseen. Tämän jälkeen ohjauksen ja jouston suhdetta on helpompi verrata kokonaisuutena.

Opinnäytetyöprosessi oli opettavainen läpileikkaus yksittäisten järjestelmien toiminnan tarkastelusta ja järjestelmien integroinnin haasteellisuudesta. Kehitystyö keskeytyy herkästi pitkäksikin aikaa, jos esimerkiksi kahdesta integroitavasta sovelluksesta toinen pystyy käyttämään skandinaavisia aakkosia ja toinen ei. Prosessissa käytettävät yksittäiset sovellukset ja teknologiat olivat ennalta tuttuja mutta nyt näistä yksittäisistä palasista muodostettiin suurempi kokonaisuus. Proessin aikana heräsikin mielenkiinto UX- ja UI-suunnittelua kohtaan. Tässä työssä otettiin huomioon edellä mainittuja käyttäjäkokemuksen- ja käyttöliittymäsuunnittelua, koska näkymiä alettiin muodostamaan täysin alusta.

LÄHTEET

Alatulkkila, K. 2019. 50 vuotta kaukolämpöä Oulussa – kaukolämpö valtaa kaupungin. Oulun Energia 12.9.2019. Viitattu 20.11.2023
<https://www.ouluenergia.fi/ajankohtaista/blogi/50-vuotta-kaukolampoa-oulussa-kaukolampo-valtaa-kaupungin/>.

Grafana Labs 2023. Grafana documentation 2023. Viitattu 21.12.2023
<https://grafana.com/docs/grafana/latest/>.

Gupta, L. 2023. HTTP Methods. REST API Tutorial 4.11.2023. Viitattu 6.12.2023 <https://restfulapi.net/http-methods/>.

Kuoppala, H., Parkkinen, J., Vastamäki, R. & Sinkkonen, I. 2006. Käytettävyyden psykologia. Helsinki: Edita.

Junttila, J. & Parkkinen, M-L. 2005. Networking. ABB Review 3/2005. Viitattu 8.12.2023 <https://www.virtual-optima.com/download/docs/ABB-Report.pdf>.

Oulun Energia 2017. Kaukolämmön sopimusehdot. Energiateollisuus ry suositus t1/2017 Viitattu 28.11.2023
https://www.ouluenergia.fi/globalassets/tiedostot/kaukolampo_et_2017_yleiset_sopimusehdot_2021.pdf.

Oulun Energia 2022. Vuosi ja vastuullisuus 2022. Viitattu 20.11.2023
https://www.ouluenergia.fi/globalassets/images/_2_vastuullisuus/ouluenergia_vuosikertomus_2022_final.pdf.

Oulun Energia 2023a. Tarinamme. Viitattu 20.11.2023
<https://www.ouluenergia.fi/ouluenergia/tarinamme/>.

Oulun Energia 2023b. Voimalaitokset. Viitattu 20.11.2023
<https://www.ouluenergia.fi/ouluenergia/energiantuotanto/voimalaitokset/>.

Oulun Energia 2024a. Sähkökattila lämmittää oululaisia kaukolämpökiinteistöjä. Viitattu 11.3.2024 <https://www.ouluenergia.fi/uutiset/01--2024/sahkokattilalammittaa-oululaisia-kaukolampokiinteistoja/>.

Oulun Energia 2024b. Vastuullinen suunnannäyttäjä. Viitattu 4.4.2024
<https://www.ouluenergia.fi/vastuullisuus/vastuullisuus-ouluenergia-konsernissa/>.

Ouman Oy 2023. Ounet käyttö- ja sopimusehdot 2023. Viitattu 21.12.2023
<https://ouman.fi/wp-content/uploads/2023/01/Ounet-kaytto-ja-sopimusehdot-2023-01-17.pdf>.

RedHat 2022. What is an API? Viitattu 6.12.2023
<https://www.redhat.com/en/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>.

VALOR Partners Oy 2015. Kaukolämmön kysyntäjousto. Viitattu 20.11.2023
https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/Kaukolammon_kysyntajousto_loppuraportti_VALOR.pdf.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 20.12.2017/1009. Viitattu 27.11.2023
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>.