



Aurinkoenergiaseurannan toteutus dashboard-näkymillä

Sami Suokas

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2021

Talotekniikan koulutus
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
Sähköinen talotekniikka

SUOKAS, SAMI

Aurinkoenergiaseurannan toteutus dashboard näkymillä

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2021

Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa aurinkoenergiajärjestelmien suorituskyvyn seuranta-alusta. Työn tavoitteena oli vastata asiakkaan tarpeeseen seurata rakennusten sähkönkulutusta ja aurinkopaneelien energiantuottoa. Projekti tehtiin Schneider Electric Oy:n yritysasiakkaalle. Projektissa lähdettiin luomaan dashboard-näkymiä, joista voitaisiin seurata aurinkoenergiajärjestelmien tuottoja. Haasteena oli ensinnäkin kehittää tehokas tapa esitellä suurta määrää dataa ja käyttää datan esittämiseen uudenlaista teknologiaa. Toisena haasteena oli eri automaatio- ja energiamittausjärjestelmien yhteensovittaminen yhtenäiseksi kokonaisuudeksi.

Opinnäytetyössä käsitellään teoriapohjaa datan visualisoinnin hyödyistä, aurinkoenergiasta, dashboard-näkymistä ja EcoStruxure -järjestelmästä. Opinnäytetyössä käydään läpi dashboard-näkymien toteutusprosessi aurinkoenergiaseurantaan varten. Yhteenvedossa käydään läpi projektin lopputulokset, sekä pohditaan, miten projekti kokonaisuudessaan onnistui. Opinnäytetyö rajataan projektin teknisen toteutuksen esittelyyn ja siten tämänkertaisen käsittelyn ulkopuolelle jäävät esimerkiksi taloudelliset kysymykset.

Projekti toteutettiin keräämällä tarvittavat lähtötiedot kohteista, suunnittelemalla ja luomalla dashboard-näkymät. Projektiin vaadittiin energiamittauksien lisäyksiä kohteisiin, ohjelmointia, dashboard- ja grafiikkakuvien tekoa ja järjestelmien integraatiota. Asiakkaalta ja Schneider Electricin työntekijöiltä tulevia parannusehdotuksia otettiin työn aikana vastaan ja niitä toteutettiin mahdollisuuksien mukaan.

Työn keskeisin tulos olivat toimivat dashboard-näkymät, joista asiakas voi seurata aurinkoenergiajärjestelmiensä suorituskykyä. Lopputulos todisti dashboard-näkymien tehokkuuden datan esittelyssä. Projektista saatiin lisää tietoa selainpohjaisen tekniikan käyttämisestä energiatietojen esittelyssä. Jatkossa dashboardia voitaisiin kehittää niin, että näkymistä voisi tarkkailla rakennuksen toimintaa laajemmin. Dashboardeihin voitaisiin liittää esimerkiksi kaukolämmön- ja vedenkulutusdataa. Visuaalista esitystapaa voitaisiin kehittää vielä havainnollisempaan suuntaan, esimerkiksi esittämällä energiantuottolukemia säästettyjen ajokilometrien, tai istutettujen puiden avulla.

ABSTRACT

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

SUOKAS, SAMI
Creating Dashboard Views for Monitoring Solar Energy Production

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 2 pages
April 2021

The purpose of this bachelor's thesis was to create a platform for monitoring solar energy production. The platform was built for a customer company of Schneider Electric Ltd. The main goal of the project was to respond to customers' increasing demand to monitor the performance, consumption and energy production of their buildings. This thesis explores new technology to present data visually and customer friendly. The challenge in this project was to create dashboard views that can present a great amount of data in a compact form. The other challenge was to integrate different automation and metering systems to function together.

This bachelor's thesis covers the entire process from planning to creating solar energy dashboards. The first section covers theoretical background about solar panels, visual presentations, data monitoring and the EcoStruxure building automation system. This is followed by a discussion about the technical execution of the project and the creation of the dashboard views. The results of this project are presented and evaluated in the summary. The focus of the thesis is on the technical issues of creating dashboard views. The financial aspects of the project are not discussed in this thesis.

The operative execution of the project consisted of meetings with the customer and designing the platform, connecting energy metering to automation system, programming and creating dashboard views. Improvements to the dashboards were implemented based on the suggestions from the customer and employees of Schneider Electric. During the project, feedback was collected from the customer and Schneider Electric.

As a result, fully functional dashboard views were created. From now on, the customer can keep on track with the energy production of their solar energy systems. This project proved that dashboards can provide an easy and efficient way to present energy consumption and energy production data. Dashboard views created can also be applied in similar projects in the future. During the project, the author gained new information about using browser-based technology for the presentation of energy data and the benefits of visual data presenting.

Key words: dashboard, solar energy, building automation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	ENERGIATUOTTOJEN SEURANTA JA ESITTÄMINEN.....	7
2.1	Aurinkopaneelit ratkaisuna energiantuotannossa	7
2.2	Energiankulutuksen ja tuottojen seuranta	8
2.3	Informaation visualisointi.....	9
2.4	Dashboard-näkymä.....	10
2.5	Ecostruxure Building Operation -ratkaisu.....	12
3	DASHBOARD NÄKYMIIEN LUONTI	14
3.1	Tarve ja ratkaisu.....	14
3.2	Lähtötietojen selvittäminen kohteista	15
3.3	Suunnittelu	16
3.4	Automaatiojärjestelmä pohjana dashboardeille.....	17
3.4.1	Mittaukset ja muuttujat.....	17
3.4.2	Modbus-väylä	18
3.4.3	Automaatiovalvomo	18
3.5	Energiamittareiden kytkentä ja käyttöönotto	19
3.6	Dashboard-näkymien tekeminen.....	20
3.6.1	Valvomoon tehtävät lisäykset	20
3.6.2	Työhön vaadittava ohjelmointi	21
3.6.3	Trendiseurannat	23
3.6.4	Grafiikkakuvat.....	25
3.6.5	Dashboard-kuvien tekeminen	27
3.6.6	Järjestelmien integrointi.....	30
3.6.7	Infonäyttö.....	31
3.6.8	Dashboard-näkymien viimeistely	33
3.7	Dashboard-näkymien soveltuminen energiatietojen esittelyyn.....	34
4	TULOKSET	36
4.1	Asiakkaan tarpeiden täyttäminen	36
4.2	Datan sisäistämistesti	37
5	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	39
	LÄHTEET	41
	LIITTEET	43
	Liite 1. Valmis dashboard -yhteenvetönäkymä	43
	Liite 2. Valmis dashboard -kohdekohtainen näkymä.....	44

LYHENTEET JA TERMIT

Dashboard	Visuaalinen raportointisivu
EBO	EcoStruxure Building Operation -kiinteistön hallintajärjestelmä
VAK	Valvonta-alakeskus
AS	Automation Server, eli automaatiopalvelin, joka toimii tietokoneen tavoin taloteknisten prosessien ohjauksessa. AS:n tallennetaan ohjelmoituja logiikoita
I/O moduuli	Laite, jolla liitetään ohjelmoitu logiikka kenttälaitteisiin esimerkiksi lämpötila-antureihin ja venttiilimoottoreihin
API	Application Programmin Interface, eli ohjelmointi rajapinta, jota käytetään järjestelmien integraatiossa

1 JOHDANTO

Vihreät arvot ja energiankäyttö ovat yhä enemmän puhuttuja aiheita maailmalla. Yritykset panostavat järjestelmiin, joilla saavutettaisiin säästöä energiakuluissa ja ekologisemman yrityksen imago. Tehokas energiankäytön seuranta on avainasemassa järjestelmien toimivuuden varmistamisen, sekä kulujen vähentämisen kannalta.

Opinnäytetyössä esiteltävä työ tehdään Schneider Electric Oy:n asiakkaalle. Työn tavoitteena on saada toimiva visuaalinen esitystapa asiakkaan aurinkoenergiajärjestelmien energiatuotoista. Asiakkaan tarpeena on nähdä kootusti oleelliset tiedot kohteidensa aurinkopaneelien energiatuotoista ja päästä vertailemaan niitä rakennusten sähkönkulutukseen. Lisäksi energiatuottoja halutaan esitellä infonäytöltä, joka asennetaan asiakkaan yritystiloihin. Asiakkaalla on tällä hetkellä 12 eri kohdetta, joista halutaan seurata aurinkoenergiatuottoja. Tässä työssä käsitellään edellä mainituista kahdeksaa kohdetta.

Suunnitelmana on toteuttaa tuotto- ja kulutusseuranta visuaalisilla graafeilla. Työssä käytetään tehokkaan visuaalisen esitystavan luomiseksi dashboard-tekniikkaa. Työssä tehdään dashboard-näkymät asiakkaan käytössä olevaan automaatiovalvomoon. Selainpohjaisiin dashboard-näkymiin on mahdollista lisätä energiamittareiden lukematietoja ja trendiseurantoja. Näitä tietoja halutaan esittää visuaalisesti erilaisten graafisten kuvaajien ja lukuarvojen avulla.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään dashboard-näkymien tekoa aurinkopaneelien suorituskyvyn seurantaan varten. Opinnäytetyössä tutkitaan dashboard-näkymien soveltuvuutta energiadatan esittelyssä. Opinnäytetyössä esitellään aurinkoenergiamittauksien liitostyö olemassa olevaan automaatiojärjestelmään, dashboardien luonti ja siihen vaadittava valmistelu, sekä lopussa arvioidaan, miten työ on onnistunut. Työssä keskitytään dashboard-näkymien teon tekniseen toteutukseen, eikä taloudelliseen puoleen oteta kantaa.

Tämä opinnäytetyö on tarkoitettu niille, jotka tarvitsevat lisää tietoa rakennusten suorituskyvyn seuraamisesta dashboard-näkymien avulla.

2 ENERGIATUOTTOJEN SEURANTA JA ESITTÄMINEN

Yleinen maailmantilanne ja hallituksen päätökset ajavat yrityksiä kohti ekologisempia ratkaisuja. Energiankulutuksen ja tuottojen seuranta nousee yhä tärkeämpään rooliin energiakulujen ja päästöjen vähentämisessä. Yritykset investoimaan järjestelmiin, joilla saavutetaan säästöjä energiakuluissa ja ekologisempi imago (Yle, 2018).

Tässä luvussa pureudutaan yritysten vihreisiin arvoihin, aurinkoenergian tuotantoon ja seurantaan, datan visualisointiin ja sen hyötyihin, sekä automaatiojärjestelmään, joka toimii pohjana dashboard-näkymille.

2.1 Aurinkopaneelit ratkaisuna energiantuotannossa

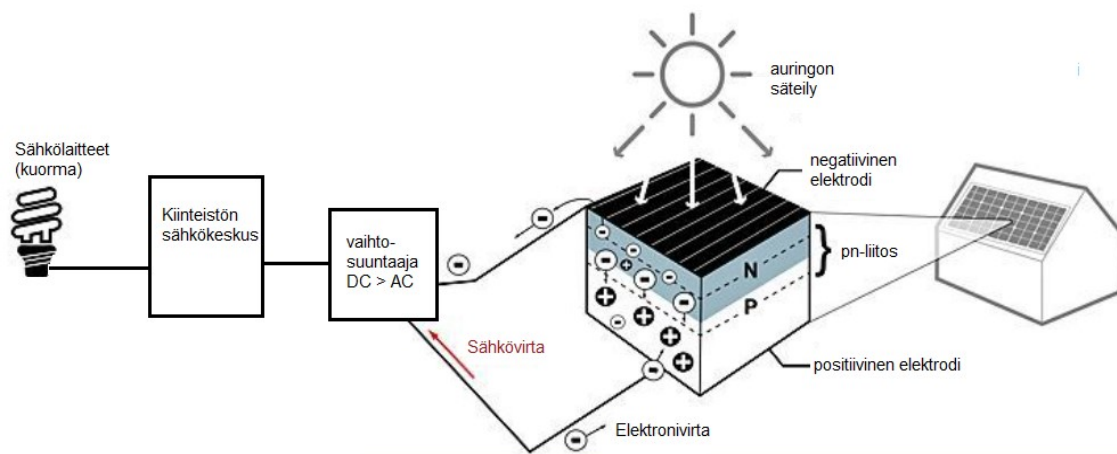
Suomi on asettanut tiukat päästötavoitteet ja maan on tarkoitus olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä (Ympäristöministeriö, 2020). Tämä ajaa yrityksiä ja kuntia kohti ekologisempia ratkaisuja energiantuotannon suhteen.

