



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Ville Romakkaniemi

# Sarlin Balance raportointipalvelun automatisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Älykäs teollisuus

Insinöörityö

16.9.2020

Tekijä Otsikko	Ville Romakkaniemi Sarlin Balance raportointipalvelun automatisointi
Sivumäärä Aika	47 sivua 16.9.2020
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	Älykäs teollisuus
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	Opettaja Jukka Karppinen, Opettaja Jarno Varteva, Johtaja Sami Nyman
<p>Paineilma on yksi valmistavan teollisuuden peruselementtejä. Paineilmaa käytetään mm. paineilmamoottoreiden ja -sylintereiden käyttövoimana tai suoraan esimerkiksi raepuhalluksessa ja maaliruiskuissa. Paineilman tuottamiseen käytetään n. 10 % kaikesta teollisuuden sähkönkulutuksesta, joten on selvää, että paineilman tuottamisen tulee olla tehokasta ja optimoitua. Koska paineilma on iso kuluerä teollisuudessa, on paineilman tunnuslukujen kuten energiankulutuksen ja painetasojen raportointi arvokasta tietoa asiakkaalle.</p> <p>Opinnäytetyön tarvoitteena oli kehittää Sarlinin Balancea käyttäville loppuasiakkaille lähetettävä raportointi käsityöllä tehdystä raportointidokumentista kuukausittain automaattisesti lähetettävään raportointiin. Sarlin Balance on Sarlin Oy:n paineilman optimointiin kehitetty teknologia, joka kytkeytyy asiakkaan paineilmaverkoston laitteisiin ohjaten niitä annetun paineasetuksen mukaan mahdollisimman energiatehokkaasti.</p> <p>Käsityöllä tehty raportti syö huomattavan paljon enemmän resursseja kuin automaattinen tehden siitä kalliin ja tehottoman. Automaattisen raportin lisäksi työssä rakennetaan pilveen portaalinäkymä paineilman tunnuslukujen nopeaa tarkastelua varten. Automaattista raportointia ja portaalinäkymää pilotoitiin kahdella suomalaisella teollisuuden toimijalla.</p> <p>Pilvipalvelun ja raportoinnin teknologioiksi valikoitu Wapicen IoT-Ticket. IoT-Ticketistä löytyvät kaikki raportin ja portaalinäkymän luontia varten tarvittavat työkalut, kuten graafit, taulukot jne. Automaattista raportointia ja portaalia varten kerätään Balancen ohjaus-PC:llä sijaitsevalta OPC UA serveriltä ja välitetään IoT-Ticket pilvipalveluun. Pilvipalvelun ja raportointipohjan käytettävyyteen kiinnitettiin myös huomiota työtä tehdessä käyttäen tanskalaisen Jakob Nielsenin teorioita.</p> <p>Molemmat pilottiasiakkaat olivat tyytyväisiä portaalinäkymän ja raportoinnin lopputulokseen. Kehitystyö otettiin käyttöön yleisimminkin ja voidaan ottaa käyttöön myös muualla kuin pilottikohteissa.</p>	
Avainsanat	Esineiden Internet, Teollisuus 4.0, Pilvipalvelut, Käyttöliittymä

Author Title	Ville Romakkaniemi Automating the Sarlin Balance reporting system
Number of Pages Date	47 pages September 2020
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Intelligent Industrial Solutions
Professional Major	
Instructors	Lecturer Jukka Karppinen, Lecturer Jarno Varteva, Director Sami Nyman
<p>Compressed air is a fundamental part of manufacturing industry. Compressed air is used for example as an energy source for pneumatic motors and pneumatic cylinders and directly in abrasive blasting and paint sprayers. Compressed air accounts for 10 % of the electricity consumption in industry thus it is clear that the production of compressed air needs to be as energy efficient and optimized as possible. Because compressed air is a major expense for industrial companies, reporting the key figures such as energy consumption and pressure levels is essential knowledge for the clients.</p> <p>The goal of this thesis was to develop and replace manual client reporting system to a more modern and automated monthly reporting system for the Sarlin Balance clients. Sarlin Balance is a product of Sarlin Oy that optimizes the compressed air production. Sarlin Balance is connected to the existing compressed air production equipment maintaining the setpoint pressure level as energy efficient as possible.</p> <p>Manually composed report consumes a lot more resources than the automated reporting system making the manual system much more expensive and inefficient. Addition to the reporting system a cloud-based dashboard view is constructed from where the client saw key figures in real time. Both the reporting system and the dashboard view were piloted at two different plants. The plants were owned by different Finnish companies.</p> <p>The dashboard and the reporting system were made by a product called IoT-Ticket made by Finnish technology company Wapice. From IoT-Ticket the user can find all the necessary widgets needed for cloud-based and user interface and monthly report such as graphs, charts and tables. The data for the IoT-Ticket is collected with an OPC UA server and then forwarded to the Wapice cloud. Usability was taken in account while designing the cloud-based user interface and the reporting system using the key components based on Danish usability consultant Jakob Nielsen.</p> <p>Both piloting clients were satisfied in the reporting system and in the cloud-based dashboard view. The development is now a part of Sarlin Balance product portfolio and can be implemented to other clients also.</p>	
Keywords	Internet of Things, Industry 4.0, Cloud computing, UI

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sarlin Oy Ab	2
2.1	Sarlin Balance	2
3	Esineiden Internet eli IoT	4
3.1	Raportointipalvelut IoT:n avulla	4
3.2	Tiedonsiirto ja protokollat	5
3.2.1	OPC	5
3.2.2	OPC UA	6
3.2.3	REST	7
3.2.4	HTTP/HTTPS	8
3.3	5G:n mahdollisuus	9
4	Sarlinin raportointipalvelut	10
4.1	Nykytilanne	10
4.2	IoT-Ticket-raportointipalvelu	11
5	Uusi automaattinen raportointipalvelu	12
6	Wapice IoT-Ticket	14
6.1	Resurssivalitsin	14
6.1.1	Resurssivalitsimen välilehdet	17
6.2	Dashboard	19
6.2.1	Interface Designer	20
6.2.2	Dataflow Editor	20
6.2.3	Mobile Designer	23
6.3	Raportit	23
6.3.1	Report viewer	24
6.3.2	Raporttieditori	24
6.3.3	Data-flow editor	25

6.4	Analytiikka	25
6.5	Universal Gateway	25
6.6	WRM247+	28
7	Asiakastapausten esittely	31
7.1	Asiakastapaus A	31
7.2	Asiakastapaus B	32
8	Sarlinin raportointipalvelu IoT-Ticketillä tehtynä	33
8.1	Työn kulku	35
8.2	Portaalinäkymä	37
8.3	Raportti	39
9	Tulokset	43
9.1	Asiakastapaus A	43
9.2	Asiakastapaus B	44
10	Pohdinta	44
	Lähteet	46

## Lyhenteet

IoT	Internet of Things eli Esineiden Internetillä tarkoitetaan laitteita tai asioita jotka ovat kytkettyinä joko suoraan tai välillisesti internetiin
IIoT	Industrial Internet of Things on sama kuin IoT, mutta keskittyy erityisesti teollisuuden IoT sovelluksiin
OLE	Object Linking and Embedding on Microsoftin ylläpitämä teknologia, jolla objekteja linkitetään ja liitetään esimerkiksi ohjelmien välillä
OPC	OLE for Process Control on eri teollisuuden organisaatioiden konsortio, joka ylläpitää ja kehittää automaatiotekniikan kommunikointitekniikoita
OPC UA	OPC Unified Architecture on OPC:sta itsenäinen alustariippumaton tiedonsiirron protokolla, joka hyödyntää TCP/IP-protokollia
HTTP	Hypertext Transfer Protocol on tiedonsiirron protokolla, jota käytetään selaimen ja palvelimen väliseen tiedonsiirtoon
5G	Mobiiliteknologian viidennen sukupolven datayhteys
SQL	Structured Query Language on tietokantojen rakenteiden käsittelyyn luotu ohjelmointikieli

## 1 Johdanto

Paineilmaa käytetään teollisuudessa todella monipuolisesti, esimerkkinä paineilmakäyttöiset sylinterit ja moottorit. Myös paineilman suora käyttö on yleistä muun muassa rae- ja hiekkapuhalluksissa, maalaamisessa ja puhdistamisessa. Paineilma kuluttaa Euroopan teollisuuden kokonaissähkökulutuksesta noin 10 %. Tämä tarkoittaa pelkästään Euroopan osalta n. 80 TWh vuotuista energiankulutusta [1]. EU:n keskiarvo kilowattitunnin hintana on n. 0.20 €/kWh, joten euroiksi muutettuina paineilman tuottamiseen kulutetaan Euroopassa n. 16 mrd. euroa. On siis selvää, että paineilman optimointiin on kehitetty erilaisia järjestelmiä, ja yksi sellainen on Sarlin Balance.

Tämä opinnäytetyön tarkoitus on suoraviivaistaa ja automatisoida Sarlin Balance - paineilmaoptimointijärjestelmään liittyvä avainlukujen raportointi. Asiakasraportti koostetaan käsin tietyin aikajaksoin, yleensä noin 3–6 kuukauden välein, jonka jälkeen se käydään läpi asiakkaan kanssa. Raportin pohjalta tehdään tarvittavat johtopäätökset, jotka voivat johtaa jatkotoimenpiteisiin esimerkiksi energiankulutuksen vähentämiseksi.

Nykyisen raportointijärjestelmän toiminta perustuu manuaaliseen datojen kaivamiseen järjestelmästä ja käsin koostamiseen, mikä tekee siitä vanhanaikaista ja kallista. Raportti on yleensä dokumentti, jossa aikajanelle kasataan paineilman tunnuslukuja, kuten paineilman verkon paine, kastepisteet, virtausmäärät, paineilmakompressoreiden virta-arvot, käyntiasteet ja useita muita.

Raportoinnin automatisointi tehdään Wapice IoT-Ticket-paketin avulla. IoT-Ticket on web-pohjainen palvelu, josta käyttäjä pääsee näkemään järjestelmänsä dataa mistä ja milloin vain. Raportin aikaväli on kuukausi ja näitä kuukausittaisia raportteja tullaan käyttämään asiakastapaamisten pohjana. Raportit voidaan lähettää myös suoraan asiakkaan kunnossapidolle tai tahoille, jotka seuraavat energian kulutusta.

Raportin lisäksi IoT-Ticketistä löytyy portaalinäkymä (Dashboard), joka näyttää pienoisohjelmien avulla ohjelmoidut datat. Palveluun kirjaudutaan kuin mille tahansa websivulle, jonka jälkeen sivu näyttää koostettua dataa graafisessa muodossa esimerkiksi käyrinä ja kuvaajina.

Opinnäytetyössä perehdytään raportin ja portaalinäkymän teossa käytettyihin tekniikoihin, niiden ohjelmointiin, asiakastapausten läpikäyntiin, sekä automatisoidun raportoinnin tulosten arviointiin. Työn tuloksena käyttöön asiakkaille otettiin automaattinen raportointijärjestelmä sekä portaalinäkymä.

## 2 Sarlin Oy Ab

Sarlin Oy Ab on suomalainen teollisen paineilman, automaation ja ympäristöystävällisen energiateknologian perheyrittäjä. Sarlinin pääliiketoiminta-alueet ovat automaatio, kaasuja ja energiatekniikka, paineilma ja Sarlin Balance [2]. Automaatio pitää sisällään palveluita ja tuotteita, kuten mittaustekniikkaa, antureita ja anturiratkaisuita, sekä ohjauspuolen tuotteita. Kaasu- ja energiatekniikan pääliiketoimintaa ovat CHP (Combined Heat and Power) mikroturbiinilaitokset, sekä LNG-järjestelmät (Liquified Natural Gas). Paineilma koostuu pääosin kompressoreiden huolto- ja myyntitoiminnasta, sekä paineilman tuottamiseen tarvittavia komponentteja, kuten suodattimia ja kuivaimia.