Esimerkiksi Iin kunta puolitti sähköstä koituvat päästönsä vuosien 2007-2016 välillä (Yle, 2018). Tähän johti kunnan ja yksityisen puolen rakennuksiin tehdyt ekologisemmat sähköratkaisut. Aurinkopaneelijärjestelmät ovat yksi tapa kattaa rakennusten sähköenergian kulutusta vähäpäästöisesti.

Ekologiset energiantuotto muodot, esimerkiksi aurinkopaneelit ovat yleistymässä Suomessa (Talotekniikka, 2019). Paneelit tuottavat sähköenergiaa rakennuksien käytettäväksi ja tuotetulla energialla pyritään kattamaan sähkönkulutuksesta aiheutuvia taloudellisia kuluja, sekä ympäristöpäästöjä.

Aurinkopaneelien toimintaperiaate perustuu aurinkosäteilyn fotoneiden ja puolijohdemateriaalin väliseen reaktioon (kuva 1). Paneelit ovat valmistettu kahdesta erilaisesta puolijohdemateriaalista, p-tyypin ja n-tyypin. Fotonit vapauttavat puolijohteeseen osuessaan elektroneja, jotka aiheuttavat sähköisen varauksen siir-

tyessään kahden puolijohdemateriaalin välillä. Tämä paneeleilta saatava sähkövaraus muutetaan vaihtosuuntaajan elektroniikan avulla kiinteistön sähkölaitteilla käytettävään muotoon. (motiva, 2020)



KUVA 1. Aurinkopaneelien toiminta (Lähde: Motiva, 2020)

Aurinkopaneelit asennetaan katolle, josta sähköenergia ohjataan välikaapeleiden kautta vaihtosuuntaajalle ja sitä kautta kiinteistön sähkökeskukselle. Kiinteistön sähkökeskus käyttää paneeleilta saatavaa energiaa sähkölaitteiden syöttämiseen. Aurinkopaneelit eivät yleensä kata koko kiinteistön sähkön tarvetta, joten tarvittava lisäenergia otetaan sähköverkosta.

Nykyaikaiset aurinkopaneelit pystyvät tuottamaan energiaa aina kun valoa on tarjolla, joten tuotanto on käynnissä myös pilvisellä säällä. Keväisin aurinkopaneelit tuottavat eniten, koska silloin on tarjolla paljon valoa, mutta ilma on viileä ja parhaissa olosuhteissa lumi heijastaa auringonvaloa paneeleihin. Kuumassa ilmassa aurinkopaneelien tuotto heikkenee, joten kuuma ja aurinkoinen päivä ei ole optimaalisin olosuhde tuoton kannalta. (Lumoenergia, 2020)

2.2 Energiankulutuksen ja tuottojen seuranta

Toimiva energiankulutuksen seuranta ja analysointi mahdollistaa poikkeamien löytymisen rakennuksen energiankulutuksissa (WWF, 2019). Poikkeamilla tarkoitetaan kulutuksen kasvua, tai vähentymistä.

Yritykset investoivat järjestelmiin, joilta odotetaan pitkän aikavälin säästöä energiakustannuksissa, joten seuranta mahdollistaa järjestelmien toimivuuden varmistamisen (WWF, 2019). Kun rakennuksen energiankulutus ja tuotto tiedetään tarkasti ja pitkältä aikaväliltä, voidaan sitä verrata tavoitteisiin ja edellisiin ajanjaksoihin (Motiva, 2018).

Kulutusseurannan kautta voidaan selvittää ongelmakohtia ja nähdä, jos rakennus kuluttaa selvästi aiempaa enemmän sähköä. Kulutusseuranta voidaan hyödyntää myös kiinteistön kunnossapidossa ja sen avulla varmistaa, että laitteiston ongelmakohtien korjaus vähentää kulutuksia (Ymparisto.fi, 2016). Aurinkoenergia-tuoton seuranta helpottaa paneelivikojen havainnointia, esimerkiksi tehon vähentymistä. Järjestelmän teho laskee, jos paneeleihin kohdistuu varjostumia (J. Honkanen, 2018). Tuottolukemia seuraamalla voidaan huomata tehon lasku ja näin saada vian aiheuttaja kiinni.

Sähköenergian kulutus ja aurinkopaneelien tuotto on hyvä saada päivätasolla selville, jotta voidaan vertailla esimerkiksi pilvisiä ja aurinkoisia päiviä. Tämän lisäksi vaaditaan pidemmän aikavälin vertailua, jotta saadaan parempi kokonaiskuva laitteiston toiminnasta. Tehokas tapa tällaisen datan seurantaan ja omaksumiseen, on visualisoida sähköenergian tuotto- ja kulutusdata helposti tulkittavaan muotoon.

2.3 Informaation visualisointi

Tutkimusten mukaan visuaalinen esitystapa on nopein keino omaksua uutta tietoa ja kuvat muistetaan paremmin, kuin luettu teksti (J. Koponen ja J. Hildén, 2012). Tämän perusteella voidaan olettaa, että tehokas tapa aurinkoenergiatuot- tojen, tai esimerkiksi sähkön kulutuksen esittelyyn onkin nimenomaan visuaalinen esitystapa. Visuaalista esitystapaa voidaan käyttää selainpohjaisilla raportointinäkymillä ja esimerkiksi infonäytöissä.

Infonäytöistä on kirjoitettu, että ne lisäävät asiakkaiden ja katsojien tietoisuutta, herättävät keskustelua infonäytön esittelijän ja katsojan välillä, sekä parantavat

sitoutuneisuutta (iab.com, 2009). Nämä vaikutukset ovat osasyynä sille, että infonäytöt ovat yleistyneet kauppakeskuksissa, yritysten aulatiloiissa ja jopa asuin-kerrostalojen käytävillä. Infonäytön tarkoitus on antaa käyttäjän tarvitsemat tiedot nopeasti. Infonäytön avulla yritykset voivat myös esitellä asiakkaalleen teknologista kehitystään ja ekologisuuttaan.

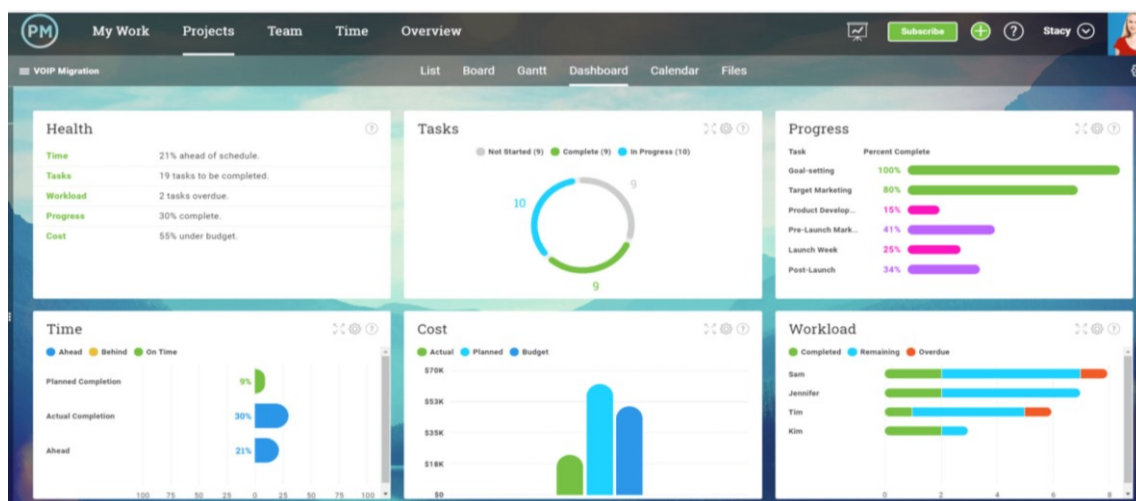


KUVA 2. Infonäytön avulla käyttäjä saa nopeasti tarvitsemansa tiedot (Quadvision, 2021)

Dataa on nykypäivänä saatavilla valtavia määriä ja merkitykselliseksi nousee datan käsittely ja jatkojalostus (J. Kanerva, 2016). Oikein esitettynä data saadaan kerättyä muotoon, joka on helposti sisäistettävissä. Yksi tapa esitellä tietoa tehokkaasti on kerätä oleellisin data raportointinäkömään, eli dashboard-näkömään.

2.4 Dashboard-näkymä

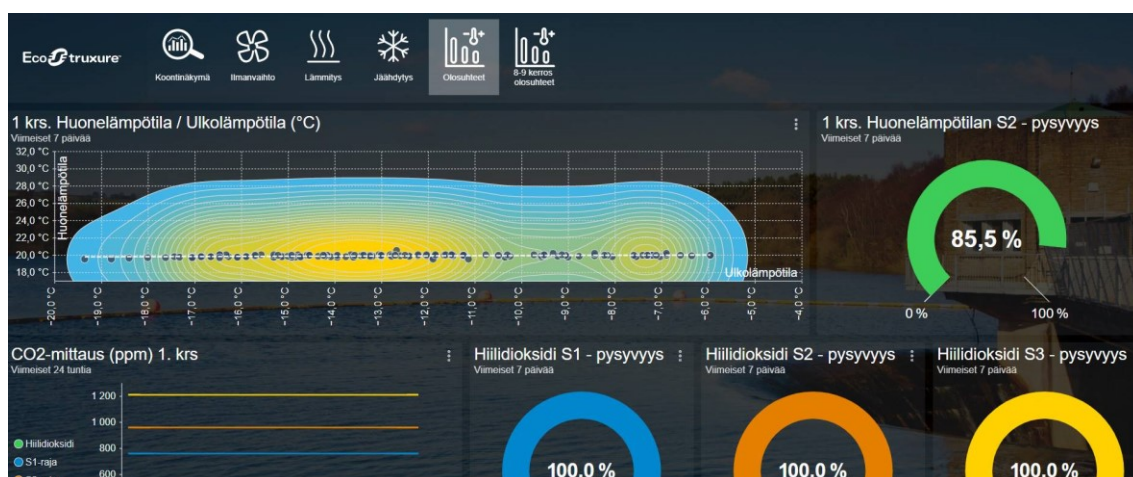
Dashboard-sanalla liiketoimintamaailmassa tarkoitetaan visuaalista näkymää, johon on kerätty oleellisia tietoja jonkin organisaation toiminnasta (kielitohtori.fi). Hyvän dashboardin kulmakivinä pidetään selkeyttä, reaaliaikaisuutta ja helppokäyttöisyyttä. Erilaiset graafit ja värien käyttäminen parantavat näkymien ymmärrettävyyttä (Esri Finland).



KUVA 3. Dashboard-näkymiä käytetään esimerkiksi työtehon seuraamiseen (Project manager, 2021).

Tässä työssä käsiteltävillä dashboard-näkymillä tarkoitetaan Schneider Electricin tarjoamaa tuotetta, jolla esitellään kohteiden talotekniikan suorituskykyä erilais-
ten graafien avulla. Nämä dashboardit toimivat selainpohjaisesti ja reaaliajassa, joten ne ovat muovattavissa moniin käyttötarkoituksiin. Dashboardeista voidaan seurata rakennuksen suorituskykyä esimerkiksi puhelimen, tai tietokoneen näytöltä, riippumatta siitä missä käyttäjä on.

Dashboardit otetaan käyttöön lisäämällä ne osaksi kohteen automaatiovalvomoa. Dashboardien graafeihin voidaan liittää kohteen mittauksia, muuttujia ja trendiseurantoja (KUVA 4). Näkymillä pyritään visuaalisesti havainnollistamaan kohteen suorituskykyä, eli talotekniikan toimivuutta, energian käyttöä, tai esimerkiksi rakennuksen sisäilmaolosuhteita.



KUVA 4. Esimerkkikuva dashboard-näkymän graafeista

Tässä työssä dashboardeilla halutaan esitellä aurinkoenergiatuottoja ja sähkönkulutusta. Asiakkaan tarpeena on seurata tietokoneen tai muun verkkolaitteen ruudulta kohteidensa aurinkoenergian tuottoja, kohdekohtaisia erittelyitä ja tehdä tuottovertailua eri ajanjaksojen suhteen. Tuotto- ja kulutusdataa halutaan esittää selkeillä ja havainnollistavilla graafeilla.

Kaikki dashboardissa näkyvät mittarit, graafit ja esitykset ovat räätälöitävissä asiakkaan toiveiden mukaiseksi. Dashboardit voidaan ottaa käyttöön osaksi Schneiderin Ecostruxure järjestelmää.