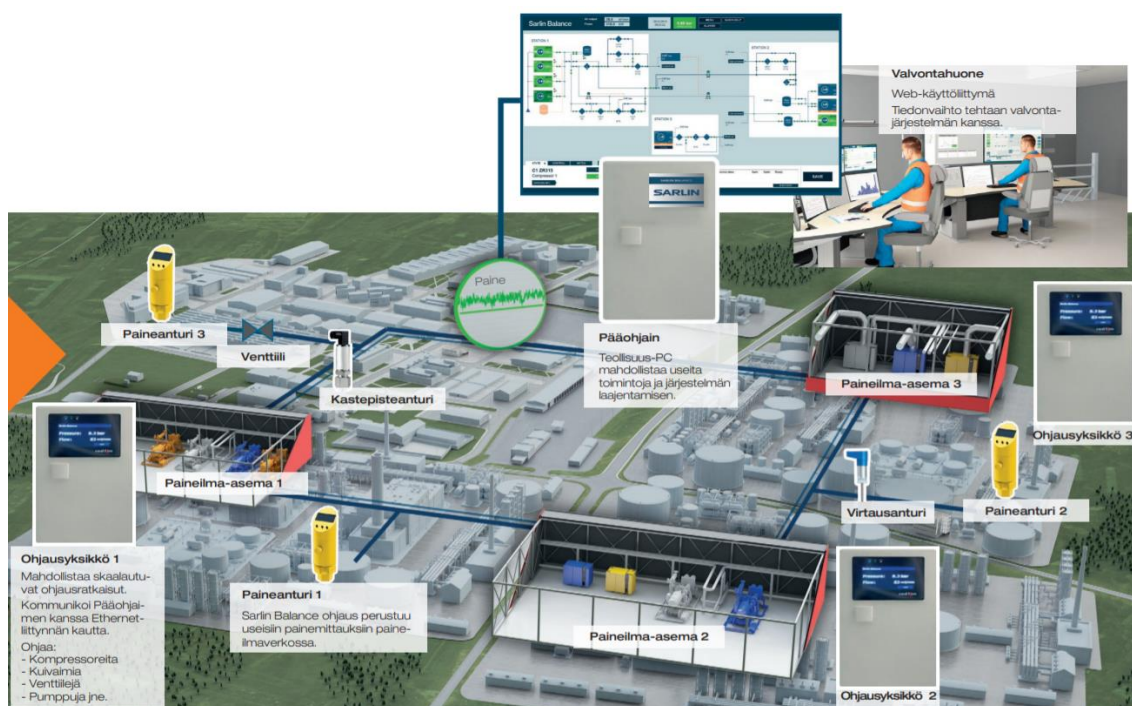
### 2.1 Sarlin Balance

Sarlin Balance on paineilman ohjaukseen ja valvontaan keskittyvä järjestelmä. Balancella voidaan ohjata koko paineilmajärjestelmää keskitetysti. Balance on täysin suomalainen tuote, jonka ensimmäinen versio otettiin käyttöön vuonna 1995 ja jonka kehitys jatkuu edelleen.

Balancen ominaisuuksia ovat mm. kehittynyt usean kompressorin ohjaus, usean eri paineilmaverkon ohjaus sekä kuivaimien ja venttiilien ohjaukset. Kompressorit voivat olla eri toimintaperiaatteella toimivia (mm. ruuvi-, mäntä-, turbokompressori) ja minkä tahansa valmistajan tuotteita.

Karkeasti Balance koostuu pääohjaimesta (teollisuus-PC), käyttöliittymästä, ohjausyksiköistä ja antureista. Nämä kaikki voivat sijaita eri puolilla tehdasta. Valvontahuone, josta Balancen käyttöliittymä löytyy, voi vaikka sijaita täysin eri rakennuksessa kuin paineilma-asemat.





Kuva 1. Sarlin Balance ohjausjärjestelmän periaatekuva [3]

Balancen asentaminen paineilmajärjestelmään tuo lukuisia taloudellisia ja tuotannollisia hyötyjä. Balancen avulla saavutettu energian säästö on iso tekijä. Balance seuraa paineilman verkkoapainetta useasta eri kohdasta ja käyttää tätä tietoa kompressoreiden ohjaamiseen. Tällä saavutetaan tasaisempi paine, mikä mahdollistaa paineilman asetuspaineen alentamisen. Alempi asetuspaine tarkoittaa matalampaa kompressoreiden käyntiastetta eli pienempää tehonkulutusta ja sitä kautta pienempiä päästöjä. Esimerkiksi 1 MW kokonaiskompressoriteholla 0,5 barin pudotus 6,5 barista 6,0 bariin tarkoittaa n. 42 000 € säästöä ja n. 160 t vähemmän hiilidioksidipäästöjä [4].

Hyödyt Balancen asentamiselle eivät rajoitu vain energian säästöön, vaan se näkyy myös suorituskyvyn parantumisena, luotettavuuden nousuna sekä parempana tuottavuutena. Balancen avulla saavutettu tasaisempi verkkoapaine on kriittinen tekijä useimmissa tuotantolaitoksissa. Tällöin raaka-aineen käyttö on optimaalista ja itse tuotteen laatu paranee myös kulutushuippujen aikana.

Myös Balancen mittaama ja tallentama data on asiakkaalle arvokasta. Balance tallentaa jatkuvasti mittausdataa tietokantaan, josta se on saatavilla kahden vuoden ajan. Tämän datan perusteella voidaan ehdottaa parannuksia asiakkaan paineilmaverkkoon. Myös esimerkiksi paineilman kustannukset eri tuotantoyksiköiden välillä voidaan myös jakaa tätä dataa hyödyntämällä.

### 3 Esineiden Internet eli IoT

Esineiden Internetistä kuulee monesti puhuttavan IoT:nä eli Internet of Thingsinä. IoT termi lienee lähes vakiintunut termi myös suomeksi. IoT:n rinnalle on muodostunut IloT eli Industrial Internet of Things [5]. IloT:llä viitataan teolliseen esineiden internetiin. Käsitteellä tarkoitetaan ihmisten, koneiden ja datan välistä yhteyttä teollisuudessa.

Esineiden Internetille on monia määrytyksiä, eikä yksikään niistä ole välttämättä täysin oikea. Lähtökohtaisesti kuitenkin IoT-laitteella tarkoitetaan laitetta, joka voi suoraan tai välidikäden kautta liittyä internetiin [6]. Teknologiyritys Accenture määrittelee IoT:n lyhyesti asioiden ja esineiden väliseksi viestinnäksi internetin kautta [7]. Esimerkkinä mainitaan jääkaappi, joka voi ilmoittaa käyttäjälle maidon loppumisesta tai älykäs sähkömittari, joka kertoo energiayhtiölle sähkön käyttöön liittyvistä asioista.

Kolmas aihepiirissä usein esiintyvä termi on teollinen internet. VTT:n tutkimusprofessori Heikki Ailisto määrittelee teollisen internetin ja IoT:n olevan sama asia, mutta teollisen internetin katsovan asiaa enemmän hyödyntäjän näkökulmasta ja IoT:n keskittyvän enemmän tekniseen toteutukseen, kuten teknologiaan, protokolliin ja reitityksiin. [7].

#### 3.1 Raportointipalvelut IoT:n avulla

Automaattiraportti on tietyin väliajoin tai tiettyjen ehtojen täytyessä lähetettävä raportti, jonka sisältö on dynaamista ja joka ei alun ohjelmointivaiheen jälkeen vaadi ihmisen välitöntä puuttumista raportin lähettämiseen ja datojen muotoiluun. Tämä on merkittävä ero esimerkiksi käsintehtyyn ja -koostettuun raporttiin, jossa data ja vastaanottaja

kirjoitetaan käsin. Automaattiraportti voidaan luoda esimerkiksi PDF-formaatissa ja lähettää sähköpostitse halutuille vastaanottajille.

Automaattiraportoinnin hyödyt ovat sen dynaamisuus ja alun jälkeinen helppous sekä omatoimisuus. Käyttöönottovaiheen jälkeen automaattiraportointi ei vaadi suurempia ohjelmointi- tai suunnitteluresursseja; pelkästään ylläpito ja parannukset riittävät. Uusien ominaisuuksien lisääminen onnistuu jälkikäteen helposti jo olemassa olevaan pohjaan.

Automaattiraportteja voivat olla esimerkiksi asennus-, vika-, ylläpito- ja toimintaraportit. Näille kaikille yhteistä on se, että raportti lähetetään automaattisesti esimerkiksi viikon välein tai kerran kuukaudessa, mutta kuitenkin vakiomittaisella aikasyklillä.

On myös mahdollista, että automaattiraportti lähetetään, kun tietyt ehdot ovat täyttyneet. Tällainen tilanne voi esimerkiksi olla, kun kompressorin huoltotunnit ovat tulleet täyteen tai täyttymässä, ja tästä halutaan ilmoittaa kunnossapitoryhmälle. Näin kunnossapito voi reagoida umpeutuvassa oleviin huoltotunteihin esimerkiksi hälyttämällä kompressorivalmistajan tai erillisen huolto-organisaation paikalle etukäteen. Tällainen ehtojen täyttymisestä lähetettävä automaattiraportti voi olla erikseen kuukausittaisen tai viikoittaisen raportin rinnalla tai sulautettuna niihin.

## 3.2 Tiedonsiirto ja protokollat

IoT:n tiedonsiirtotekniikoita on useita. Tässä työssä keskitytään OPC UA:han ja HTTP:hen.

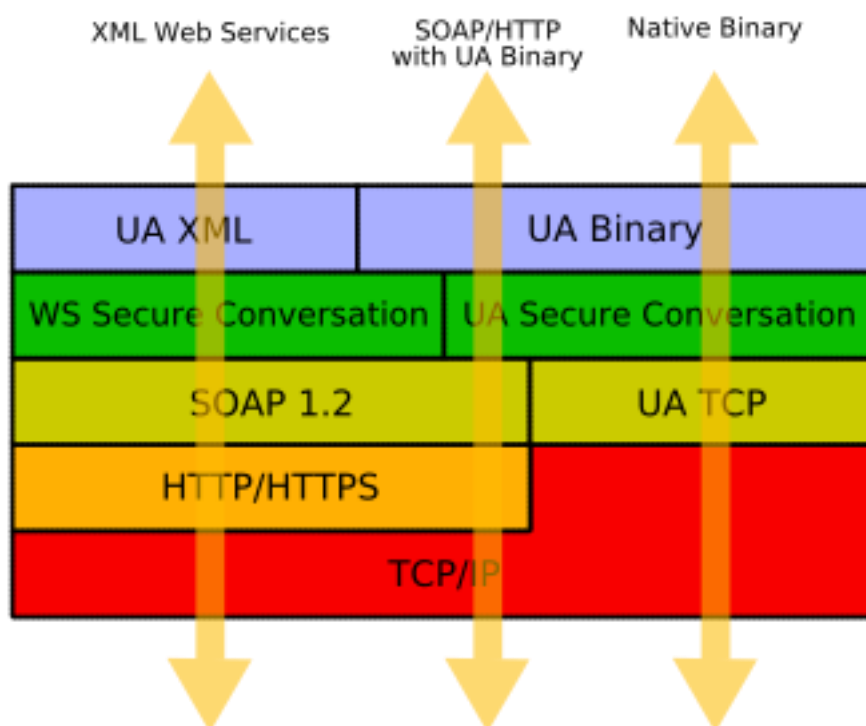
### 3.2.1 OPC

OPC (engl. OLE (engl. Object Linking and Embedding) for Process Control) on Microsoftin ja useiden automaatiotoimijoiden vuonna 1995 yhteistyössä kehittämä kommunikointiprotokolla [8]. OLE on Microsoftin kehittämä tekniikka, jolla objekteja linkitetään ja liitetään esimerkiksi ohjelmien välillä [9]. Esimerkkinä voidaan pitää Microsoft Excelistä viety tilastograafi Microsoft Wordiin. OLE on Microsoftin alustaan vahvasti sidottu ja sen käyttö on mahdollista vain Microsoftin ohjelmien välillä.

### 3.2.2 OPC UA

Koska klassinen OPC on sidonnainen Microsoftin alustaan, on siitä kehitetty universaaliksi tarkoitettu protokolla nimeltä OPC UA (engl. Unified Architecture). OPC UA on käyttöjärjestelmästä täysin riippumaton ja helposti skaalautuva, avoin arkkitehtuuri [10]. Se ei nimestään huolimatta ole jatkoa tai päivitys vanhalle (klassiselle) OPC:lle, vaan täysin oma, itsenäinen protokollansa.

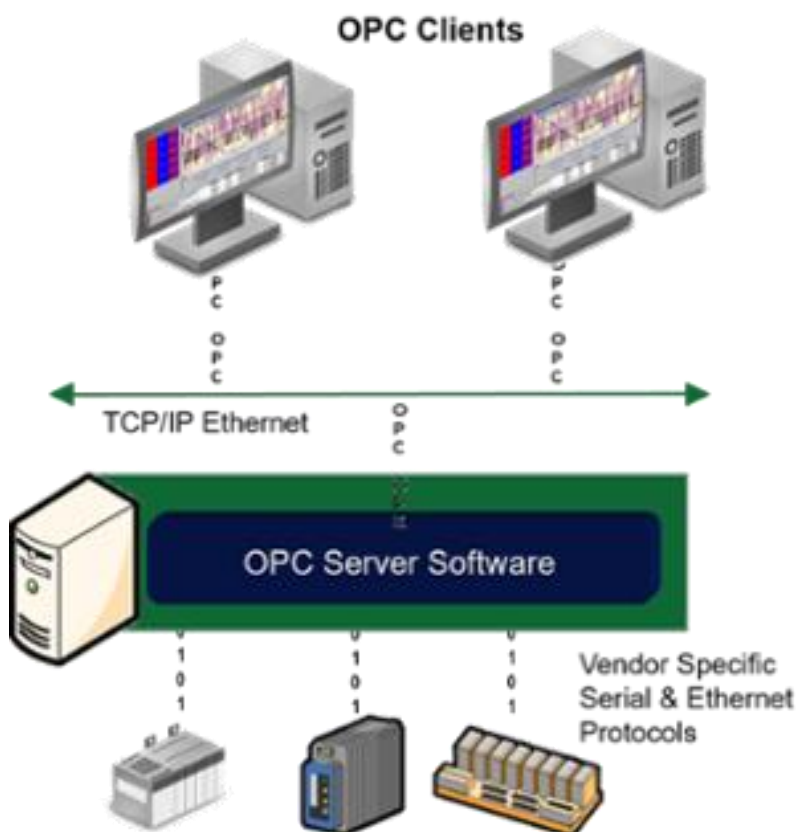
OPC UA:n kehitystarvetta edesauttoi vaatimusten nousu automaatiassa esimerkiksi tietoturvan ja datamäärien kasvun myötä. OPC UA käyttää tiedonsiirrossa pohjana TCP/IP-protokollaa. Perinteinen COM/DCOM-protokolla oli vanhentunut esimerkiksi tietoturvan ja datansiirron osalta.



Kuva 2. Kommunikaatioprotokollat [11]

OPC UA tarvitsee toimiakseen OPC UA palvelimen (Server) ja asiakasohjelman (Client). Yhteen serveriin voi yhdistää useita eri asiakasohjelmia, mutta serverit eivät voi

kommunikoida keskenään, vaan kahden serverin välinen liikennöinti tapahtuu aina clientin kautta [12].



Kuva 3. Esimerkki OPC UA arkkitehtuurista [13]

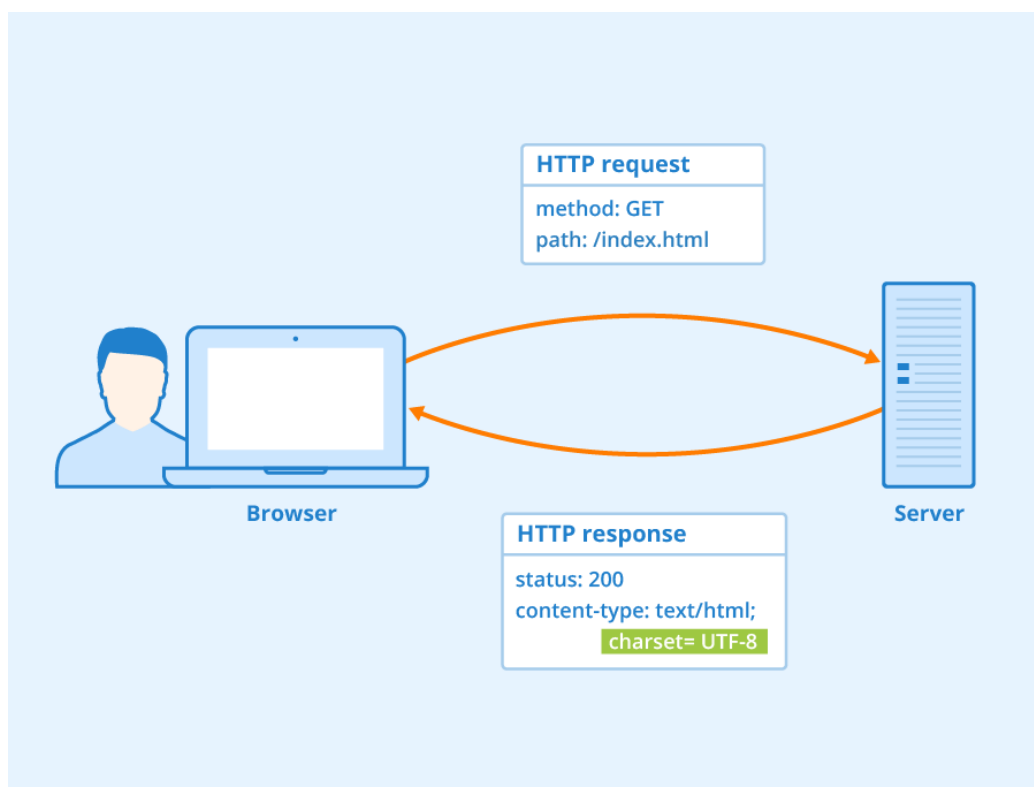
Laitteistoriippumattomana järjestelmänä OPC UA:lla voidaan implementoida useiden eri toimijoiden laitteet yhdelle serverille (kuva 3). Serveri voi olla esimerkiksi oma palvelintietokone konesalissa tai asennettu ohjelmisto millä tahansa verkossa olevalla tietokoneella. Tässä työssä esimerkiksi serveri ja asiakasohjelmisto olivat molemmat asennettuna samalla tietokoneella.

### 3.2.3 REST

REST (engl. Representational State Transfer) on arkkitehtuurityyli, jonka tehtävänä on toimia rajapintana asiakkaan ja sovelluksen välillä. REST on siis rajapinta, jonka kanssa kommunikoidaan HTTP-protokollalla [14].

### 3.2.4 HTTP/HTTPS

HTTP (engl. Hypertext Transfer Protocol) on tiedonsiirron protokolla, jota käytetään selaimen ja palvelimen väliseen tiedonsiirtoon. HTTP perustuu asiakas-palvelin-malliin (kuva 16). Mallissa asiakas lähettää pyynnön (request) palvelimelle ja palvelin vastaa (response). Pyyntö sisältää esimerkiksi kaiken tiedon siitä, miltä websivu ulkoisesti näyttää tai mitä tekstikentät pitävät sisällään. HTTP määrittää tarkkaan transaktioiden muodon, mutta ei ota kantaa itse sisältöön, koska vain siten HTTP voi toimia universaalina protokollana [15].



Kuva 4. HTTP asiakas-palvelin-malli [16]

HTTP käyttää salaamatonta TCP-protokollaa. Tämä tekee siitä alttiin liikenteen salakuuntelemiselle ja sieppaamiselle. Siksi on kehitetty HTTPS (engl. Hypertext Transfer Protocol Secure), joka on suojattu TLS-protokollan (engl. Transport Layer Security) avulla [17]. TLS pitää sisällään kolme suojaustasoa:

- **Salaus.** Salauksella pyritään estämään luvattomien käyttäjien pääsy välitettyyn tietoon. Tarkoittaa sitä, että kukaan ulkopuolinen ei voi kuunnella keskustelua tai seurata liikennettä.
- **Tiedon eheys.** Välitettyä tietoa ei voida muokata tai vahingoittaa huomaamatta kesken välityksen.
- **Todennus.** Varmistaa, että asiakas viestii juuri tarkoitetun verkkosivuston kanssa.

### 3.3 5G:n mahdollisuus

Kartoitin työssä myös 5G:n hyödyntämismahdollisuutta IoT:ssa. 5G eli Fifth Generation on viidennen sukupolven datayhteys mobiiliteknologiassa. Vastoin yleistä luuloa, 5G:ssä on muutakin parannusta kuin pelkkä tiedonsiirron nopeus. Esimerkiksi viive on paljon pienempi kuin edellisissä sukupolvissa. Myös tulevaisuudessa 5G:n peitto tulee olemaan kattavampi kuin aiemmissa sukupolvissa.

Näistä edellä mainituista syistä 5G soveltuukin esimerkiksi liikenteeseen ja älykkäisiin kulkuneuvoihin huomattavasti paremmin. Viiveen eli latenssin minimointi on liikenteessä äärimmäisen tärkeä, koska nopeudet ovat suuria ja reagoimisessa tarvitaan nopeita päätöksiä, jotta vältetään kolareilta ja pahimmassa tapauksessa ihmisvahingoilta [18].

Tämän kehitystyön tiedonsiirto ei ole kovin aikakriittistä ja viiveet ovat muutenkin suuria (n. 500–3000 ms), eli nopean tiedonsiirron tekniikka ei ole tarpeen. 5G:n hyötyjen mahdollisuus tässä tapauksessa on enemmänkin sen kattavassa peittoalueessa. Tälläkin hetkellä kompressoriasemat voivat olla hajautettuina ympäri tehdasta useiden satojen metrien välein toisistaan. Nyt niiden väleille joko rakennetaan täysin uusi, oma ethernetverkkonsa tai sitten käytetään asiakkaan jo olemassa olevaa ns. toimistoverkkoa. 5G:n avulla voitaisiin etäasemat yhdistää pilven kautta teollisuus-PC:lle ja hoitaa kommunikointi sitä kautta.

## 4 Sarlinin raportointipalvelut

Sarlinin palveluihin kuuluu Balancella mitatun datan läpikäynti asiakkaan kanssa yhteistyössä. Tavoitteena on tarjota asiakkaalle optimaalisempaa ja energiatehokkaampaa tapaa tehdä paineilmaa tuotantoon.

Sarlin Balancella on vuonna 2019 lanseerattu pilotointi, jolla asiakkaan raportointi yritetään nykyaikaistaa IoT-pilvipalvelun avulla, jonka suunnitteluun ja käyttöönottoon tämä opinnäytetyö on tarkoitettu. Ihan täydellisestä Esineiden Internet -sovelluksesta ei tässä tapauksessa voida puhua, koska eivät ole kytkettyinä suoraan verkkoon, vaan keskitetysti PC:n kautta.

### 4.1 Nykytilanne

Raportointipalvelun nykytilanteessa Sarlinin palveluoperaattori kerää käsin Balancen keräämästä datasta ja graafeista tiedot Exceliin rivi riviltä. Operaattori kerää datat yhteen monista eri paikoista ja koostaa ne yhteen. Datat ovat hajautettuna useisiin eri järjestelmiin. Tuotannollinen data siirtyy SQL-tietokantaan, hälytykset ja poikkeamaraportit taas toisalle, sekä asiakkaan päiväkirjamerkinnot kolmanteen paikkaan. Yhteen koostetut datat ja kuvaajat liitetään Powerpoint-esitykseen, joka esitetään asiakkaille asiakastapaamisissa.



Taulukko 1. Nykytilan SWOT-analyysi

<u>Sisäinen ympäristö</u>	<u>Vahvuudet (Strengths)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarkka</li> <li>- Asiakaskohtainen kustomointi helppoa</li> </ul>	<u>Heikkoudet (Weaknesses)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hidas</li> <li>- Kallis</li> <li>- Raportti vain 3-6 kuukauden välein</li> <li>- Ei jatkuvaa seurantaa</li> </ul>
<u>Ulkoinen ympäristö</u>	<u>Mahdollisuudet (Opportunities)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asiakaslähtöisyys</li> <li>- Nykyaikainen ja moderni</li> <li>- Lisäarvoa myyntiin ja markkinointiin</li> </ul>	<u>Uhat (Threats)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ei täytä nykyaikaisia vaatimuksia</li> <li>- Inhimilliset virheet</li> </ul>

Tämä raportti koostetaan ja esitetään asiakkaille yleensä 2–4 kertaa vuodessa. Esityksen perusteella asiakkaalle tehdään tai ollaan tekemättä parannusehdotuksia tulevaisuuden varalle. Tästä datasta selviää mm. paineilman tarve ja se, miten heidän nykyinen järjestelmänsä saataisiin tehokkaammaksi.