2.5 Ecostruxure Building Operation -ratkaisu

Schneider Electricin kehittämä Ecostruxure Building Operation (EBO) on alusta, jota käytetään kiinteistön suorituskyvyn optimointiin ja hallintaan (Schneider Electric, 2021). Rakennusautomaatio ja erilaiset talotekniset prosessit voidaan liittää EBO alustaan. EBO koostuu laitteista ja ohjelmistosta, joilla tähdätään energiatehokkaaseen ja helppoon kiinteistön hallintaan. Tätä ohjelmisto- ja laitekokonaisuutta päivitetään säännöllisesti ja uusia ominaisuuksia kehitetään.

Rakennusautomaatioon käytettävä EBO järjestelmä sisältää automaatiopalvelimet (AS, Automation Server), alakeskuskomponentit (esimerkiksi I/O moduulit) ja valvomo-ohjelmiston.

Automaatiopalvelin sisältää automaatiojärjestelmän älyn ja toiminnot. Automaatiopalvelimelle (AS) voidaan tallentaa erilaisia logiikkaohjelmia, trendiseurantoja ja grafiikkakuvia. AS ja I/O moduulit sijaitsevat yleisimmin valvonta-alakeskuksessa, eli VAK:ssa. AS on kytkettynä I/O moduuleihin väylän avulla. Automaatiopalvelinten sisältöä voidaan tarkastella ja muokata valvomo-ohjelmiston avulla.

Valvomo-ohjelmisto koostuu webstation -käyttöliittymästä ja Workstation -työpöytäsovelluksesta. Webstationilla voidaan selaimen kautta seurata rakennuksen

prosesseja. Webstation -käyttöliittymä on yleisemmin asiakkaiden ja huoltohenkilökunnan käytössä. Workstationin avulla Schneiderin insinöörit pääsevät muokkaamaan valvomoa ja sen toimintaa. (Schneider Electric, 2021)

Schneider Electricin tarjoaman valvomo-ohjelmiston uusin versio on EBO 3.2. Tämä versio mahdollistaa uusien ominaisuuksien käyttöönoton, muun muassa dashboard-näkymät. Tämän versiopäivityksen myötä valvomoon voidaan luoda dashboard-näkymät, joka antaa edellytykset tämän projektin toteutukselle.

3 DASHBOARD NÄKYMIIEN LUONTI

Tavoitteena on saada aikaan visuaalinen esitystapa, josta asiakas näkee nopeasti tärkeimmät informaatiot kohteidensa aurinkoenergiatuotoista ja sähkönkulutuksesta. Dashboard-näkymään voidaan kerätä muutamaan pääkuvaan rakennuksen aurinkoenergia tuotto ja tavoitteet, tuottojen aikavälivertailu, sekä sähkönkulutustietoja.

Dashboard-näkymien luominen tehdään räätälöidysti asiakkaan toiveiden mukaisesti. Toimivaan lopputulokseen vaaditaan kattavat lähtötiedot, hyvä suunnitelma ja onnistunut käytännön toteutus.

Tässä työssä dashboard-näkymiin liitetään yhteensä kahdeksan asiakkaan kohdetta. Tulevaisuutta ajatellen ratkaisu on laajennettavissa ja uusia kohteita voidaan liittää järjestelmään.

3.1 Tarve ja ratkaisu

Asiakkaan kohteisiin on asennettu aurinkopaneelijärjestelmiä. Aurinkopaneeleilla pyritään kattamaan sähkönkulutusta ja sitä kautta pääsemään sähkönkulutustavoitteisiin.

Asiakkaan tarpeena on nähdä yhdestä paikasta monen eri kiinteistön aurinkopaneelien tuottama sähköenergia, sekä kiinteistöjen sähkönkulutus. Näin voidaan tulevaisuudessa nähdä, onko aurinkopaneelisiin investointi tuottanut haluttua tulosta. Lisäksi asiakkaan tarpeena on esitellä aurinkopaneelien tuottamaa energiamäärää omissa tiloissaan infonäytön avulla.

Tähän tarpeeseen Schneider Electricillä on tarjolla suorituskvynseuranta dashboardit, joilla voidaan seurata mitä tahansa mittausdataa, tässä tapauksessa sähköenergialukemia. Dashboardit voidaan luoda osaksi olemassa olevaa automaatiovalvomoa. Projekti suunnitellaan siten, että dashboardeja voidaan esitellä asiakkaan tiloihin asennettavalla infonäytöllä. Kokonaisuudesta halutaan

luoda mahdollisimman selkeä. Ennen tarkempaa dashboard-näkymien suunnittelua, tarvitaan lähtötietoja asiakkaalta, sekä kohteista.

3.2 Lähtötietojen selvittäminen kohteista

Työn tekemiseen vaadittavia tietoja lähdetään selvittämään asiakaspalaverien yhteydessä. Palavereissa käydään läpi kulutusseurantaan liittyviä asioita, jotka läheisesti liittyvät myös energiantuotannon seurantaan. Asiakkaalle jolle työ tehdään, on tarkat päästötavoitteet ja yksi tapa päästä näihin tavoitteisiin on kattaa osa sähkönkulutuksesta ekologisesti aurinkosähköllä.

Tässä työssä käsiteltäviä kohteita on kahdeksan ja kohteet sijaitsevat Itä-Suomessa. Rakennukset ovat tyypiltään palveluasumis- ja asuinkerrostalorakennuksia. Kohteiden vuosittainen sähkönkulutus vaihtelee 64 MWh – 239 MWh välillä (Nuuka, 2020). Varsinkin sähkölämmitteisissä rakennuksissa sähköä kuluu paljon. Kohteille on asetettu kulutuslajikohtaiset tavoitteet, joiden sisään pyritään pääsemään. Työssä käsiteltävissä kohteissa on mukana sellaisia, jotka eivät näitä kulutustavoitteita saavuta, joten tuotto- ja kulutusseuranta tulee tarpeeseen.

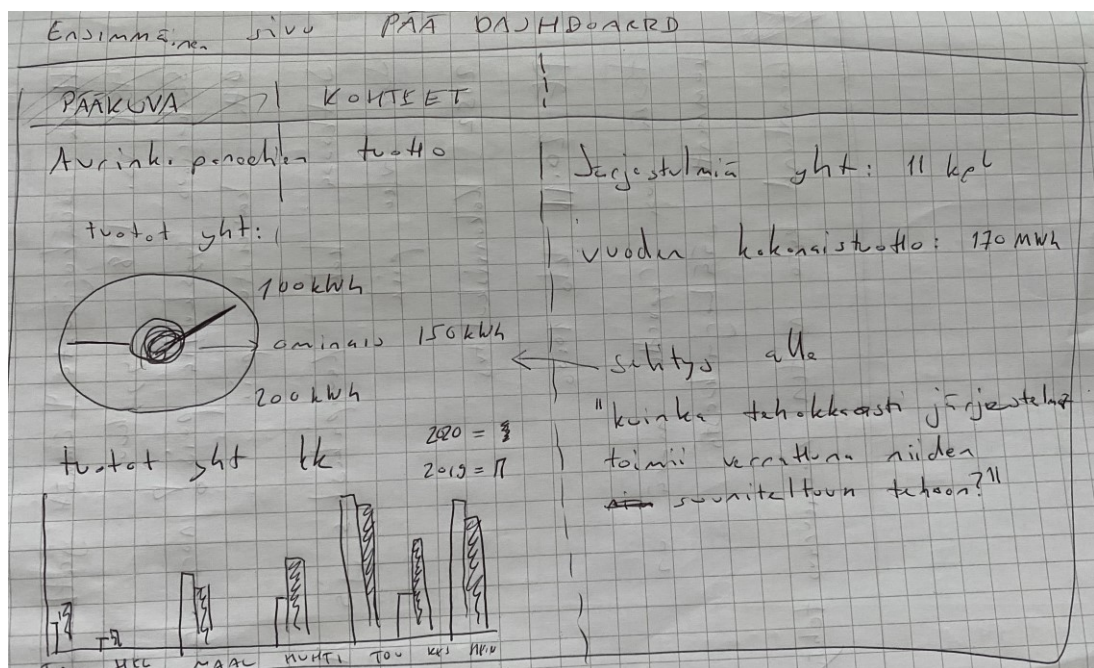
Itä-Suomessa vuotuinen auringonsäteilyn määrä optimaalisesti sijoitetuille pinnoille on noin 1000 kWh/m². Vuosittainen säteily määrä vastaa lähes Keski-Euroopan tasoa, eli maantieteellisen sijainnin kannalta Itä-Suomessa on edellytyksen hyvään aurinkoenergia tuottoon. (motiva, 2020)

Tarkemmat lähtötiedot selvitetään kohdekäyntien avulla. Schneider Electricin alueellinen huoltotiimi suorittaa kohdekäynnit. Kohdekäynnillä kartoitetaan kohteiden nykyisten energiamittareiden tyypit, liitokset automaatioon, sekä kohdekohtainen automaatiojärjestelmä. Nämä lähtötiedot määrittävät, mihin kohteisiin voitaisiin luoda dashboard-näkymiä ilman fyysistä asennustyötä. Kartoituskäynnin tuloksena saadaan listaus, johon on kirjattu jokaisen liitettävän kohteen energiamittareiden ja inverttereiden tyypit, väliteknikka, automaatiojärjestelmä, sekä kaapelointimatkat mittareilta valvonta-alakeskuksille. Listausta käytetään hyödyksi työn etenemisen seuraamiseen, sekä ohjeena mittariasennuksia tekeville työntekijöille.

3.3 Suunnittelu

Dashboard näkymien luonti aloitettiin keräämällä lähtötiedot kohteiden nykyisistä valvomoista ja mittauksista. Kun kohteiden lähtötiedot ovat selvillä, voidaan aloittaa suunnittelu yhdessä asiakkaan kanssa. Suunnittelupalavereita pidetään Teams -kokousten avulla.

Asiakkaan kanssa keskustellaan työn tavoitteista ja mitä tietoja haluttaisiin dashboard-näkymistä tarkastella. Näiden lähtötietojen pohjalta luonnostellaan paperille tulevien dashboard-sivujen suurpiirteinen rakenne (kuva 5). Näiden luonnosten avulla voidaan aloittaa varsinaisten dashboard-näkymien luonti. Tässä tapauksessa dashboardiin liitettäviä kohteita on monia, joten jokaisesta kohteesta vaaditaan omat näkymät.



KUVA 5. Aurinkoenergia dashboard-näkymän raakaluonnos paperilla

Suunnitelmana on luoda kohteiden yhteenvetönäkymä, kohdelistausnäköymä ja kohdekohtaiset näkymät. Yleisnäköymään kerätään kaikkien kohteiden yhteenlasketut tuotot ja kulutukset. Kohdelistaan luodaan näköymään kohteiden nimet ja listasta pääsee eteenpäin kohdekohtaisiin näköymiin. Kohdekohtaisesta näky-

mästä näkee tarkemmin yhden kohteen tuoton, kulutuksen ja vertailun eri ajanjaksojen suhteen. Pääkuvien välinen navigointi tapahtuisi yläpalkin avulla. Kohdelistanäkymästä päästäisiin eteenpäin klikkaamalla kohteen nimeä ja yläpalkin avulla takaisin yleisnäkymään.

Suunnitelmana on luoda mahdollisimman kattavat, mutta selkeät ja helppolukuiset näkymät. Suunnittelua tehdessä asiakkaaseen ollaan tiiviisti yhteydessä ja asiakkaan kehitysehdotukset otetaan vastaan ja toteutetaan.

3.4 Automaatiojärjestelmä pohjana dashboardeille

Asiakkaalla on käytössään Schneider Electricin tarjoama Ecostruxure Building Operation (EBO) automaatiojärjestelmä. Järjestelmän ohjelmisto toimii pohjana dashboard-näkymien luomiselle. Tarkoituksena on saada jokaisesta dashboardeihin liitettävästä kohteesta sähkönkulutuksen ja aurinkoenergian mittarilukemat samaan, asiakkaan käytössä olevaa valvomoon.

Osa dashboardeihin liitettävistä kohteista on Assemblinin tarjoaman DEOS järjestelmän takana. Näiden kohteiden osalta dashboard-liitos vaatii DEOS ja Ecostruxure järjestelmien integrointia. Yhteensovittamisesta kerrotaan tarkemmin kappaleessa 3.6.6.

3.4.1 Mittaukset ja muuttujat

Dashboard-näkymien perustana on rakennusautomaatiojärjestelmään kytketyt mittaukset. Tällaisia mittauksia ovat esimerkiksi huonelämpötila, hiilidioksidipitoisuus, paine-erot, valoisuustasot, sähköenergian- ja vedenkulutusmittaukset. Tämän työn kannalta oleelliset mittaukset ovat aurinkoenergiajärjestelmään liitetyt energiamittarit ja kiinteistöjen sähkönkulutusmittarit.

Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelmistossa on muuttujia, jotka vaihtavat arvoaan esimerkiksi mittausarvon vaihtuessa, tai ohjelman suorittaessa tietyn toiminnon. Näitä muuttujia voidaan käyttää myös dashboard-näkymien datan lähteenä.

3.4.2 Modbus-väylä

Useimmat energiamittarit, joita työssä käytetään, ovat varustettu modbus-väylällä. Modbus on väyläprotokolla, jonka Modicon kehitti jo vuonna 1979. Modbus:ia käytetään laajasti automaatiojärjestelmien kenttäväylänä. Väylä käyttää isäntä – renki topologiaa, jossa isäntälaitte lähettää kutsun ja renkilaitte vastaa tähän. Modbus on avoin tietoliikennestandardi, joten monet eri laitevalmistajat käyttävät tätä väyläratkaisua. (Schneider Electric, 2021). Tässä työssä modbus-väylää käytetään energiamittareiden liittämiseen kohteiden alakeskuksiin ja sitä kautta valvomoon ja dashboard-näkymiin.

3.4.3 Automaatiovalvomo

Asiakkaan automaatiovalvomona toimii Schneiderin Electricin tarjoama eValvomo. Tähän valvomoon on mahdollista liittää lukuisia eri kohteita, joka mahdollistaa monen eri kohteiden prosessien tarkastelun samasta paikasta. Asiakkaalla on pääsy eValvomoon selaimen avulla ja liitetyt kohteet päivitetään säännöllisesti ajan tasalle tietoturvan, teknisten ominaisuuksien ja ulkoasun osalta. Asiakkaan valvomoversio on EBO 3.2, joten Dashboard-näkymät voidaan luoda osaksi automaatiovalvomoa.

Valvomosta käsin voidaan muuttaa ohjelmia, grafiikkakuvia, eri mittausten ja kuvien välisiä linkityksiä, sekä luoda trendiseurantoja. Lisäksi valvomosta päästään näkemään ja muokkaamaan kohteiden fyysisiä mittauspisteitä ja niiden mittarilukemia.

Käytössä olevaan automaatiovalvomoon oli valmiiksi liitettynä monia asiakkaan kohteita prosessien seuraamista varten. Muutamista kohteista oli liitettynä myös

aurinkoenergia- ja sähkömittaus valmiiksi automaatioon. Näiden kohteiden osalta ei vaadita erillistä integrointi-, asennus-, tai käyttöönotto-työtä mittarilukemien käyttämiseen dashboardeissa.

3.5 Energiamittareiden kytkentä ja käyttöönotto

Aurinkoenergiaseuranta-dashboardien kannalta tärkeimmät mittaustiedot ovat kohteiden sähkönkulutuksen päämittaukset, sekä aurinkoenergiajärjestelmiin liitetyt energiamittarit. Osassa tämän työn kohteista oli valmiiksi asennettu energiamittarit aurinkopaneeleille. Mittarit ovat liitettynä automaatiojärjestelmään väylän avulla. Monessa kohteessa ei tarvittavia energiamittareita ollut.

Tarvittavan mittausdatan saamiseksi dashboardeihin, pitää energiamittaukset liittää kohteisiin, joiden automaatiojärjestelmään ei ole ennalta liitetty energiamittareita. Näihin kohteisiin asennetaan aurinkoenergiamittauksia varten Schneider Electricin iEM3150 -mittarit ja sähkön päämittauksia varten verkkoanalysaattorit. Molemmat mittarit liitetään automaatioon Modbus-väylän avulla.

iEM3150 mittarit kytketään kentällä RS485 tiedonsiirtoporttia käyttäen väylään. Ohjeen mukaan energiamittarille kytkettävänä väyläkaapelointina käytetään poikkipinta-alaltaan 2,5 mm² kaapelia (Schneider Electric, 2019). Väyläkaapelin toinen pää kytketään alakeskuksiin, jonka jälkeen mittarilukemaa voidaan lukea valvomosta.

Kahteen projektin kohteeseen on käytetty Carlo Gavazzi em340 - energiamittaria. Nämä energiamittarit voidaan lisätä modbus-väylään, mutta mittariin tarvitsee liittää väyläliitin.

Kohteissa tehtäviä asennustoimenpiteitä lähti toteuttamaan Schneiderin alueellinen huolto- ja asennustiimi. Liitettyjen mittareiden tilanteesta pidetään kirjaa excel -taulukon avulla. Työn valmistumisen kannalta on tärkeää pysyä ajan tasalla kohteiden tilanteesta, sillä kun mittarilukemat ovat liitetty automatiikkaan, voidaan aloittaa kohteiden dashboardien teko.

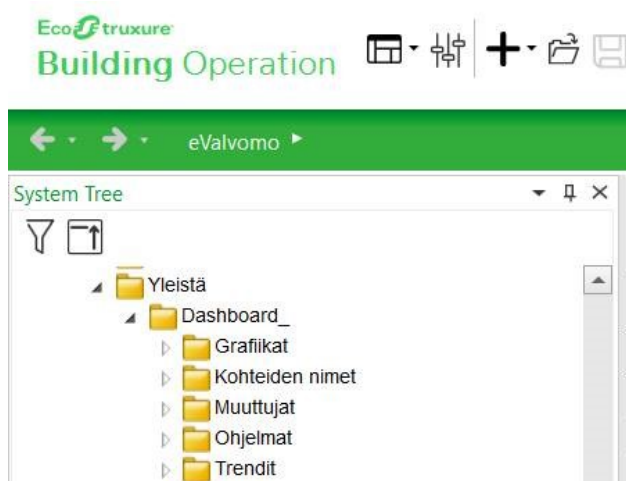
3.6 Dashboard-näkymien tekeminen

Kun lähtötiedot, suunnittelu ja energiamittaukset ovat valmiina, voidaan aloittaa varsinaisten dashboard-näkymien teko. Näkymiä varten tehdään automaatiovalvomoon tiettyjä lisäyksiä. Tässä työssä dashboard-näkymien luonti aloitettiin grafiikkakuvien ja yhteenvetonäkymän teolla. Kohdekohtaisia dashboard-kuvia aletaan tekemään sitä mukaan, kun jonkin liitettävän kohteen energiamittarit oli saatu kytkettyä automaatioon.

3.6.1 Valvomoon tehtävät lisäykset

Valvomoon tehtäviin lisäyksiin käytetään hyödyksi EBO 3.2 workstationia eli valvomon työpöytäsovellusta. Workstationilla päästään muuttamaan ja luomaan ohjelmia, grafiikkakuvia, trendiseurantoja sekä dashboard-näkymien pohjia. Valvomosta nähdään myös I/O moduuleihin kytketyt fyysiset mittaus, säätö ja ohjauspisteet. Varsinaisien dashboard-kuvien luominen aloitetaan vasta, kun valvomoon on tehty tarvittavat lisäykset.

Ensimmäiseksi automaatiovalvomoon luodaan oma kansio aurinkoenergia dashboardeja ja niihin liittyviä tiedostoja varten (kuva 6). Tähän kansioon tullaan jatkossa lisäämään työhön liittyvät grafiikkakuvat, ohjelmat, trendiseurannat, sekä muuttujat. Selkeän ja järjestelmällisen kansiorakenteen luominen on tärkeää, sillä se helpottaa käyttäjäoikeuksien ja projektin hallintaa. Selkeä kansiorakenne auttaa myös tulevaisuudessa, jos luotuja dashboardeja muokataan.



KUVA 6. Selkeä kansiorakenne luotuna valvomoon.

Valvomoon tehdään apumuuttujia, joita käytetään eri kohteiden mittarilukemien siirtämisessä samaan kansioon. Apumuuttujia luotiin valmiiksi jokaista kohdetta varten, jotta jatkossa voitaisiin helpommin linkittää uusien kohteiden mittarilukemia ohjelmiin.

3.6.2 Työhön vaadittava ohjelmointi

Dashboardien käyttöönotto vaatii hieman ohjelmointia, sillä näkymien tulee päivityä automaattisesti uuden kohteen liittämisen jälkeen. Ohjelmointityö tehdään Function Block Editor 3.2. -ohjelmalla, joka on osa Schneider Electricin EBO 3.2 ohjelmistoa. Ohjelmointiin käytetään graafisista function block -ohjelmointikieltä. Ohjelma koostuu sisääntuloista, ohjelmablockeista ja erilaisista funktioista, sekä ulostuloista (kuvio 1). Ohjelmat luodaan valvomossa olevaa dashboard kansioon.



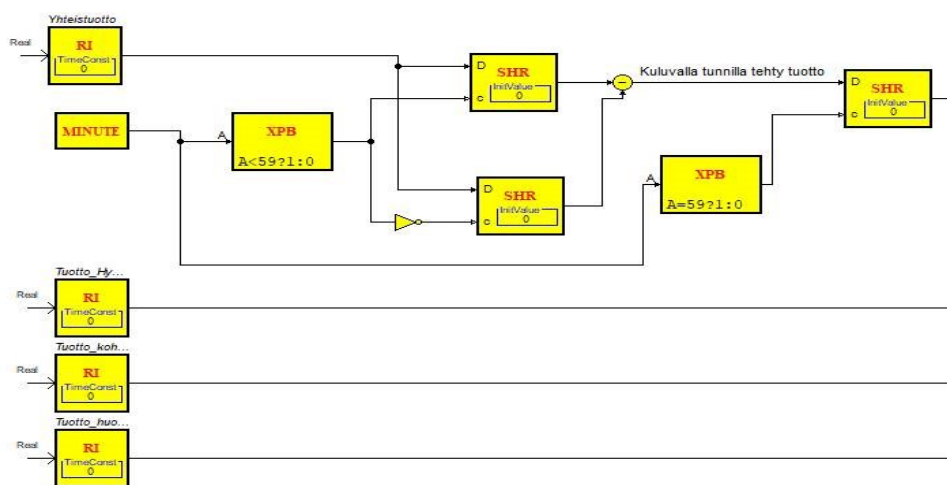
KUVIO 1. Periaatekuva Function Block -ohjelman rakenteesta

Yleisnäkymäkuvassa halutaan näyttää kohteiden lukumäärä, niiden yhteenlaskettu tuotto, sekä tuottovertailu edellisiin vuosiin. Lisäksi yhteenvetonäkymään

halutaan tekstiosio, joka kertoo reaaliaikaisen energiatuoton tilan tekstimuodossa. Tällaiset lisäykset dashboard-näkymiin vaativat ohjelmointia, sillä kohteiden yhteenlaskettuja arvoja ei ole ennalta saatavilla valvomossa.

Yhteistuoton ja kohteiden lukumäärän näyttämistä varten tehdään erillinen ohjelma. Tähän ohjelmaan liitetään apumuuttujat mittarilukemista ja luodaan lasuri, jotta ulostulomuuttujina saadaan kohteiden lukumäärä ja näiden yhteistuotto. Tulevaisuudessa kun uusi kohde halutaan liittää dashboard-näkymiin, voidaan kohteen mittarilukema linkittää apumuuttujaan. Ohjelma laskee tämän apumuuttujan arvon ja tunnistaa, että mittarilukema on liitetty. Ohjelman tunnistessa uuden mittarilukeman, kohdelukumäärä ja yhteistuotto päivittyvät automaattisesti. Ohjelma laskee siis yhden arvon linkittämällä kaksi eri muuttujaa, jotka voidaan esitellä dashboard näkymässä.

Yhteenvedoikkunan tekstiosiossa halutaan näyttää kohteiden lukumäärän lisäksi energiatuoton tilanne. Energiatuotontilanteen laskemiseen tehdään toinen ohjelma (kuva 7 alempana). Tämän ohjelman sisääntuloon linkitetään kohteiden yhteistuotto ensimmäisestä ohjelmasta. Energiatuottilanne -ohjelmaan syötetään kolme raja-arvoa yhteistuotolle. Jokainen raja-arvon ylitys, tai alitus antaa ohjelman ulostuloon eri arvon. Näitä ulostuloarvoja voidaan käyttää tekstin sisällön määrittämiseen grafiikkakuviin. Raja-arvot asetettiin muokattavaksi, jotta niitä pystyy tulevaisuudessa valvomosta käsin vaihtamaan ilman erillistä ohjelman latausta.



KUVA 7. Tekstiosion ohjelmointia

Function Block -ohjelmien sisään- ja ulostulojen yksiköitä voidaan muuttaa. Tässä tapauksessa yhteistuotto-ohjelman avulla saadaan myös energiamittarilukemien yksiköt vaihdettua siten, että kaikki energialukemat nähdään kWh -muodossa. Yksiköiden tulee olla samassa muodossa, jotta kulutukset ja tuotot ovat vertailukelpoisia. Käyttäjäkokemuksen kannalta on tärkeää, että eri kohteiden dashboard-näkymät ja esitellyt lukemat ovat visuaalisesti yhteneväisiä, joten yksiköiden muuttaminen samaksi on välttämätöntä.