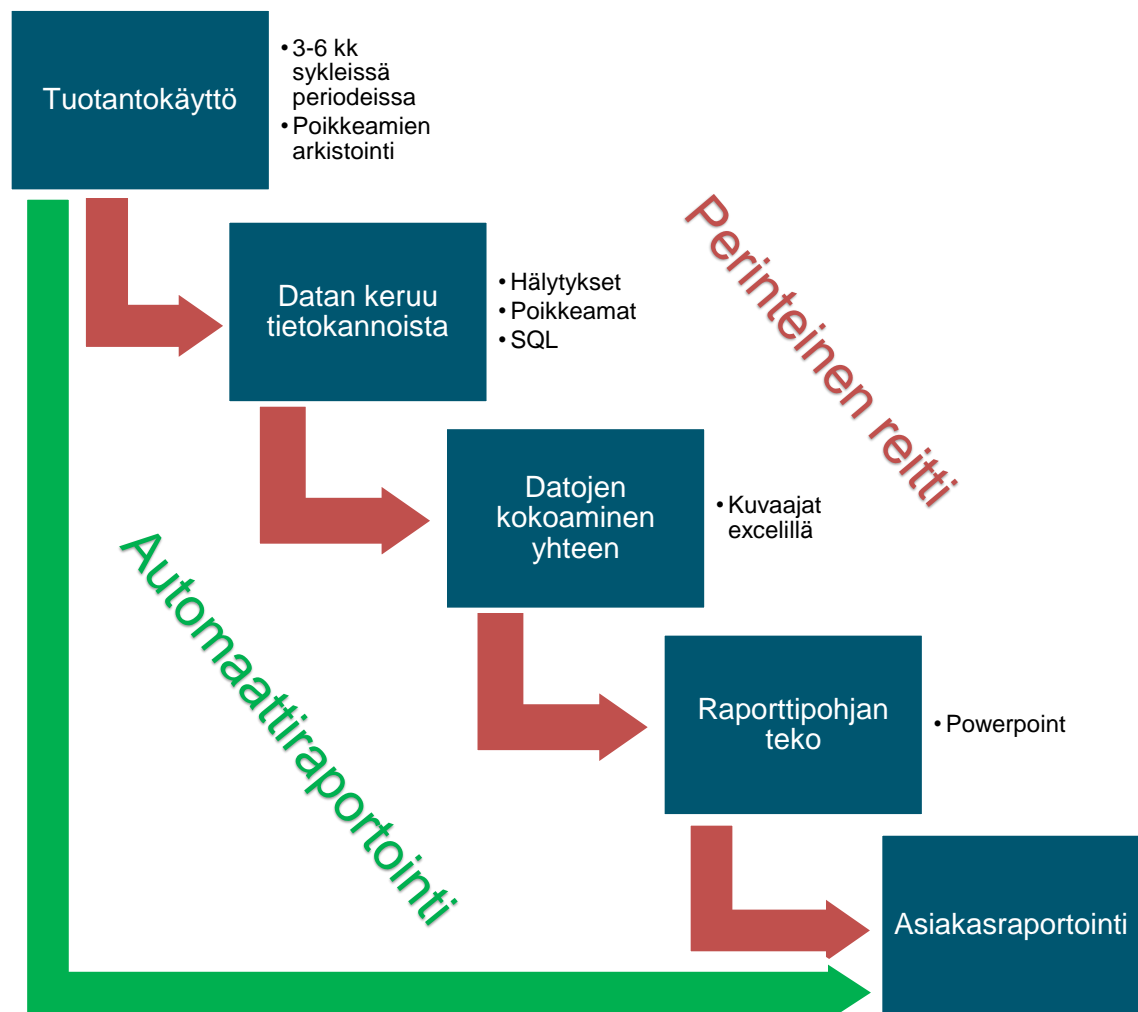
#### 4.2 IoT-Ticket-raportointipalvelu

IoT-Ticketin avulla tehty raportointipalvelun ajatus on seuraava: Balancelta saatu raakadata lähetetään pilvipalveluun, jossa data muokataan luettavampaan ja havainnollistavampaan muotoon. Esimerkiksi paineilmajärjestelmän painetasot ovat graafisesti paljon kuvaavampia kuin riveinä Excelillä aikaleimalla varustettuna.

## 5 Uusi automaattinen raportointipalvelu

Kehitystyössä kartoitetaan Sarlinin raportointipalvelun nykytilanne, sekä dokumentoidaan uuden Sarlin Balancen IoT-Ticket-raportointipalvelun suunnittelu, ohjelmointi ja käyttöönotto. Käyttöönoton jälkeen asiakaskohteiden palautteet kerätään ja koostetaan yhteen ja niiden perusteella muokataan palvelua.

Kuviossa 5 on esitetty Sarlin Balancen raportointiprosessi. Punaisella reitillä on merkitty nykyisen manuaalisen raportoinnin vaiheet. Vihreä taas kuvastaa automatisoidun raportointijärjestelmän askeleet. Automaattisella raportoinnilla voidaan ylittää useita työläitä raportoinnin vaiheita.



Kuva 5. Nykytila vs. automaattiraportointi

Uuden, nykyaikaisemman raportointipalvelun ideana on, että kun sovellus asennetaan asiakkaan laitteistoon, se tuottaa automaattisesti sen jälkeen raportteja halutulla syklillä. Tämä toimii samalla tavalla asiakkaasta riippumatta, koska mitattu data on vakio- tai muotoista ja löytyy aina samoista muistipaikoista. Automaattinen raportointipalvelu on modernia ja hyödyntää nykyaikaisia välineitä ja tapoja.

Tavoitteena on myös, että pilvipalvelun käyttöliittymä eli portaali on myös alusta asti helposti käytettävä. Jakob Nielsenin käytettävyyismääritelmän mukaan käytettävyyttä mitataan viidellä eri tekijällä:

- **Opittavuus**, eli kuinka helppoa tuotetta on oppia käyttämään
- **Tehokkuus**, kuinka tehokasta tuotteen käyttäminen on eli kuinka nopeasti käyttäjä saavuttaa halutun lopputuloksen
- **Muistettavuus**, kuinka helppoa tuotteen käyttäminen on muistaa, ja kuinka helppoa siihen on palata esimerkiksi tauon jälkeen
- **Virheettömyys**, eli paljonko virheitä käyttäjä tekee käyttäessään tuotetta, eli kuinka usein toiminto ei johda haluttuun lopputulemaan
- **Tyytyväisyys**, onko käyttäjä tyytyväinen tuotteen käyttöön [19].

## 6 Wapice IoT-Ticket

Wapice on suomalainen, Vaasasta lähtöisin oleva yksityisomisteinen ohjelmistoalan yritys. Wapice on erikoistunut teollisuuden ratkaisuiden ohjelmistokehitykseen. Heidän tuotteitaan on käytössä useissa korkean profiilin suomalaisissa ja kansainvälisissä suuryrityksissä [20].

IoT-Ticket on Wapicen kehittämä ja ylläpitämä web-pohjainen tuoteperhe, joka sisältää kaiken tarvittavan IoT-datojen pilveen lähetyksestä käyttöliittymien tekoon. Kommunikaatiotapoja on monia, eivätkä ne rajoitu ainoastaan tässä työssä käytettyihin protokolliin ja tapoihin. IoT-Ticket pitää sisällään Dashboard-käyttöliittymät, raportit, tiedonkeruun ja analytiikan.

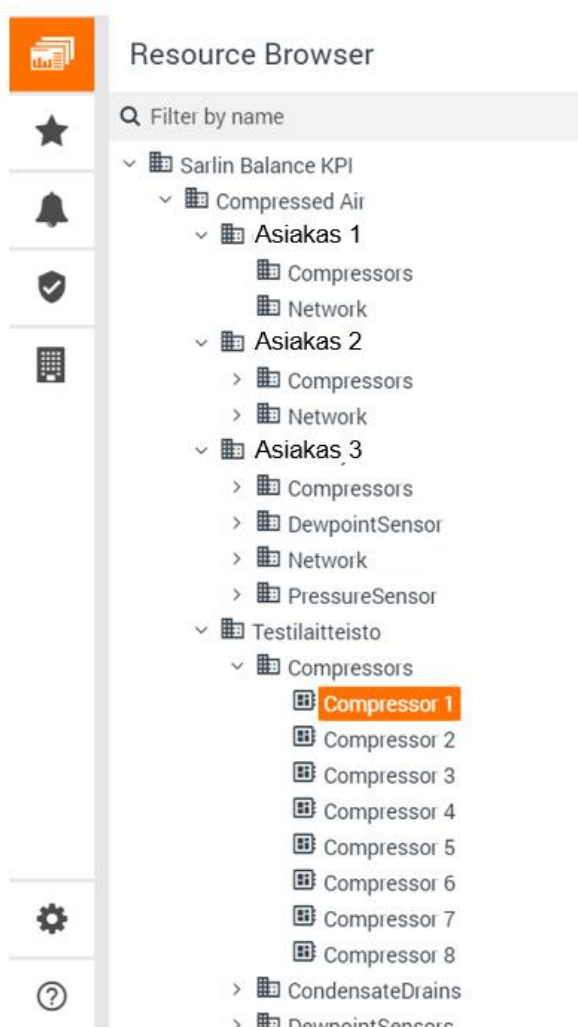
### 6.1 Resurssivalitsin

Kun IoT-Ticketin webkäyttöliittymän avaa, avautuu ensimmäisenä vasemmalla resurssivalitsin (Resource Browser). Resurssivalitsin on työkalu, jonka avulla navigoidaan eri ”yritysten” välillä (engl. Enterprise). Enterprise-näkymän ylin taso voi olla esimerkiksi asiakkaat erikseen. Asiakkaiden alle voidaan luoda lisää enterprise-tasoja, joilla voidaan erotella mm. saman asiakkaan eri tehtaat ja tuotantolaitokset. Kuvan 6. tapauksessa kuitenkin asiakas oli suoraan Sarlinin alla, eikä tuotantolaitoksia eritelty

tässä vaiheessa. On tietenkin mahdollista, että palvelun laajentuessa samalle asiakkaalle kertyy useita eri yksiköitä, jotka täytyy siirtää saman enterprise-tason alle.

Jokaiselle tasolle voidaan luoda ns. Fleet-näkymä, jonka avulla on mahdollista navigoida kaikissa sen alla olevissa enterpriseissa ja vaihtaa dataa näiden välillä. Kaikki data siis näkyy aina hierarkiassa ylöspäin mentäessä.

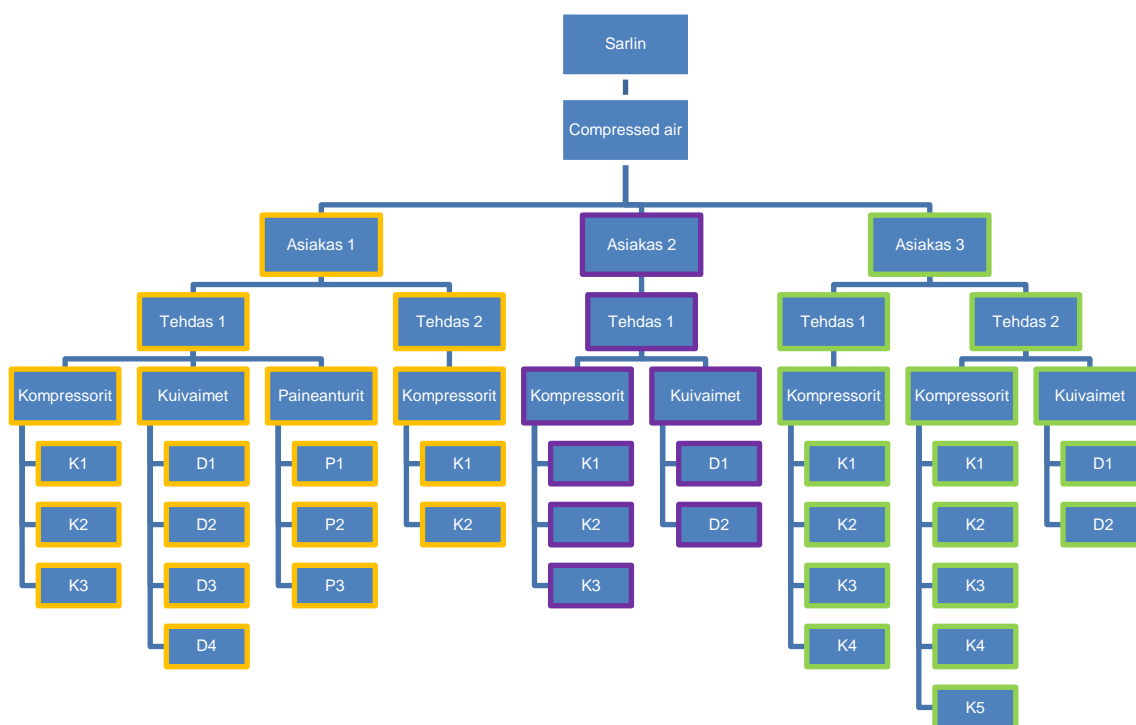
Klassiseen OPC:hen verrattuna OPC UA mahdollistaa datojen rakenteellisuuden. Tämä tarkoittaa sitä, että datat voidaan järjestellä hierarkkisesti moniin eri tasoihin.



Kuva 6. Resurssivalitsin

Vasemman reunan resurssivalitsimen kautta pääsee käsiksi asiakkaiden Dashboard-käyttöliittymiin ja raportteihin. Ne avautuvat, kun painaa asiakastasolta asiakkaan kohdalta. Kuten edellä mainittiin, kaikki data näkyy hierarkiassa aina ylöspäin ja siksi asiakkaiden Dashboardit ovat tehty juuri asiakastasolla. Taulukosta 2 selviää, miten asiakkaat ovat jaoteltu IoT-Ticketillä.

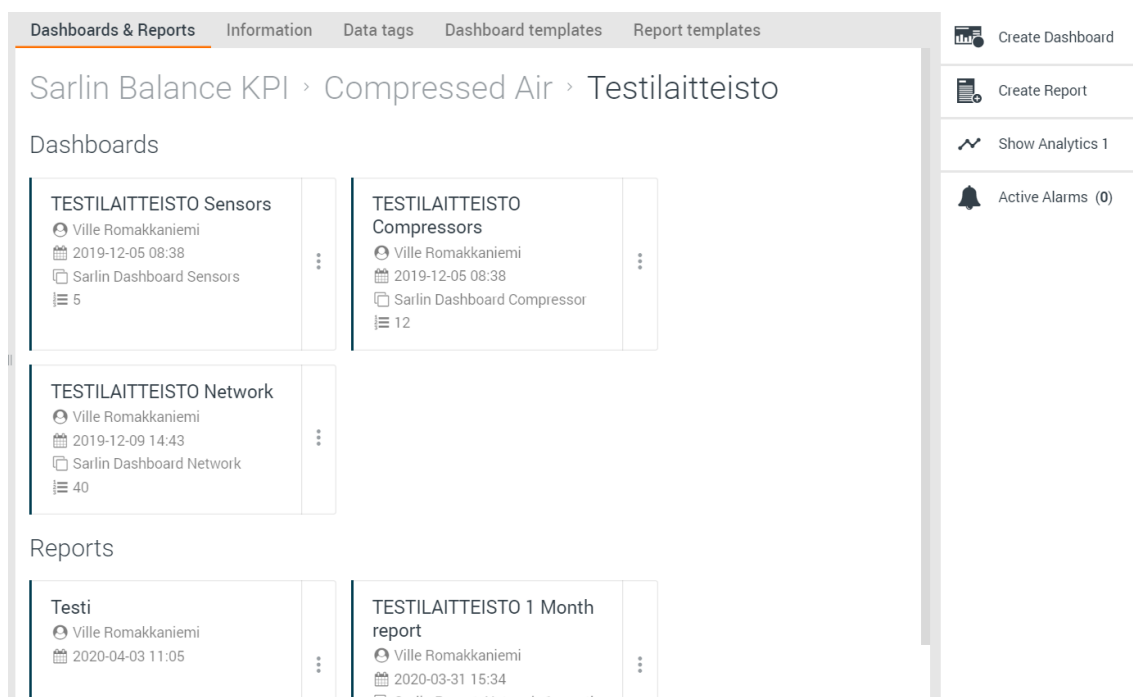
Taulukko 2. Esimerkki Sarlinin datarakenteesta IoT-Ticketissä



Näin ollen kaikki Tehtas 1:n alla oleva data näkyy vain Tehtas 1-tasolla, mutta Asiakas 1-tasolle datat näkyvät kaikista sen alla olevista tehtaista. Tästä voidaan johtaa, että Compressed air -tasolla näkyy kaikkien asiakkaiden datat ja sinne voitaisiin luoda esimerkiksi kattava hälytysten seurantaraportointi tai tärkeimpien tuotannollisten lukujen seuranta.

### 6.1.1 Resurssivalitsimen välilehdet

Kun resurssivalikosta valitaan asiakas, näkyy sen kohdalla sille asiakkaalle tehtyt Dashboardit ja raportit (Reports). Näkymän oikeasta reunasta voidaan luoda uusi Dashboard, raportti tai analytiikkatyökalu. IoT-Ticketiin voidaan myös ohjelmoida erikseen hälytyksiä ehtojen perusteella. Hälytykset voidaan erotella ja näyttää omana sivunaan Dashboardien joukossa. Hälytyksistä voidaan myös luoda sähköpostiviesti.



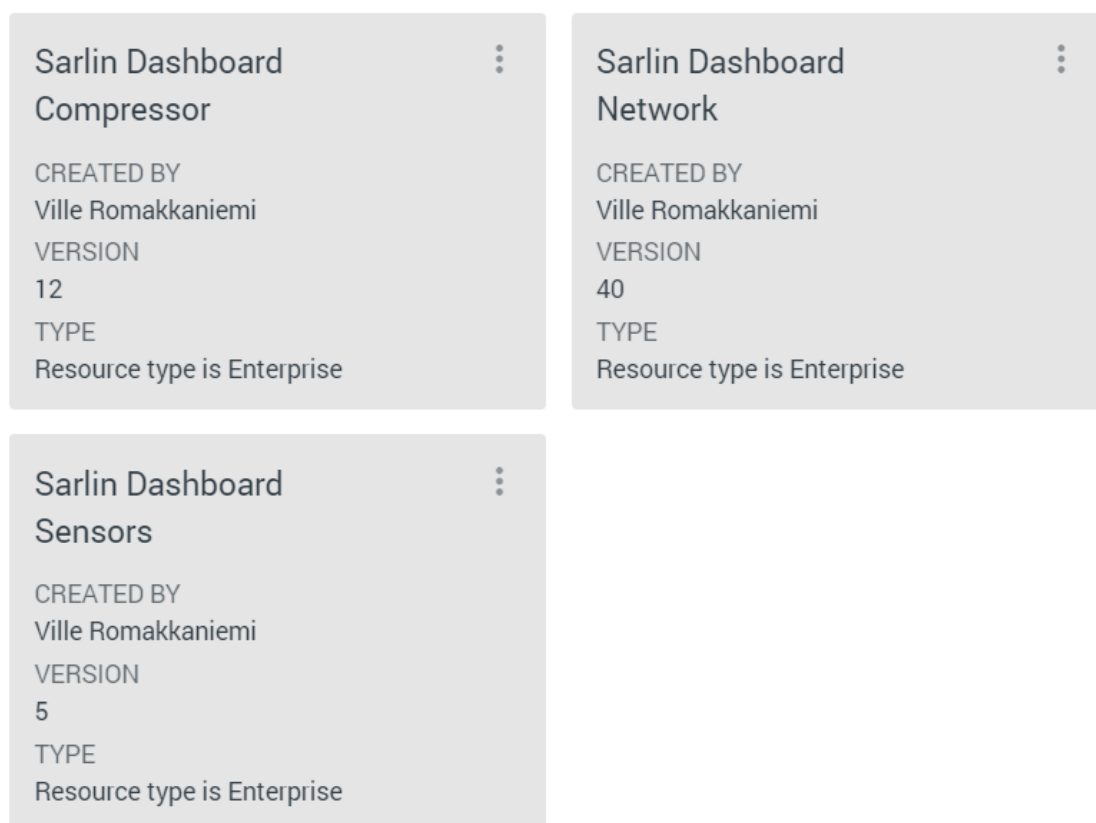
Kuva 7. Valitun resurssin valikot

Information-välilehdeltä löytyy lisäinfoa kyseisestä resurssista. Tältä välilehdeltä löytyy mm. nimi ja uniikki resurssi-ID (Resource ID), joka kertoo esimerkiksi Universal Gatewaylle, minkä resurssin alle datat kerätään, jos kerätään. Information-välilehdeltä löytyy myös tieto, että mistä ja minkälaisesta lähteestä resurssiin tulevat tagit ovat peräisin.

Data tags -välilehdeltä voi tarkastella kyseisen resurssin datapisteiden lukemat. Täältä voi myös ladata omalle koneelle Exceliin kyseisen tai vaikka useammankin datapisteen arvot ja aikaleimat.

Iso osa versiohallinnointia ja näkymien yhtenäistämistä on mallit (Template), joita voidaan luoda aina kun tehdään muutoksia. Mallien tarkoituksena on, että yhdellä mallilla voidaan luoda useita eri näkymiä eri portaaleissa. Kun mallin avulla luodaan näkymä asiakkaan resurssiin, on se yhtenäinen kaikkien muiden kanssa. Tämä helpottaa huomattavasti monistettavuutta ja käyttöliittymien yhtenäisyyttä. Dashboardille ja raportille on omat mallinsa ja niitä voidaan luoda useita. Tässä työssä on käytetty kolmea eri mallia eri toiminnallisuuksille. Yhdessä mallissa on kompressorit, yhdessä anturit ja yhdessä koontinäkyssä koko paineilmaverkon tunnuslukuja.

## Dashboard templates



Kuva 8. Mallien versiohallinta

Mallien muokkaamisen tueksi on tehty versiohallinta. Aina kun mallista tehtyä Dashboardia tai raporttia muokataan, ohjelmisto kysyy, halutaanko muokattu näkymä tallentaa uudeksi versioksi. Hyvä tapa versionumeroiteihin on juokseva numero 1:stä



alkaen. Kun uusi versio tallennetaan ja numeroidaan, on suositeltava kirjoittaa lyhyt selostus siitä, mitä muutoksia siinä on edelliseen versioon nähden. Näin voidaan esimerkiksi palata takaisin vanhaan, jos muutokset eivät olleet suotuisia. Kuvasta 9 näkyy, miten mallien versiointi on hoidettu IoT-Ticketillä. Jos halutaan vanhempi versio käyttöön, voidaan painaa vain "Activate"-painiketta ja vanhempi malli tulee käyttöön.

Dashboard template versions					
31	- UI Changes	Ville Romakkaniemi	30.01.2020 15:18:06	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
30	- Removed line graph from daily/monthly/weekly power usage chart.	Ville Romakkaniemi	28.01.2020 10:05:38	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
29	- Added pressure min and max for calculating usability.	Ville Romakkaniemi	20.12.2019 11:07:37	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
28	- Added bar chart for power usage	Ville Romakkaniemi	17.12.2019 14:33:15	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
27	- Fixed pressure label - Added rounds to 12 months table power usage	Ville Romakkaniemi	13.12.2019 09:43:07	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
26	- Added text table for 12 months power chart	Ville Romakkaniemi	09.12.2019 16:04:27	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
25	- Under the hood	Ville Romakkaniemi	09.12.2019 14:43:48	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
24	- Under the hood	Ville Romakkaniemi	09.12.2019 14:23:41	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
23	- Under the hood	Ville Romakkaniemi	09.12.2019 14:19:00	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
22	- Under the hood	Ville Romakkaniemi	09.12.2019 14:16:55	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
21	- Free comparison redone	Ville Romakkaniemi	09.12.2019 14:13:58	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>
20	- Charts changed from neglect holes to holes - Chart sizes increased - Removed dialog-widgets and replaced with	Ville Romakkaniemi	09.12.2019 13:39:47	<a href="#">Activate</a>	<a href="#">Delete</a>

Kuva 9. Mallien versiohallinta käyttöliittymällä

Versiohallinnasta voidaan aktivoida myös vanha versio uudelleen näkyviin. Aktivoidu mallin versio tulee ajaa kaikille asiakkaille massa-ajotyökalun avulla.

## 6.2 Dashboard

Dashboard on IoT-Ticket-palvelun käyttöliittymän sivu, jossa dynaamiset muuttujat esitetään intuitiivisemmassa muodossa esimerkiksi graafien tai pylväsdigrammien avulla. Asiakaskohtaiset Dashboardit rakennetaan resurssivalitsimen kautta asiakastasolle. Dashboardien avulla on helppo seurata ja ohjata laitteita etänä. Laitteiden ohjaamiseen vaaditaan lupa kirjoittaa tageihin. Tässä tapauksessa esimerkiksi OPC UA:n välityksellä lähetetään käsky Dashboardilta Universal Gatewayn kautta OPC UA serverille, josta se luetaan logiikalle.