3.6.3 Trendiseurannat

Moni dashboardissa esiteltävä graafi perustuu trendiseurantaan. Trendiseuranta on valvomoon tehtävä loki, joka tallentaa muuttujan arvon, tai mittauksen lukeman asetellun aikavälein. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että automaatiojärjestelmän muistiin kirjataan historiaa muuttujien arvoista. Tämän historian avulla voidaan jatkossa vertailla eri aikajaksojen tuottoja ja kulutuksia. Trendiseurantoja voidaan tarkastella valvomosta lista-, tai kuvaajamuodossa (kuva 8).



KUVA 8. Trendiseuranta esitettynä lista- ja kuvaajamuodossa.

Aurinkoenergiatuotoille luodaan kohdekohtaiset trendiseurannat ja trendiseurantojen pituudeksi valitaan viisi vuotta. Näin pitkän trendiseurannan näytteenottoväli pitää asettaa siten, ettei trendiseuranta vie liikaa tilaa automaatiojärjestelmän muistista. Energiatuoton trendiseuranta asetetaan päivittymään kerran vuorokaudessa, joka on riittävän tiuha väli tuottoseurantaa ja vertailua ajatellen. Samanlainen trendiseuranta tehdään sähkömittareilta saatavasta kulutusdatasta.

Kohteiden dashboardeihin halutaan dataa näkyville jo liitosvaiheessa, mutta trendiseurantoihin alkaa tallentumaan arvoja vasta trendin luomisen jälkeen. Listamuotoiseen trendiseurantaan voidaan manuaalisesti lisätä mittausarvoja. Tässä työssä lisätään trendiseurantoihin manuaalisesti lukemia muutaman kuukauden ajalta. Näin saadaan luotaviin graafeihin lukemia ja dashboard-näkymät näyttävät valmiilta heti liitosvaiheessa. Kohteiden mittarilukemien historiaa voidaan lisätä trendiseurantoihin, mikäli kohteen energiamittarissa on mittarilukemia tallennettuna menneiltä ajanjaksoilta.

Monessa liitettävässä kohteessa on käytössä Schneider Electricin iEM3150 energiamittarit. Näihin mittareihin tallentuu kumulatiivinen mittarilukema, vuosi-, kuukausi-, ja päivätason energialukemat (kuva 9). Kun iEM3150 liitetään automaatiikkaan ja sitä kautta valvomoon, voidaan valvomosta käsin lukea vanhoja mittarilukemia.

Modbus Signals x

List View Properties

Quick filter

Name	Description	Value
Energy_M_01	Viime kuu	26 594,30 kWh
Energy_M_02	2 kk sitten	23 589,63 kWh
Energy_M_03	3 kk sitten	20 059,58 kWh
Energy_M_04	4 kk sitten	17 492,86 kWh
Energy_M_05	5 kk sitten	13 276,29 kWh
Energy_M_06	6 kk sitten	11 749,82 kWh

KUVA 9. Valvomoon liitetty IEM 3150 -mittari tallentaa menneiden ajanjaksojen mittarilukemat

Kyseisiä mittareita oli käytetty kohteiden aurinkoenergian tuottomittareina ja sähkönkulutusmittareina. IEM3150 mittarit käyttävät modbus-väylää alakeskusten kanssa kommunikointiin ja vanhat mittarilukemat voidaan hakea modbus signals -kansioista. Monipuolisten ominaisuuksien ja historiatietojen tallennuksen takia näitä mittareita asennetaan myös uusiin liitettäviin kohteisiin.

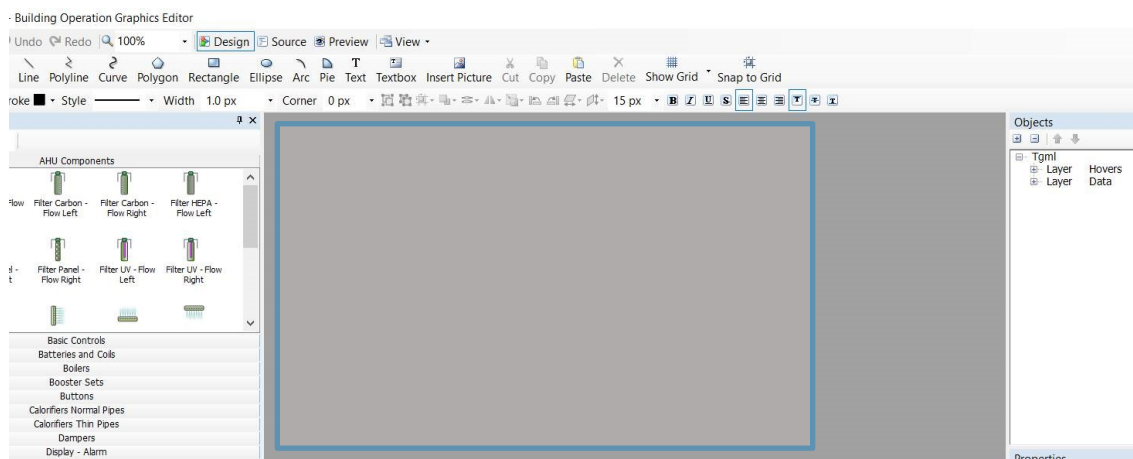
Mittareille tallentuneiden arvojen perusteella voidaan trendiseurantoihin lisätä arvoja manuaalisesti jälkikäteen. Näin saadaan graafeihin ensimmäiset tiedot näkyville jo kohteen liitosvaiheessa.

Vanhojen mittarilukemien täyttäminen jälkikäteen tehdään trendiseurannan listanäkymää muokkaamalla. Energiamittarin modbus signals -kansioista etsitään haluttu kulutuslukema ja kyseinen lukema vähennetään kumulatiivisesta mittarilukemasta. Saatu erotus lisätään oikealla aikaleimalla trendiseurannan listausnäkykseen. Näin täytettynä trendiseuranta näyttää tallentaneen mittaustietoa lokiin jo ennen trendiseurannan luontia.

3.6.4 Grafiikkakuvat

Selaimella luotavat dashboard-näkymät ovat tämän työn visuaalisen esitystavan perusta. Dashboard-näkymien oletusgraafit eivät kuitenkaan sisällä kaikkia ominaisuuksia, joita työn tavoitteet vaativat. Oletusgraafien lisäksi dashboardeihin on mahdollista lisätä vapaamuotoisia, grafiikkaeditorilla luotuja grafiikkakuvia. Grafiikkakuvia alettiin luomaan, jotta dashboard-näkymiin saatiin menupalkit, kohdelista ja vapaamuotoiset kuvat, esimerkiksi tekstiosiot luotua.

Grafiikkakuvat luodaan grafiikkaeditorilla. Grafiikkaeditori toimii erillisenä työpöytäsovelluksena ja on osa EcoStruxure -järjestelmän ohjelmistoa. Grafiikkaeditorilla voidaan vapaasti tehdä erilaisia kuvioita, tekstipalkkeja, animaatioita, viivoja ja symboleita valvomossa näkyviin kuviin (kuva 10). Luotuihin grafiikkakuviin voidaan linkittää erilaisia arvoja, muuttujia, muita grafiikkakuvia, tai esimerkiksi dashboard-näkymiä. EcoStruxure grafiikkaeditoriin voidaan tehdä scriptejä ja muita älykkäitä toimintoja, mikäli halutaan että grafiikkakuva muuttuu riippuen linkitetyistä arvoista tai käyttäjän toimista.



KUVA 10. Grafiikkaeditoria käytetään vapaamuotoisten kuvien tekemiseen.

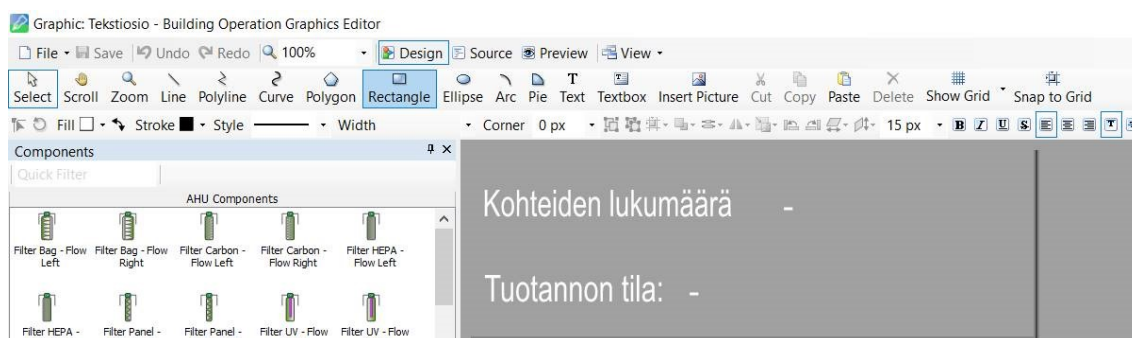
Luotavien dashboard-näkymien suunnitelmat sisältävät menupalkkeja ja kohdelistoja. Nämä menupalkit ja kohdelista tehdään ulkoasultaan yhteensopiviksi dashboardien oletusgraafeihin. Näin kokonaisuudesta saadaan selkeä ja laadukas.

Dashboard-näkymien yläosaan luodaan menupalkki. Tämän menupalkin avulla käyttäjä voi navigoida eri sivujen välillä. Menupalkki jaetaan kolmeen painikkeeseen, joista pääsee yhteenvetönäkymään, kohdelistaukseen ja aluekuvaan. Grafiikkaeditorilla luodaan painikkeet, joita käytetään linkkipintana seuraaviin kuviin. Linkkipintaa klikkaamalla painikkeen osoittama sivu aukeaa. Menupalkki luodaan jokaiselle sivulle erikseen, sillä menupalkin halutaan osoittavan millä sivulla käyttäjä kulloinkin on. Menupalkkiin luodaan myös tekstikenttä, jolla esitetään kohteen nimi, mikäli käyttäjä menee kohdekohtaisille sivuille.

Kohdelistanäkymään kerätään aurinkoenergia -dashboardeihin liitetyt kohteet. Tämän näkymän ei suunniteltu sisältävän oletusgraafeja lainkaan, vaan koko näkymä koostuisi grafiikkaeditorilla luodusta kohdelistasta ja menupalkista. Kohdelista tehdään ulkoasultaan moderniksi ja jokaisen kohteen eteen lisätään rakennuksen symboli. Kohdelistanäkymään päästään menupalkin kautta ja kohdelistaan linkitetään kunkin kohteen dashboard-näkymä. Kun käyttäjä painaa listasta kohteen nimeä, aukeaa painetun kohteen oma dashboard-näkymä näytölle.

Suunniteltua yhteenvetönäkymää (kuva 11) varten luodaan tekstiosio grafiikka-kuva, jossa näkyy reaaliajassa kohteiden lukumäärä, sekä energiatuoton tila.

Tekstiosiossa lukee, onko aurinkopaneelien tuotannon tila ollut viimeisen tunnin aikana ”hyvä”, ”kohtalainen” tai ”ei tuottoa”. Ohjelmaan aseteltiin eri tuotannon tiloille raja-arvot, jotka ovat muuteltavissa valvomosta. Kun raja-arvo ylittyy, vaihtuu teksti automaattisesti dashboard näkymän kohtaan ”tuotannon tila” (kuva 11). Kohteiden lukumäärä linkitetään suoraan numeerisena arvona ohjelmasta grafiikkakuvaan.



KUVA 11. Yhteenvedonäkymän tekstiosion teko grafiikkaeditorilla.

Menupainikkeisiin ja muihin grafiikkaobjekteihin lisätään interaktiivisuutta käyttäjäkokemuksen parantamiseksi. Grafiikkaeditorilla tehtäviin vakiopainikkeisiin on mahdollista lisätä erilaisia toimintoja. Painikkeisiin määritetään arvon muutosta vastaava toiminto, linkitetään arvo ja näin painike alkaa toimimaan halutulla tavalla. Kun käyttäjä vie hiiren painikkeen päälle, tai klikkaa sitä sormella kosketusnäytöltä, muuttuu painikkeen väri. Tämä näyttää visuaalisesti laadukkaammalta ja antaa käyttäjälle vasteen siitä, että painallus on tapahtunut oikein.