### 6.2.1 Interface Designer

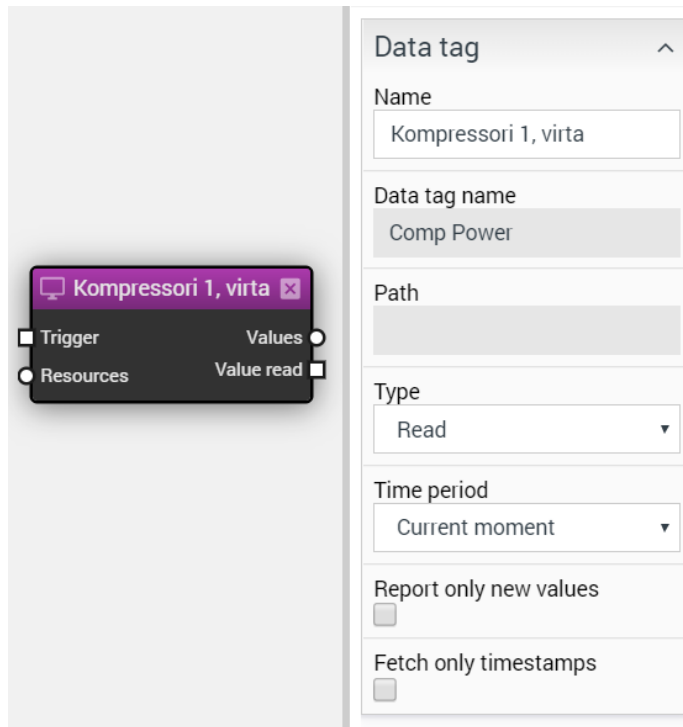
Interface Designer on Dashboardin käyttöliittymä osa ja editointityökalu. Interface Designerista löytyy kaikki tavallisimmat ja käytetyimmät pienoishjelmat (engl. Widgets) näkymien tekoon. Interface Designer toimii ”vedä ja pudota” -periaatteella, eli valikosta valitaan objekti, joka raahataan näkymään oikealle paikalle.

### 6.2.2 Dataflow Editor

Kun Interface Designerilla luodaan pienoishjelma esimerkiksi taulukko (engl. Table), tulee se näkyviin Dataflow Editorille lohkona (Block). Dataflow Editor on graafinen ohjelmointieditori, joka yhdistää Interface Designerin kentät ja pilveen tallennetut datat toisiinsa. Dataflow Editorin muokkausnäkyvä muistuttaa huomattavasti IEC 61131-3 standardin Function Block Diagram (FBD) ohjelmointia. FBD:ssä objektit raahataan valikosta muokkausnäkyvään ja niiden väleille voidaan hiirellä piirtää viivoja, jotka yhdistävät tulot ja lähdöt toisiinsa.

Kaiken datan Dataflow Editorissa ei tarvitse tulla asiakaskohteista, vaan sinne voidaan luoda virtuaalisia tageja (Virtual tags), joille voidaan syöttää arvoja käsin tai tuoda datat erikseen ulkoisesti esimerkiksi CSV-tiedostolla (Comma Separated Value). Virtuaalitageihin voidaan vaikkapa myös säilöä kahden prosessitagin yhteenlaskettu summa, jolloin sitä ei tarvitse tehdä erikseen joka kerta.

Pilveen lähetetty data näkyy IoT-Ticketillä erilaisena kuin muu data. Datat löytyvät joko niputettuina kaikki yhteen tai sitten erikseen komponentti kerrallaan. Yhteen niputettuja dataja voidaan käyttää esimerkiksi kokonaismuuttujien laskennassa. Esimerkiksi kompressoreiden tehot voidaan lukea erikseen tai yhteen niputettuna, jolloin ne muodostavat koko paineilma-verkon kompressoreiden yhteenlasketun summan.



Kuva 10. Datatagin esimerkki

Tagille voidaan määritellä, luetaanko hetkellinen arvo vai jonkin aikavälin arvo, kuten keskiarvo, maksimi, minimi ja/tai summa. Pilveen lähetetään dataa n. 3–4 sekunnin välein, jos arvo on muuttunut. Jos luettava arvo ei muutu, ei dataa silloin lähetetä pilveen. Noin 4 sekunnin aikaväli tarkoittaa, että minuutin aikajaksolla on 15 eri arvoa tagilla. Kun palvelun tavoite on näyttää ja indikoida luettua dataa, on aikajakson keskiarvon käyttäminen suotuisampi vaihtoehto. Esimerkiksi kompressorin teho ilmoitetaan yksikössä kW. Näin ollen tunnin keskiarvo kompressorin tehosta saadaan käytetty energia kWh. Tämä keskiarvojen käyttäminen säästää myös pilvipalvelun laskentojen aikaa ja näin ollen nopeuttaa sivujen selailua.

Data-flow editorin lohkot ovat jaoteltu neljään eri kategoriaan:

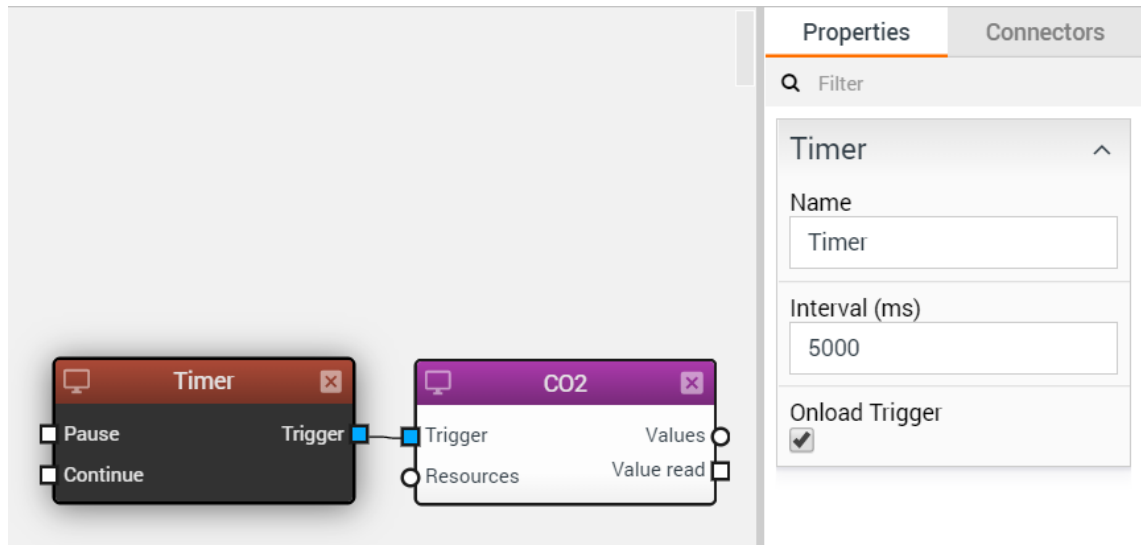
- Laskenta (Calculation)
- Data
- Sekalainen (Miscellaneous)
- Loogiset (Logic)

Laskennan alta löytyy mm. luvun absoluuttiarvo, jako-, kerto-, yhteen- ja vähennyslasku, keskiarvot, minimi ja maksimi, pyöristykset jne. Tässä työssä käytettiin eniten laskenta-kategorian lohkoja. Esimerkiksi pyöristyslohkolla (Round) pitää laittaa lähes kaikille Interface Designerin objekteille esimerkiksi kaksi desimaalia erikseen, jotta luvut olisivat miellyttäviä lukea näytöltä. Erittäin hyödyllinen lohko on Math expression eli matemaattinen funktio. Lohkon sisälle syötetään jokin matemaattinen funktio. Lohko generoi automaattisesti näiden perusteella sisääntulon ja ulostulon.

Data-kategoria koostuu datan käsittelyyn liittyvistä lohkoista. Tällaisia ovat mm. vakiomuuttuja (Constant), datan vienti CSV-tiedostoon (Data Export), istunnon aikaiset muuttujat ja paljon muuta. Tämän kategorian lohkoista eniten käytetty on vakiomuuttuja eli Constant-lohko. Lohkon avulla voidaan esimerkiksi laskennoissa käyttää vakiomuuttujaa tämän avulla. Constant-lohko voi sisältää myös tekstiä tai Boolean-tyyppisen muuttujan, eli sen ei ole pakko olla numeraalinen.

Sekalaisesta löytyy mm. aikapulssit, palvelimen tilatiedot ja muita lohkoja, jotka eivät kuulu muihin kategorioihin. Aikapulssit ovat eniten käytetyt lohkot tästä kategoriasta. Pääsääntöisesti kaikki luettavat datat tulee pulssittaa (Timer) tietyllä aikajaksolla tai ladattaessa (OnLoad Trigger). Timer-lohkoon kerrotaan millä aikavälillä lohko pulssittaa ulostuloa.

Kuvan 11 esimerkissä datalohkoa CO2 luetaan 5000 millisekunnin (Interval) eli 5 sekunnin välein. Pitää kuitenkin muistaa, että dataa voi olla tagissa tiheämmin kuin 5 sekunnin aikaväliltä. Kuten aiemmin mainittu, Universal Gateway lähettää pilveen dataa n. 3–4 sekunnin välein, joten 5 sekunnin tagien luenta on ihan hyvä. Jos luettaisiin tiheämmin, voitaisiin sama tulos lukea vahingossa kahteen kertaan.



Kuva 11. Esimerkki Timer-lohkon käytöstä

Loogiset-kategoriasta löytyvät loogiset operaattorit. Data-flow editorista löytyvät yleisimmät loogiset operaattorit kuten AND, OR, IF-THEN-ELSE, XOR, multiplekserit jne. Eniten tämän kategorian lohkoista käytettiin IF-THEN-ELSE-lohkoa.

### 6.2.3 Mobile Designer

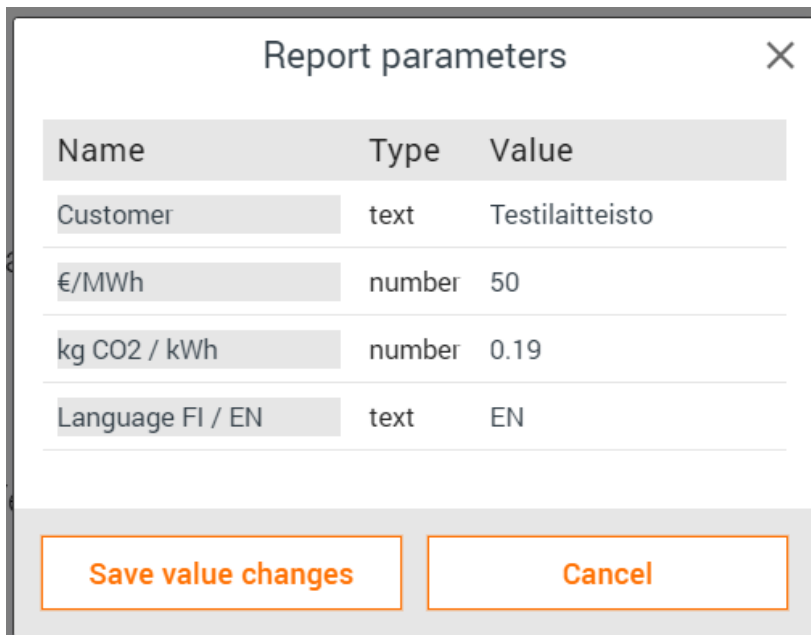
Mobile Designer on työkalu, jolla voidaan tarkastella miltä luotu Dashboard näyttää mobiililaitteiden ruudulta katsottuna. Työkalulla voidaan valita useiden eri valmistajien tablettitietokoneita ja matkapuhelimia, jonka jälkeen ohjelma näyttää sen näkymän kuin se näkyisi laitteella. Työkalu siis vaihtaa resoluution ja näytön koon ja skaalaa näkymän niiden mukaan. Pienoisohjelmien paikkaa ja kokoa voi tällä työkalulla erikseen muokata mobiililaitteille sopivaksi. Tätä ominaisuutta ei kuitenkaan ole tässä työssä käytetty.

### 6.3 Raportit

Raportit luodaan myös samalla tavalla kuin Dashboardit Dataflow Editorin avulla. Iso ero Dashboardiin verrattuna on, että tagien päivitystä ei voi pulssittaa tietyn aikajaksoin, vaan kaikki datat päivittyvät, kun raporttieditori avataan tai kun liipaistaan valmiin raportointipohjan lähetys.