3.6.5 Dashboard-kuvien tekeminen

Dashboard-näkymät luodaan selainpohjaisen valvomon eli webstationin avulla. Työpöytäsovelluksella tehtyjen dashboard-pohjien ansiosta voidaan pohjat avata selaimella ja aloittaa varsinaisten dashboard-näkymien luominen.

Dashboard-näkymään voidaan liittää vakio-objekteja, eli pienoissovelluksia, sekä grafiikkaeditorilla tehtyjä grafiikkakuvia (kuva 12). Grafiikkakuvat tehtiin ulkoasultaan sopivaksi dashboard -objekteihin, mutta niiden tekotapa ja ominaisuudet eroavat toisistaan melko paljon. Dashboard -objekteja lisätään suoraan selaimen

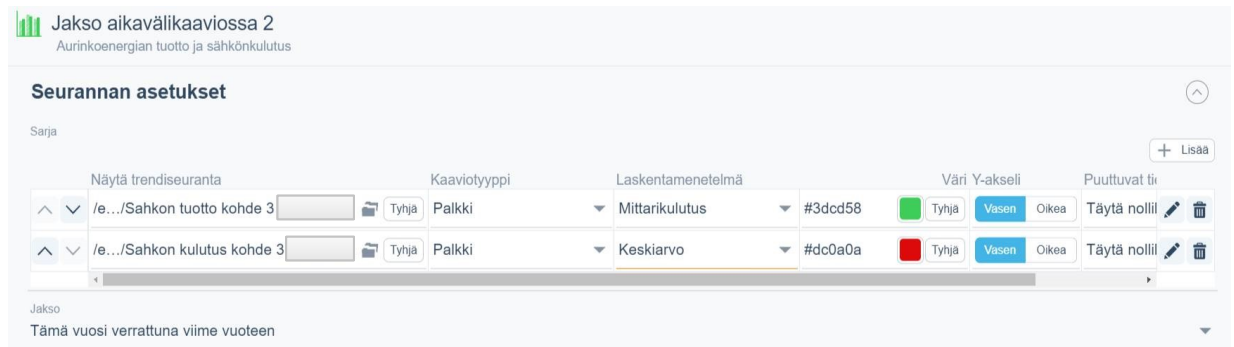
avulla ja ne ovat helposti muokattavissa sisällöltään. Objektien pääpiirteinen ulkoasu on ennalta määritetty, mutta vaihtoehtoja ja muokkausvaraa on silti tarpeeksi.



KUVA 12. Dashboardiin liitettäviä objekteja

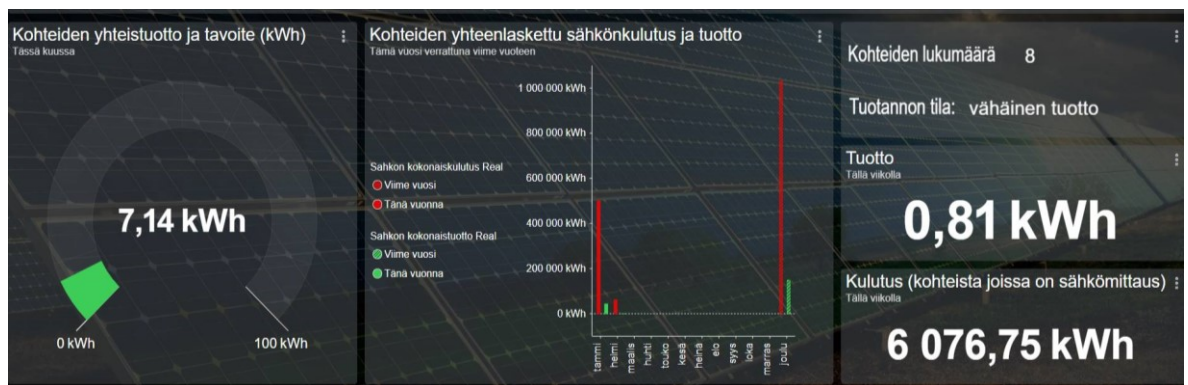
Objekteissa esitellään linkitettyjä trendiseurantoja, reaaliaikaisia mittauspisteitä, tai muuttujia. Dashboardiin lisättäviin trendiseurantoihin kirjoitetaan kuvaustekstit siten, että käyttäjä voi lukea, mitä graafin arvot kuvaavat. Graafeihin voidaan lisätä myös esimerkiksi tuottojen tavoitearvoja ja mittarin näyttämästä lukemasta voidaan seurata, täyttyykö tuottotavoitteet.

Dashboard-objekteihin voidaan linkittää monta trendiseurantaa samanaikaisesti ja näin luoda vertailugraafeja. Graafeihin linkitettävien trendiseurantojen laskentatapaa ja ulkoasua pystytään muokkaamaan (kuva 13). Graafiin voidaan asettaa näkymään trendiseurannan keskiarvo, mittarikulutus, maksimi, minimi, delta, tai summa. Tässä työssä käytetään eniten mittarikulutus laskentatapaa, koska trendit ovat luotu kumulatiivisesta mittarilukemasta. Mittarilukematrendi ja mittarikulutus graafi mahdollistavat tarkkailtavan aikavälin muuttamisen suoraan selaimen kautta.



KUVA 13. Trendiseurantojen muokkaus

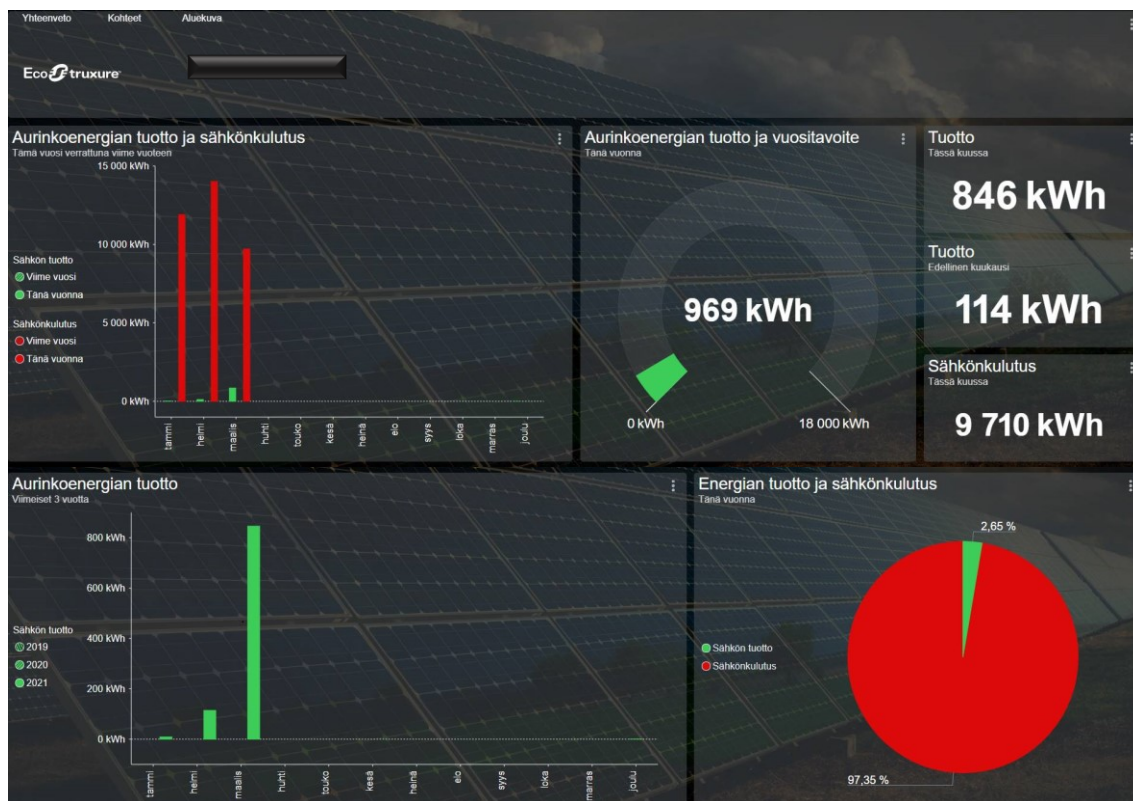
Yhteenvetonäkymään halutaan näkyviin kootusti kaikkien kohteiden aurinkoenergiatuotto, sekä sähkönkulutus. Näkymän tarkoitus on mahdollistaa aurinkopaneelien kokonaistuoton ja sähkön kokonaiskulutuksen vertailu. Tähän näkymään lisätään myös kohdevertailu, jossa näkyy kaikkien liitettyjen kohteiden aurinkoenergiatuotot kootusti. Tästä kaaviosta asiakas voi vertailla nopeasti eri kohteidensa tuottoja ja nähdä esimerkiksi kuluvaan vuoteen parhaiten tuottaneen kohteen. Yhteenvetonäkymän reunaan lisätään grafiikkaeditorilla luotu tekstiosio, jossa näkyy liitettyjen kohteiden lukumäärä, sekä aurinkoenergiatuotannon tila (kuva 14).



KUVA 14. Yhteenvetonäkymän oikeassa yläkulmassa näkyy tuotannon tila

Kohdekohtaisiin dashboard-näkymiin lisätään ylös menupalkki, josta päästään takaisin yhteenvetosivulle, sekä kohdevalikkoon. Valitun kohteen nimi lukee ylävalikossa, jotta käyttäjä näkee minkä kohteen tietoja tarkastellaan. Kohdekohtaiseen näkymään lisätään aurinkoenergia tuottojen ja sähkönkulutuksen vertailu. Tämä vertailu toteutetaan käyttämällä jakso aikavälikaaviossa -objektia, joka näyttää halutun aikavälin energialukemat pylväsdiagrammin avulla. Kohdekohtaiseen näkymään lisätään tuotto- ja kulutuslukemat myös numeerisesti, jotta

asiakas voi vertailla esimerkiksi kuluvan kuukauden tuottoja edelliseen kuukauteen.



KUVA 15. Kohdekohtainen dashboard-näkymä

Dashboardit ovat muokattavissa milloin tahansa ja mittarilukemien vertailuun voi jatkossa valita haluamansa aikavälin. Aurinkoenergiatuottoa ja sähkönkulutusta osoittavaan diagrammiin valitaan oletusajaväliksi kuluva vuosi verrattuna edelliseen vuoteen.

3.6.6 Järjestelmien integrointi

Osassa liitettävissä kohteissa on käytössä Assemblinin tarjoama DEOS automaatiojärjestelmä. Dashboard-näkymät tehdään kuitenkin kokonaan EcoStruxure alustalla, joten nämä kaksi järjestelmää tulee integroida yhteensopiviksi. Järjestelmien yhteensovittamista varten apua saadaan kunkin järjestelmän asiantuntijoilta.

DEOS ja EcoStruxuren väliseen kommunikointiin käytetään EGX150 ethernet gatewayta. Tätä gatewayta voidaan käyttää eri väyläprotokollien yhdistämiseen. Käytännössä gatewayn avulla saadaan data siirtymään väylätekniikasta huolimatta järjestelmästä toiseen. Tässä työssä DEOS-järjestelmän lähettämä modbus liikenne ohjataan gatewaylle ja sitä kautta saadaan mittaustieto luettua EcoStruxureen. Vaikka molemmat järjestelmät käyttävät tässä tapauksessa modbus väylätekniikkaa, käytetään gatewayta eri kohteiden väliseen tiedonsiirtoon.

Alkuperäisenä suunnitelmana oli käyttää API -rajapintaa hyödyksi sähkönkulutusdatan siirtämisessä sähköyhtiöltä automaatiojärjestelmään. API -lyhenne muodostuu englannin kielen sanoista Application Programming Interface, joka tarkoittaa ohjelmointirajapintaa. Rajapinta mahdollistaa eri ohjelmistojen integraation ja tiedonsiirron reaaliajassa järjestelmien välillä (J.Korkola, 2019). API -rajapinnan toiminta on esitelty kuvassa 16.



KUVA 16. API rajapinnan toiminta (alkuperäinen kuva: Eryutech, 2018)

Sähkönkulutusdatan siirto mahdollisuutta lähdettiin selvittämään sähköyhtiöltä, sekä Schneiderin valvomoa ylläpitävältä taholta. API siirto ei tässä työssä kuitenkaan palvele haluttua käyttötarkoitusta, sillä sähköyhtiöltä ei ole saatavilla reaaliaikaista ja kumulatiivista mittarilukemaa. Tämän ongelman takia fyysiset sähkömittarit asennetaan kohteisiin ja liitetään kenttäväylän kautta automaatiojärjestelmään.