### 6.3.1 Report viewer

Report viewer on raportin esikatselutyökalu. Esikatselutyökalulla nähdään raportti sellaisena kuin se PDF-muodossa lähetetään. Työkalulla voidaan myös viedä (engl. Export) sen hetkinen raportti PDF-tiedostona omalle tietokoneelle. Report viewerissä on myös parametrin kohta, johon voidaan syöttää asiakaskohtaisia vakio muuttujia ja asiakkaan nimi. Parametrit voivat siis olla mitä tahansa tyyppiä, kuten teksti, boolean-tyyppinen tai numeraalinen muuttuja.



Name	Type	Value
Customer	text	Testilaitteisto
€/MWh	number	50
kg CO2 / kWh	number	0.19
Language FI / EN	text	EN

Save value changes      Cancel

Kuva 12. Raportin parametritaulukko

Asiakkaan nimi menee raportin etusivulla olevaan asiakkaan tekstikenttään. Vakio muuttujat ovat esimerkiksi kustannuslaskelmissa käytetty euroa per megawattitunti ja hiilidioksidipäästöt per tuotettu kilowattitunti. Nämä parametreihin syötetyt muuttujat tulevat näkyviin Data-flow editorissa ja ovat käytettävissä kuin muutkin muuttujat.

### 6.3.2 Raporttieditori

Raporttieditori (Report editor) on samanlainen kuin kojelaudan muokkaustyökalu (Interface designer). Raporttieditorissa luodaan raportin sivut ja asetellaan

pienoistyökalut paikoilleen. Raporttieditorissa voidaan muokata raportin ominaisuuksia, kuten sivun koko, sivun suunta, marginaalien koko, fontti ja paljon muita ominaisuuksia.

Raporttieditorissa on valittavana näkyviin ruudukko ja ruudukon koko. Ruudukkoa käytetään hyväksi pienoishjelmien asettelussa sivulla. Pienoisohjelmat tarttuvat ruudukon reunoihin samalla tavalla kuin CAD-ohjelmissa ja ne helpottavat esimerkiksi objektien keskittämistä sivulla.

### 6.3.3 Data-flow editor

Data-flow editor on raporttien puolella hyvin samanlainen kuin Dashboardin puolella. Ainoa ero, kuten mainittua, on syklisen pulssituksen ja joidenkin lohkojen puuttuminen. Muutama raporteille ominainen lohko löytyy raporttien puolelta, kuten esimerkiksi raportin lähetys ehtojen täytyessä.

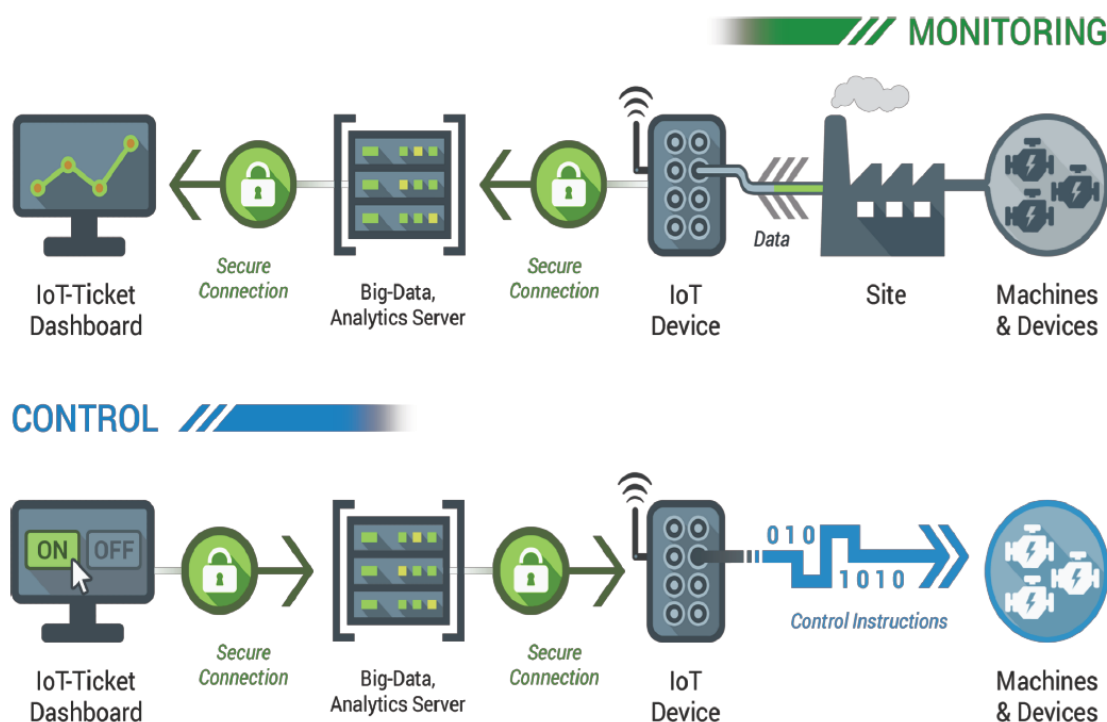
## 6.4 Analytiikka

IoT-Ticket tarjoaa myös datan analytiikan. Yleisesti käytettyjä analytiikan sovelluksia on esimerkiksi korrelaatioanalyysi, eli tutkitaan mitkä tiedot voivat vaikuttaa toisiinsa ja miten niiden väliset suhteet korreloivat keskenään [21]. Vaikka Wapicen tarjoamaa Analytiikka-työkalua ei ole tässä työssä suoraan käytetty, on analytiikkaa silti työssä mukana. Esimerkkinä tiettyjen ehtojen täytyessä olen ottanut muiden suureiden arvot ylös. Toinen tapa on tarkastella jonkun lukeman maksimi- ja miniarvoja ja ottaa toisten suureiden arvot ylös samalta ajanhetkeltä. Tämän perusteella käyttäjä voi tehdä johtopäätöksiä järjestelmästä. Tämä eroaa varsinaisesta analytiikasta siten, että analyysin suorittaa ihminen annettujen lukuarvojen perusteella, eikä kone itsenäisesti.

## 6.5 Universal Gateway

Universal Gateway (UGW) on Wapicen kehittämä tietokoneelle asennettava sovellus, joka toimii linkkinä OPC UA -serverin ja pilven välillä. Universal Gatewaylle syötetään pilven tiedot käyttäjätunnukseen ja salasanoineen, sekä lista siitä, mitä dataa OPC UA

serveriltä haluttiin lukea. Työn tapauksessa Universal Gateway on asennettuna Balancen teollisuus-PC:lle.



Kuva 13. IoT-Ticket Dashboardin esimerkkikuva [22]

Gatewaylle kerrotaan mm. OPC UA serverin osoite, tietoturvaan liittyviä parametreja, turvallisuussertifikaatin polku ja käyttäjätunnus. Oikeasta alakulmasta löytyvästä painikkeesta voidaan asetusten laittamisen jälkeen testata yhteys serverille.



The screenshot shows the configuration interface for the Universal Gateway. It is divided into three main sections:

- Server Information:** Contains a text field for the Endpoint URL, which is set to `opc.tcp://localhost:48010`.
- Security Settings:**
  - Security Policy: A dropdown menu set to `Basic256Sha256`.
  - Message Security Mode: A dropdown menu set to `Sign & Encrypt`.
  - Certificate: A text field with a `Browse` button.
  - Private Key: A text field with a `Browse` button.
  - A `Create certificate` button is located below these fields.
- Authentication Settings:**
  - Radio buttons for `Anonymous` and `Username/Password`. The `Username/Password` option is selected.
  - Username: A text field containing `Kayttaja`.
  - Password: A text field with masked characters (dots).
  - Certificate: A text field with a `Browse` button.
  - Private Key: A text field with a `Browse` button.
  - A `Test Connection` button is located at the bottom right of this section.

At the bottom of the interface, there are three navigation buttons: `< Back`, `Next >`, and `Cancel`.

Kuva 14. Universal Gatewayn konfigurointinäkömä

Tietoturvan lisäämiseksi käytetään Basic256Sha256-tason salausta, käyttäjätunnusta ja salasanaa, sekä molemminpuolisia sertifikaatteja. Salaus on tiukin OPC UA-standardin käyttämistä salauksista. Sertifikaattien hyväksyntä tapahtuu kirjautumalla OPC UA-serverin ohjelmistolle ja hyväksymällä pyydetty sertifikaatti tai siirtämällä sertifikaatti PC:n hylättyjen sertifikaattien kansioista hyväksytyjen kansioihin.

Kun testaus on OK, voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen eli CSV-tiedoston lataamiseen gatewaylle. Gatewaylle tuotava lista tageista tulee olla CSV-muodossa ja siinä tulee kertoa vähintään seuraavat asiat:

- Onko data luettavissa (Read), kirjoitettavissa (Write) tai molemmat (Read/Write)
- Tagin nimi (Tag name) eli täydellinen polku datapisteeseen OPC UA serverillä

- IoT Ticketille näkyvä nimi
- Minkä kansion alle tagi menee
- Mihin Enterprise-kansioon datatagien kansio luodaan
- Kerroin luettavalle arvolle.

CSV-tiedostojen luontia varten Exceliin ohjelmoitiin taulukko, jonka avulla tagit ja niiden polut voidaan luoda automaattisesti oikeaan muotoon annettujen lähtöparametrien avulla. Tämä helpottaa listojen muodostamista ja säästää aikaa etenkin silloin kun tageja ja asiakkaita on paljon.

Seuraavaksi konfiguroitiin se, kuinka tiheään gateway hakee dataa serveriltä ja lähettää pilveen. OPC UA:lle on konfiguroitu, että data lähetetään teollisuus-PC:ltä OPC UA Serverille vain, kun datan arvo muuttuu. Näin vältetään kuormittamasta dataliikennettä ja tietokoneita liikaa. Silti on hyvä asetella minimiaika, joka odotetaan, vaikka arvo muuttuisikin tiheämmin. Tämän työn tapauksessa se on 3 sekuntia.

CSV-tiedoston lataamisen ja lähetyspulssin asettamisen jälkeen gateway tarvitsee toimiakseen käyttäjätunnuksen ja salasanan. Käyttäjä saa oman tunnuksen ja salasanan REST API:in, jonka avulla UGW:llä lähetettävä data paritetaan oikealle asiakkaalle Wapicen pilvessä. Tällä varmistetaan se, että esimerkiksi Sarlinin data ei vahingossakaan päädy jonkun toisen asiakkaan pilvipalveluun nähtäväksi.

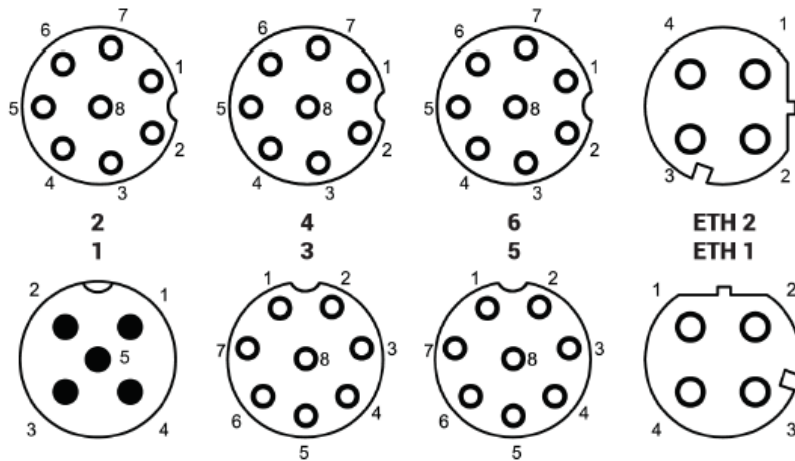
## 6.6 WRM247+

WRM247+ on Wapicen tuoteperheeseen kuuluva laite, jolla voidaan hallita, mitata tai ohjata järjestelmiä. Laite voi toimia itsenäisesti tai se voidaan kytkeä myös IoT-Ticketiin. WRM247+ on IP65 luokiteltu eli se on täysin teollisuuskäyttöön sopiva jo itsenään. Laitteen konfigurointi tapahtuu webkäyttöliittymän avulla. Käyttöliittymästä asetellaan käyttäjätunnus, sekä salasana ja tunnus, jolla kirjaudutaan pilvipalveluun.



Kuva 15. WRM247+ etähallintalaite ja liittimet [22]

WRM247+ laitteeseen voidaan kytkeä eri kenttäväyliä kuten Modbus TCP/IP, Modbus RTU ja CAN-väylä. Sisäistä IO:ta on 4 digitaalituloja ja 4 digitaalilähtöjä, sekä muutamia analogisia tuloja ja lähtöjä. Lisäksi laitteesta löytyy sisäänrakennettu Wi-Fi lähetin, jolla voidaan kytkeytyä myös langattomasti kuin myös liittimet ethernet-kaapelia varten. Ethernet-kaapeleita varten on kaksi liittintä, joten laitteen kautta voidaan myös ketjuttaa muita laitteita. Kuvassa 16 on selitetty tarkemmin WRM247+:-sta löytyvät liittännät.