3.6.7 Infonäyttö

Työssä toteutetaan dashboard-näkymät niin, että niitä voidaan katsoa ja esitellä asiakkaan tiloihin asennetulta infonäytöltä. Dashboardien soveltamisessa infonäyttöä varten on otettava huomioon keitä ovat infonäytön käyttäjät, kellä on

pääsy infonäytön sisältöön, kuka konfiguroi infonäytön ja miten kirjautuminen dashboardeihin tapahtuu.

Infonäytön toimittajaan otetaan yhteyttä, jotta saadaan lähtötiedot käytännön toteutusta varten. Toimittajan kanssa keskustellaan, miten dashboardien haluttaisiin toimivan näytöllä, miten kirjautuminen tapahtuisi käytännössä, miten näkymien selaus onnistuu ja miten käyttöoikeudet saadaan rajattua.

Työssä käytettävä infonäyttö on interaktiivinen ja se on varustettu kosketusnäytöllä. Tämä mahdollistaa dashboardien valikoiden selaamisen suoraan infonäytöltä ja asiakas voi painalluksella vaihtaa näkymiä. Infonäyttöä ohjaa Brightsign mediatoistin, joka liitetään kohteen LAN, tai Wi-Fi -verkkoon. Mediatoistimessa on sisäänrakennettu selain, jolla kirjaudutaan asiakkaalle tehdyillä tunnuksilla sisään dashboard-näkymiin. Kirjautuminen tapahtuu näin automaattisesti taustalla, kun käyttäjä painaa infonäytöltä aurinkoenergia ikonia.

Kirjautuminen infonäytöltä dashboardeihin suunniteltiin tapahtuvan painamalla infonäytöltä aurinko -ikonia. Erillistä kirjautumistunnusten syöttöä ja tunnusten hyväksymistä ei haluta infonäytöllä tehtävän, vaan ikonin painamisen jälkeen tulisi dashboardin avautua automaattisesti. Tätä toiminnallisuutta varten mediatoistimen selaimeen tallennetaan salasana, jotta kirjautuminen hoituu kokonaisuudessaan yhdellä napin painalluksella. Avautuvaksi aloituskuvaksi infonäytöltä kirjautuessa asetetaan yhteenveto dashboard-näkymä.

Tässä työssä käsiteltävä infonäyttö asennetaan yleisiin tiloihin, mihin on monella vapaa pääsy. Tämän takia infonäytöllä käytettävän kirjautumistilin käyttöoikeudet tulee rajata tarkasti. Schneider Electricin eValvomoa ylläpitävä tiimi kykenee luomaan tunnukset, joissa on rajatut pääsyoikeudet. Luoduilla käyttäjätunnuksilla pääsee ainoastaan tarkastelemaan dashboard-kuvia ja selaamaan niitä. Näin infonäytön käyttäjällä ei ole pääsyä valvomon muihin toimintoihin, esimerkiksi muuttamaan asetuksia tai näkymiä, eikä säätämään varsinaisia automaatioprosesseja. Infonäyttötunnuksilla ei myöskään näe valvomon yläpalkkia, eikä kansiorakennetta. Näin ollen näkymien ulkoasusta saadaan mahdollisimman pelkistetty ja laadukas.

3.6.8 Dashboard-näkymien viimeistely

Kun dashboard-näkymät oli saatu valmiiksi, voitiin aloittaa viimeistelytyö. Viimeistelyssä käydään läpi jokainen tehty dashboard-näkymä, visuaaliset yksityiskohdat, trendien toiminta ja mittarilukemat. Dashboardien tarkastusvaiheessa ilmeni myös muutama vikahavainto ja parannusehdotus.

Ensimmäisenä korjataan yksiköt niistä mittauksista, joihin yksiköitä ei ollut ennalta määritetty. Energianseuranta dashboardien objekteissa oleellinen tieto on mittarilukemien yksiköt, sillä määrittävät lukeman todellisen arvon. Yksiköt korjataan Valvomon workstationin avulla. Mittarilukemat ovat linkitetty apumuuttujiin ja apumuuttujien ominaisuuksista määritetään yksiköksi kWh. Kun yksiköt tallennetaan workstationin kautta, päivittyvät ne automaattisesti näkyviin dashboardeihin.

Dashboard-graafien raja-arvot muokataan kohteiden tuotto-odotusten mukaan sopiviksi. Raja-arvoina käytetään edellisten vuosien tuottolukemia, mikäli mittarilukemat menneiltä vuosilta on saatavilla. Tuottohistoriaa ei ole saatavilla jokaisesta liitetystä kohteesta, joten raja-arvoiksi asetetaan arvioidut tuotot. Kuvassa (17) näkyy esimerkki graafin raja-arvojen ja desimaalien muokkauksesta. Raja-arvot asetetaan mahdollisimman realistiseksi, jotta energiantuotto tavoitteiden täyttymistä olisi helpompi seurata.

Mittarilukemien tarkkuutta voidaan säätää graafien ominaisuuksien kautta. Mittarilukemiin asetetaan näkyväksi ainoastaan yksi desimaali, joka kertoo tarvittavalla tarkkuudella mittarilukeman. Desimaalien vähentäminen tekee dashboard-näkymien ulkoasusta selkeämmän ja helpommin luettavan.



KUVA 17. Desimaalit ja tavoitteiden raja-arvot muokattuna oikealla.

Trendiseurantojen toimintaa tarkastaessa selvisi, että yksittäisen liitetyn kohteen mittarilukemat eivät päivitty dashboard-kuviin. Ensimmäiseksi vikaa paikallistetaan valvomon arvojen linkitykset tarkastamalla. Kun linkitykset voidaan todeta oikeaksi, selvitetään missä kohtaa mittarilukeman saanti katkeaa. Mittarilukema ei siirry alakeskukselta eteenpäin palvelimelle, jossa dashboardien apumuuttajat sijaitsevat. EValvomo -tiimin avustuksella datansiirto-ongelma paikallistui kohteen verkko-operaattorin palomuuriasetuksiin. Verkko-operaattorille kerrotaan viasta ja laitetaan pyyntö muuttaa asetukset niin, että mittarilukemalla on mahdollisuus siirtyä alakeskukselta dashboard-näkymiin.

Viimeistelyn jälkeen dashboard-näkymät ovat teknisen työn osalta on valmiita. Kun työntekijä ja asiakas ovat tyytyväisiä dashboard-näkymien ulkoasuun, voidaan uusia kohteita liittää dashboardeihin vähemmällä valvomon muokkauksella. Viimeistelyn jälkeen Dashboardien toimintaa halutaan kokeilla käytännössä datan sisäistämistestin avulla.

3.7 Dashboard-näkymien soveltuminen energiatietojen esittelyyn

Yhtenä työn tavoitteista on todistaa, että dashboard-näkymät soveltuvat energiatietojen esittelyyn. Energiatiedot ovat käsittelemättömässä muodossa numeerisia mittarilukemia. Näitä tietoja halutaan jalostaa ihmiselle helpommin ymmärrettäväksi ja nopeammin sisäistettäväksi dashboard-näkymien avulla. Luotujen dashboard-näkymien toimivuutta lähdetään tutkimaan kokeen avulla.

Dashboardien-soveltuvuutta aurinkoenergiatuottojen esittelyssä testataan kuu- den koehenkilön avulla. Koehenkilöt ovat koulutukseltaan, iältään ja taustaltaan erilaisia, sillä dashboard-näkymien halutaan olevan informatiivisia henkilöstä riippumatta. Nuoria ja vanhempia koehenkilöitä halutaan mukaan testiin, sillä nuoremalla on kyselyn mukaan enemmän kokemusta erilaisista näytöistä ja virtuaalisesta median käsittelystä.

Kokeessa esitellään tietokoneen ruudulta yhden kohteen aurinkopaneelien tuotto- ja sähkönkulutustiedot koehenkilölle. Kohteen energiantuotto ja kulutus

esitellään muutamalta kuukauden ajalta. Tiedot näytetään ensin raakadata muodossa, eli kumulatiivisina mittarilukemina. Kulutustietojen avulla koehenkilö vastaa kysymyksiin (taulukko 1). Tämän jälkeen koehenkilölle esitellään sama energiadata dashboard-näkymien avulla ja koehenkilö vastaa taulukon (1) kysymyksiin uudelleen. Molempien osioiden aikaraja vastauksien kirjoittamiselle on kuusi minuuttia.

TAULUKKO 1. Koehenkilöille esitettävät kysymykset

	kysymys
1	Kuinka paljon kohteen aurinkopaneelien sähköenergian tuotto on lisääntynyt maaliskuussa verrattuna helmikuuhun?
2	Kuinka paljon aurinkopaneelien pitää tuottaa tänä vuonna (2021) lisää, jotta vuositavoitteeseen 1000 kWh päästään?
3	Kuinka paljon edellisvuonna aurinkopaneelit tuottivat sähköä verrattuna kulutettuun sähköön?

Kysymysten jälkeen koehenkilö antaa vapaamuotoisen palautteen dashboard-näkymistä ja kertoo miltä tuntuu siirtyä tekstimuotoisen datan tarkkailusta visuaaliseen esitystapaan.

Testin tarkoituksena on selvittää sisäistääkö koehenkilö energiantuottodatan tehokkaammin visuaalisessa dashboard-näkymän muodossa, vai numeerisessa/tekstimuodossa. Testin avulla halutaan myös palautetta, joka auttaisi kehittämään dashboard-näkymistä entistä tehokkaampia.

4 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin toimivat dashboard-näkymät asiakkaan käyttöön ja todistus dashboard-näkymien tehokkuudesta energiadatan esittämisessä visuaalisesti. Työn tavoitteena oli täyttää asiakkaan tarpeet ja lähtötietojen pohjalta luodut suunnitelmat. Toisaalta haluttiin todistaa, että dashboard-näkymillä voidaan esitellä tehokkaasti energiatietoja. Tässä kappaleessa käsitellään työstä saatuja tuloksia.

4.1 Asiakkaan tarpeiden täyttäminen

Asiakkaan tarpeena oli saada tehokas apuväline aurinkoenergiatuottojen seuraamiseen ja niiden esittämiseen infonäytöllä. Aurinkopaneelien tuottoja halutaan vertailla kohteiden sähkönkulutukseen ja mittausdataa pitää päästä tarkastelemaan eri aikaväleiltä. Seurannan reaaliaikaisuus ja skaalautuvuus eri näyttöpäätteille on tärkeää.

Yksi työn tavoitteista ja asiakkaan tarpeista oli dashboard-näkymien liittäminen osaksi infonäyttöä, joka asennetaan yleisiin tiloihin. Infonäytöltä voitaisiin esitellä yhteistyökumppaneille ja omalle henkilökunnalle aurinkopaneelien tuottolukemia ja eri kohteiden aurinkoenergiajärjestelmien toimivuutta.

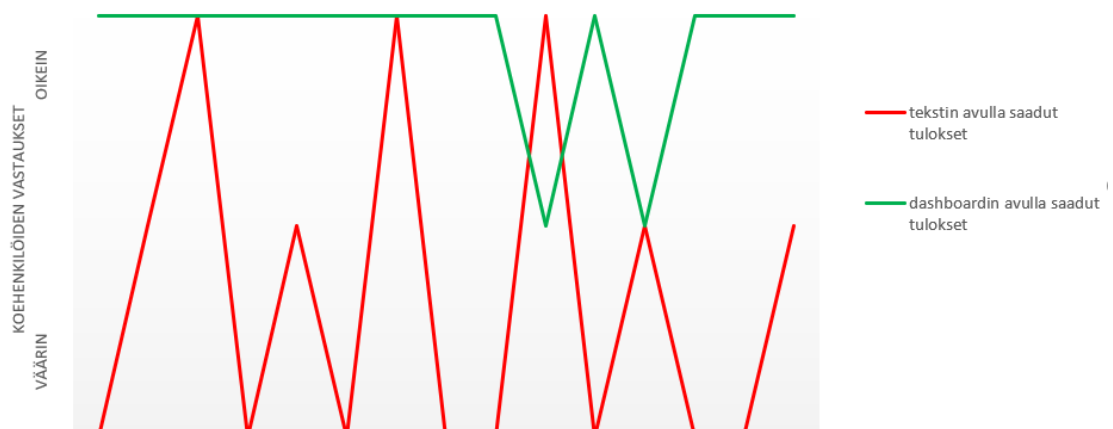
Asiakkaan tarpeiden täyttämiseksi tehtiin toimivat dashboard-näkymät, jotka mahdollistavat aurinkoenergiatuottojen ja sähkönkulutuksen seuraamisen. Vertailua varten tehtiin pylväskaavioita, joista näkee vierekkäin aseteltuna aurinkopaneelien energiantuoton ja sähkönkulutuksen. Dashboard-näkymät suunniteltiin muunneltavaksi, jotta graafien mittausdatan aikaväliä voidaan muuttaa nopeasti ja helposti. Tämä ominaisuus mahdollistaa eri aikavälien vertailun ja tuo monipuolisuutta järjestelmän toimintaan. Dashboard-näkymät suunniteltiin visuaalisesti mahdollisimman havainnoivaksi. Ainoastaan tärkeät tiedot tuotiin esille, jotta kokonaisuudesta saatiin mahdollisimman selkeä. Tuottoja ja kulutuksia voidaan nyt seurata visuaalisesti automaatiovalvomoon tehtyjen dashboard-näkymien avulla.

Infonäyttöä varten tehtiin erilliset käyttäjätunnukset, joilla asiakas voi kirjautua näytölle. Näytön käyttöönotto toteutettiin yhteistyössä infonäyttötoimittajan kanssa ja mediatoistin saatiin näyttämään dashboard-näkymät näytöllä. Infonäyttöä varten tehdyt tunnukset karsivat näkymistä kirjautumisikkunan ja valikot pois. Infonäytöllä esiteltävät dashboard-näkymät ovat pelkistettyjä ja lopputuloksesta tuli laadukas ja selkeä.

4.2 Datan sisäistämistesti

Yhtenä työn tavoitteista oli tutkia dashboard-näkymien soveltuvuutta aurinkoenergiatuottojen esittelyssä. Soveltuvuutta testattiin näyttämällä koehenkilölle ensin energiatiedot numeerisina arvoina ja tämän jälkeen samat tiedot visuaalisesti esitettynä dashboard-muodossa.

Testin tuloksista nähtiin, että koehenkilöt sisäistivät keskimääräisesti paremmin energialukemia dashboard-näkymiä katsomalla, kuin tekstimuotoisia arvoja luki-
malla. Tulokset kerättyinä kuvioon (2). Kuvion yläreunaan osuvat käyrän pisteet ovat oikeita vastauksia, keskelle osuvat osittain oikeita ja alareunaan osuvat väärä vastauksia. Punainen käyrä näyttää tekstimuotoisen datan avulla saadut vastaukset ja vihreä käyrä näyttää dashboard-näkymien avulla saadut vastaukset.



KUVIO 2. Datan sisäistämistestin tulokset

Vastauksista nähdään, että koehenkilöt sisäistivät dashboardeilla esitetyn datan noin 60 % paremmin. Oikeita vastauksia tuli dashboard-näkymien avulla 93 % ja tekstimuotoisen datan avulla 33 %. Monen koehenkilön kohdalla kysymyksiin vastaaminen oli myös nopeampaa ja tarkempaa dashboard-näkymien avulla. Tämä tulos todisti, että dashboard-näkymien käyttö on tehokas tapa energiatietojen esittelyyn ja sisäistämiseen.

Vanhemmilla ihmisillä oli joitain vaikeuksia hahmottaa dashboard-graafien tietoja, kun taas nuoremmat koehenkilöt vaikuttivat olevan vastaanottavampia visuaaliselle datalle. Tähän voi vaikuttaa nuorempana opitut digitaaliset taidot ja erilaisten digitaalisten alustojen käyttötottumukset vapaa-ajalla.

Testin tuloksena saatiin myös parannusehdotuksia dashboard-näkymiin. Visualisoidun datan sisäistämistaito riippuu paljon ihmisestä ja dashboardien on tarkoitus olla informatiivisia kaikille. Tästä syystä parannusehdotukset otettiin avoimesti vastaan ja niiden avulla pystytään jatkossa kehittämään käyttäjäkokemusta yhä parempaan suuntaan.

5 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä opinnäytetyössä tehtiin aurinkoenergiaseurannan toteutus dashboard-näkymillä. Opinnäytetyön perustana oli Schneider Electricin asiakkaan tilaama työ. Opinnäytetyössä käytiin läpi dashboard-näkymien luontiprosessi lähtötietojen keräämisestä suunnitteluun ja toteutukseen. Taloudelliseen puoleen ei pureuduttu. Haasteena oli suunnitella visuaalinen ja selkeä esitystapa suurelle määrälle energiadataa. Tavoitteena oli selainpohjainen aurinkopaneelien suorituskyvyn seuranta ja todistaa dashboard-näkymien tehokkuus energiatietojen esittelyssä.

Asiakas sai työn lopputuloksena toimivat dashboard-näkymät osaksi automaatiojärjestelmäänsä ja pystyy tästä lähin seuraamaan kohteidensa aurinkoenergia tuottoja ja vertaamaan niitä sähkönkulutuksiin. Luotujen dashboard-näkymien avulla asiakas voi esitellä energiadataa infonäytön avulla.

Schneider Electricin tarpeena tässä työssä oli toteuttaa asiakkaalle mahdollisimman toimiva ja onnistunut visuaalinen ratkaisu. Samalla haluttiin toteuttaa opinnäytetyö prosessi sujuvasti maaliin. Yrityksen sisäiset tarpeet täytettiin ja tuloksena saatiin tyytyväinen asiakas, sekä valmis opinnäytetyö.

Työssä haluttiin selvittää, voidaanko aurinkoenergiatuottoja esittää tehokkaasti dashboard-näkymien avulla. On kirjoitettu, että ihminen sisäistää visuaalisesti esitetyn datan tehokkaammin, kuin tekstimuotoisen tiedon. Opinnäytetyön ohella suoritettujen kokeiden tulokset osoittivat tämän teorian oikeaksi. Koetuloksen mukaan koehenkilöt sisäistivät noin 60 % paremmin visuaalisen esitystavan, kuin tekstimuotoisen esitystavan.

Tämä työ antoi lisää tietoa visuaalisen esitystavan hyödyntämisestä mittarilukemien ja energiatietojen esittelyssä. Työn tuloksena opittiin suunnittelemaan ja luomaan dashboard-näkymiä, graafeja, grafiikkakuvia ja ohjelmoimaan laskentaohjelmia. Työ opetti myös työajan seuranta, asiakkaan kanssa kommunikointia ja hieman projektinhoitoa. Projektinhoitoa vaadittiin, kun seurattiin kohteiden energiamittareiden asennustilannetta ja pidettiin eri tahot ajan tasalla työn etene- misestä.

Työn haasteena oli suuren data määrän kerääminen kompaktiin muotoon, sekä eri valmistajien automaatio ja mittausjärjestelmien yhteensovittaminen. Tarkalla suunnittelulla ja onnistuneella käytännön toteutuksella saatiin energiadata esitellyä helposti sisäistettävässä muodossa. Järjestelmien integraatio haasteista selvitettiin käyttämällä väyläsovittimia eri järjestelmien väliseen dataliikenteeseen ja apua saatiin asiaan erikoistuneilta ammattilaisilta.

Syvempää jatkotutkimusta voitaisiin tehdä datan visualisoinnista. Laajemmilla kokeilla voitaisiin testata erilaisten graafien ja esitystapojen tehokkuutta informaation jaossa ihmisille. Jatkotutkimuksiin mukaan voitaisiin ottaa muotojen ja värien vaikutus informaation sisäistykseen. Jatkotutkimuksen tuloksia voitaisiin käyttää yhä parempien dashboard-näkymien luomisessa.

Tässä työssä dashboard-tekniikkaa käytettiin aurinkoenergia- ja sähkönkulutus-tietojen esittelyyn. Tehtyjä dashboard-näkymä voitaisiin laajentaa esittelemään energiatietojen lisäksi esimerkiksi rakennuksen olosuhteita, CO2 päästöjä ja lämpöenergian kulutusta. Graafeihin voitaisiin lisätä tuntitason vertailu ja koodata ohjelma, joka laskee omaan käyttöön menneen aurinkoenergian määrän. Ohjelmistoon voisi lisätä älykkyyttä, esimerkiksi jos sähkönkulutus nousee asetellun rajan yli tietyn aikajakson aikana, dashboardiin nousisi esiin hälytys.

Lopuksi voidaan todeta, että asiakkaan, yrityksen ja opinnäytetyön tekijän tavoitteet saavutettiin. Asiakkaalta kerättiin työn edetessä palautetta, joka oli positiivista. Työssä eteen tulleet haasteet selvitettiin ja työn lopputulos oli kokonaisuudessaan onnistunut.

Kokonaiskuvassa asiakkaan tavoitteena on painottaa vihreitä arvoja yrityksessään ja mennä kohti tiukempia päästötavoitteita. Tämän työn avulla saavutettu tehokas kulutus- ja tuottoseuranta on yksi askel lähemmäs kohti älykkäämpää energianhallintaa ja tätä kautta vihreämpää tulevaisuutta.

LÄHTEET

Esri Finland. Miten rakennetaan hyvä dashboard? Blogikirjoitus. Luettu 11.2.2021. <https://www.esri.fi/fi-fi/blogi/miten-rakennetaan-hyva-dashboard>

iab.com, 2009. IAB Takes on Creativity in Interactive Marketing Communications, Forms Advertising Agency Advisory Board. Artikkel. Luettu 1.12.2020 <https://www.iab.com/news/iab-takes-creativity-interactive-marketing-communications-forms-advertising-agency-advisory-board/>

Jarkko Honkanen, 2018. Aurinkosähköjärjestelmän tuotannon analyysi. Opin-
näytetyö. Luettu 29.1.2021 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/149919/Honkanen_Jarkko.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jarno Korkola, 2019. Mitä ohjelmiston avoimet rajapinnat mahdollistavat? Visma. Artikkel. Luettu 25.2.2021. <https://www.visma.fi/blog/mita-ohjelmiston-avoimet-rajapinnat-mahdollistavat/>

Joel Kanerva, 2016. Tiedon visualisointi – parhaat käytännöt. Artikkel. Luettu 1.12.2020. <https://infograafikko.fi/infografiikka/tiedon-visualisointi-parhaat-kaytannot/>

Juuso Koponen ja Jonatan Hildén, 22.10.2012. Informaatiomuotoilu tekee tiedon näkyväksi. Artikkel. Luettu 1.12.2020 <http://informaatiomuotoilu.fi/asiasanat/informaatiomuotoilun-tehtavat/>

Kielitohtori.fi. Suomen kielenhuoltoon liittyvä kysymys. Artikkel. Luettu 11.2.2021 <https://www.kielitohtori.fi/suomen-kielenhuollon-kysymys/mit%C3%A4-dashboard-suomeksi>

Motiva, 2018. Kulutusseuranta. Artikkel. Luettu 7.1.2021 https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutusseuranta

Motiva, 2020. Auringon säteilyn määrä Suomessa. Artikkel. Luettu 26.1.2021. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Motiva, 2020. Aurinkosähköteknologiat. Artikkel. Luettu 25.2.2021. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahko-jarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat

Nuuka, 2020. Kohteiden kulutustiedot. Mittausdata. Luettu 26.1.2021. <https://www.nuukasolutions.com/fi-fi/home>

Project Manager, 2021. Project Dashboards. Tuotesivu. Luettu 23.3.2021. <https://www.projectmanager.com/software/dashboard>

Quadvision, 2021. Solutions, Public Information. Tuotesivu. Luettu 30.3.2021 <https://www.quadvision.co.uk/public-information-display>

Schneider Electric, 2019. iEM3100 / iEM3150. Käyttöohje. Luettu 12.1.2021 https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Instruction+sheet&p_File_Name=NHA20207-03.pdf&p_Doc_Ref=NHA20207

Schneider Electric, 2021. Modbus. Tuotesivu. Luettu 12.1.2021. <https://www.se.com/fi/fi/product-range-presentation/574-modbus/#tabs-top>

WWF, 2019. Energiaviisaat organisaatiot suosivat vihreää sähköä ja vähentävät kulutusta. Asiantuntija Blogi. Luettu 29.1.2021 <https://wwf.fi/greenoffice/tarina/energiaviisaat-organisaatiot-suosivat-vihreaa-sahkoa-ja-vahentavat-kulutusta/>

Yle, 2018. Aurinkosähkö lisääntyy Suomessa kovaa vauhtia, kun yritykset investoivat tuhansien paneelien voimaloihin. Artikkel. Luettu 16.3.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-10406640>

Ymparisto.fi, 2016. Kulutuksen seuranta lähtökohta energiansäästölle. Artikkel. Luettu 9.2.2021. <https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/Taloyhtiot/Energiatehokkuus/Energiakorjaukset/Kulutusseuranta>

Ympäristöministeriö, 2020. Hiilineutraali Suomi 2035. Artikkel. Luettu 21.12.2020 <https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>

LIITTEET

Liite 1. Valmis dashboard -yhteenvedonäkymä



Liite 2. Valmis dashboard -kohdekohtainen näkymä