Connector 2	Connector 4	Connector 6	Ethernet 2
1. Analog voltage input 2	1. RS-485 +5V output	1. Debug serial RXD	1. Ethernet 2 TX+
2. 4-20mA current input 2	2. RS-485 D+	2. CAN 2 H	2. Ethernet 2 RX+
3. 4-20mA input 2 return	3. RS-485 D-	3. CAN 2 L	3. Ethernet 2 TX-
4. 4-20mA input 1 return	4. Digital input 2	4. Debug serial TXD	4. Ethernet 2 RX-
5. Analog voltage input 1	5. Digital input 3	5. 1-Wire Vcc	
6. 4-20mA current input 1	6. Digital input 4	6. CAN GND	
7. Analog GND	7. RS-485 GND	7. GND	
8. Analog GND	8. GND	8. 1-Wire DQ	

Connector 1	Connector 3	Connector 5	Ethernet 1
1. Digital output supply+	1. USB Host Power	1. RS-232 RXD	1. Ethernet 1 TX+
2. Power supply +	2. USB Host D-	2. CAN 1 H	2. Ethernet 1 RX+
3. Digital output 1	3. USB Host D+	3. CAN 1 L	3. Ethernet 1 TX-
4. Digital input 1	4. Digital output 2	4. RS-232 TXD	4. Ethernet 1 RX-
5. Power ground	5. Digital output 3	5. +5V output	
	6. Digital output 4	6. CAN GND	
	7. USB Host GND	7. GND	
	8. GND	8. GND	

Kuva 16. WRM247+ liittimet [22]

WRM247+ -laitetta kaavailtiin aluksi yhdeksi pilotoinnin ratkaisuksi, mutta Universal Gatewayn valikoitui ratkaisuksi sen räätälöintiominaisuuksien ja monistettavuuden vuoksi.

## 7 Asiakastapausten esittely

Kaikki asiakastapaukset ovat Suomessa toimivia teollisuuden yrityksiä ja tärkeitä Sarlinin kumppaneita. Vuosien yhteistyö ja suuri paineilmankulutus olivat yhteisiä tekijöitä kaikissa valikoituneissa asiakastapauksissa. Pilotoinnin alkuvaiheessa kaikki asiakastapaukset olivat esittäneet mielenkiintonsa ja olivat halukkaita ryhtymään pilotointiin. Asiakastapauksia oli työn alkuvaiheessa kolme, joista karsittiin pilotoinnin aikana pois yksi. Karsiutumisen syitä olivat mm. tiukat tietoturvakäytännöt, jotka estivät pääsyn IoT-Ticket-pilvipalveluun suoraan teollisuus-PC:ltä ja alun jälkeinen kiinnostuksen lopahtaminen.

Pilotoinnin aikana asiakkaalle ei koitunut mitään ylimääräisiä kuluja, pois lukien yhteiset palaverit ja niihin kuluneet työtunnit. Myöskään tuotannollisia katkoja ei raportointijärjestelmän asennuksesta koitunut. Kaikki teollisuus-PC:hen vaikuttavat työt tehtiin joko seisakin tai muun tuotannollisen katkon yhteydessä.

### 7.1 Asiakastapaus A

Asiakas A on suuri kansainvälinen teollisuuden toimija. Heidän paineilmansa tuottamiseen käyttämänsä rahamäärä on satoja tuhansia euroja vuodessa, joten on luonnollista, että heitä kiinnostaa kuukausittainen paineilman tehokkuuden ja kustannusten seuranta. Asiakas oli alusta asti esittänyt mielenkiintoa raportointipalvelua kohtaan ja oli mukana pilotoinnin kehittämisessä. Tämä näkyi mm. useissa palavereissa, joita he itse ehdottivat automaattisen asiakasraportin tiimoilta. Palavereihin osallistui myös asiakkaan puolelta korkean profiilin johtoa, joita energiatehokkuus ja sen seuranta kiinnostivat.

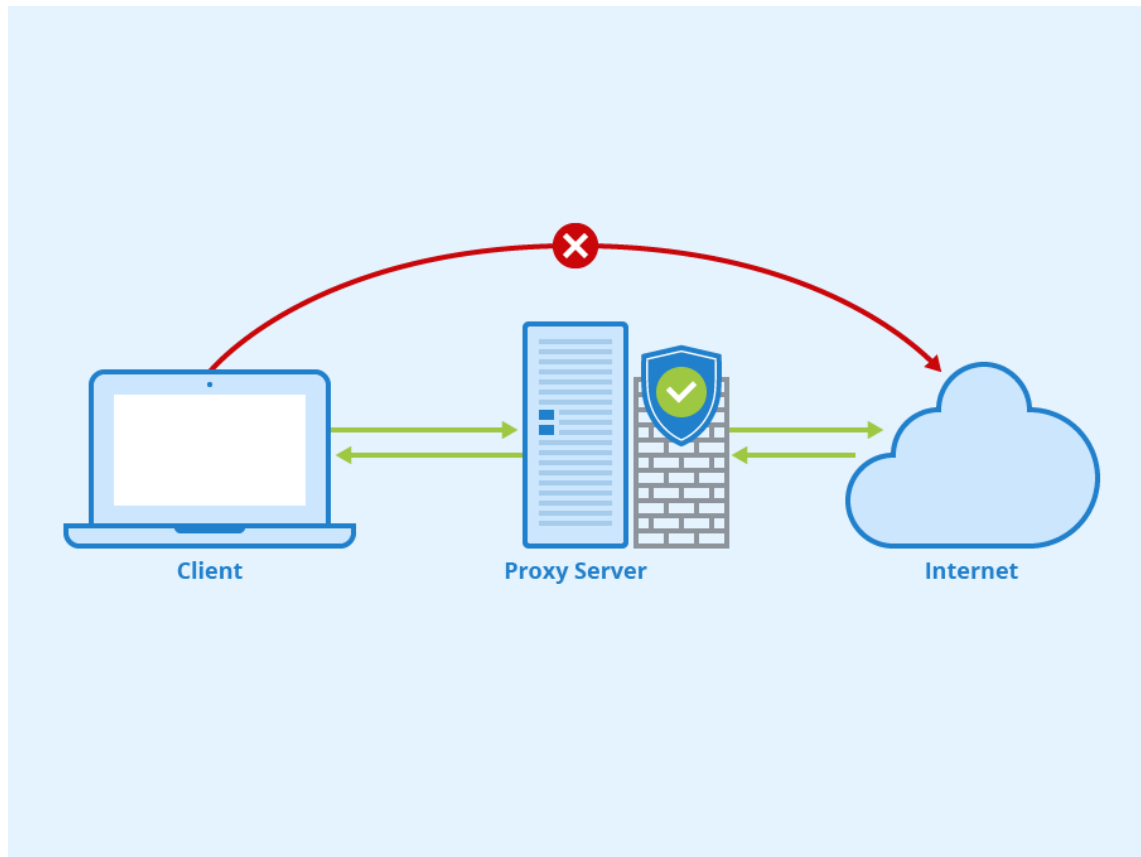
Asiakas esitti paljon toiveita ja pyyntöjä raportin suhteen, jotka tulivat lopulliseen versioon käyttöön, koska ne koettiin hyödyllisiksi ominaisuuksiksi myös muille asiakkaille.

## 7.2 Asiakastapaus B

Kuten tapaus A, myös asiakastapaus B on kansainvälinen myös Suomessa toimiva teollisen alan yritys. Heidän innokkuutensa raportointiin oli lievempää kuin A:n, mutta olivat tosissaan mukana alusta asti ja kertoivat tarkkaan mitä raportilta halusivat.

Asiakkaan tietoturvaso loi ison haasteen raportoinnin suhteen. Vaikka IoT-Ticketin UniversalGateway-ohjelmisto käyttää protokollana tavallista TCP:tä ja porttina 443, olivat ne asiakkaan tietoturvakäytäntöjen vastaisia. Suoria yhteyksiä pilvipalveluihin ei sallita automaatiojärjestelmien laitteilta.

Ratkaisuksi päädyttiin käyttämään hallittua välityspalvelinta (engl. Proxy), jonka avulla yhteys pilveen saatiin aikaiseksi. Välityspalvelin on siis palvelin, joka vastaanottaa ja välittää dataa internetiin. Kuvan 17 tapauksessa "Client" on UniversalGateway-ohjelmisto ja "Internet" on IoT-Ticketin pilvipalvelu. Nyt välissä on vain palomuurisuoja ja helposti asiakkaan hallinnoitavissa oleva palvelin, joka välittää tiedon. Välityspalvelimella voidaan varmistaa, että raportoinnin ohjelmisto ei lähetä tai vastaanota mitään muuta kuin sille sallittua dataa.



Kuva 17. Välityspalvelimen toimintaperiaate [23]

## 8 Sarlinin raportointipalvelu IoT-Ticketillä tehtynä

Ohjelmointia ja testausta varten asennettiin IoT-Ticket ja siihen liittyvät ohjelmistot Balancen testilaitteistolle. Testilaitteisto on identtinen asiakastapausten Balanceihin, jossa on mukana teollisuudessa paljon käytettyjä paineilman komponentteja, kuten paine- ja kastepisteantureita. Fyysisiä kompressoreita ei testilaitteistolla ollut kuin yksi, joten niitä varten asennettiin simulointiohjelma. Simulointiohjelma simuloi kahdeksaa päälle/pois -tyypin kompressoria ja useita eri antureita. Simulointi tapahtuu Balancen PC:llä ja siinä käytetään kaikkia samoja rajapintoja kuin asiakaskohteiden ohjaus-PC:lläkin, joten simuloitu data on täysin validia testeihin. Tästä syystä ohjelmointivaiheessa simulointi oli tärkeässä roolissa.

Testausten jälkeen asiakkaiden Sarlin Balancen ohjaus-PC:lle asennettiin OPC UA serveriä varten ohjelmisto. Kuten todettua, OPC UA serveriksi valittiin Beckhoffin oma OPC UA -ohjelmisto sen integroitavuuden ja tietoturvaominaisuuksien vuoksi. Beckhoffin OPC UA -serveriohjelmisto on helppokäyttöinen ja siitä löytyy kaikki tarvittavat ominaisuudet. OPC UA:ta ylläpitävä OPC Foundation on antanut myös sertifiointin Beckhoffin OPC UA -tuotteille. Sertifiointi tarkoittaa, että ohjelmisto noudattaa hyviä ohjelmointitapoja ja OPC:N käytänteitä. OPC Foundationin jakama sertifiointi varmistaa, että tuote:

- noudattaa OPC-määräyksiä
- on yhteensopiva muiden valmistajien OPC -tuotteiden kanssa
- on robusti, luotettava ja palautuu esimerkiksi kommunikaatiokatkoksista ongelmitta
- on käytettävyydeltään universaalisti hyväksi todettujen käytäntöjen mukainen
- on suorituskykyinen, eikä kuluta tietokoneen resursseja liikaa [24].

Myös OPC UA gateway asennettiin asiakkaiden Balance PC:lle etäyhteyden avulla ja tehtiin tarvittavat ohjelmistomuutokset. Gatewayn vaatimat muutokset eivät vaadi paineilmatkosta, eikä lisälaitteita tarvita. Gateway-ohjelmaan tuotiin CSV-tiedostot, joissa oli valmiiksi laitettu tagien sijainnit, IoT-Ticketillä näkyvät tagien nimet jne. Sen jälkeen aseteltiin ajat datan pilveen lähetykselle ja annettiin Sarlinin käyttäjätunnus ja salasana. Ajaksi valikoitui 10 sekuntia, koska paineilmaan liittyvät prosessit ovat usein hitaita. Silti 10 sekuntia on tarpeeksi tiheä aikaväli, jotta suureiden muutokset otetaan huomioon kuvaajissa ja tunnin tai minuutin keskiarvojen laskennat ovat tarkkoja.

Laskennoista käytetään pääosin tunnin tai minuutin keskiarvoa riippuen halutusta tarkkuudesta. Taulukossa 3 on laskettu datamääriä eri lähetysväleillä ja datan kulutuksen 150 tavun paketilla.



Taulukko 3. Datan lähetysvälin ja datankulutuksen vertailu

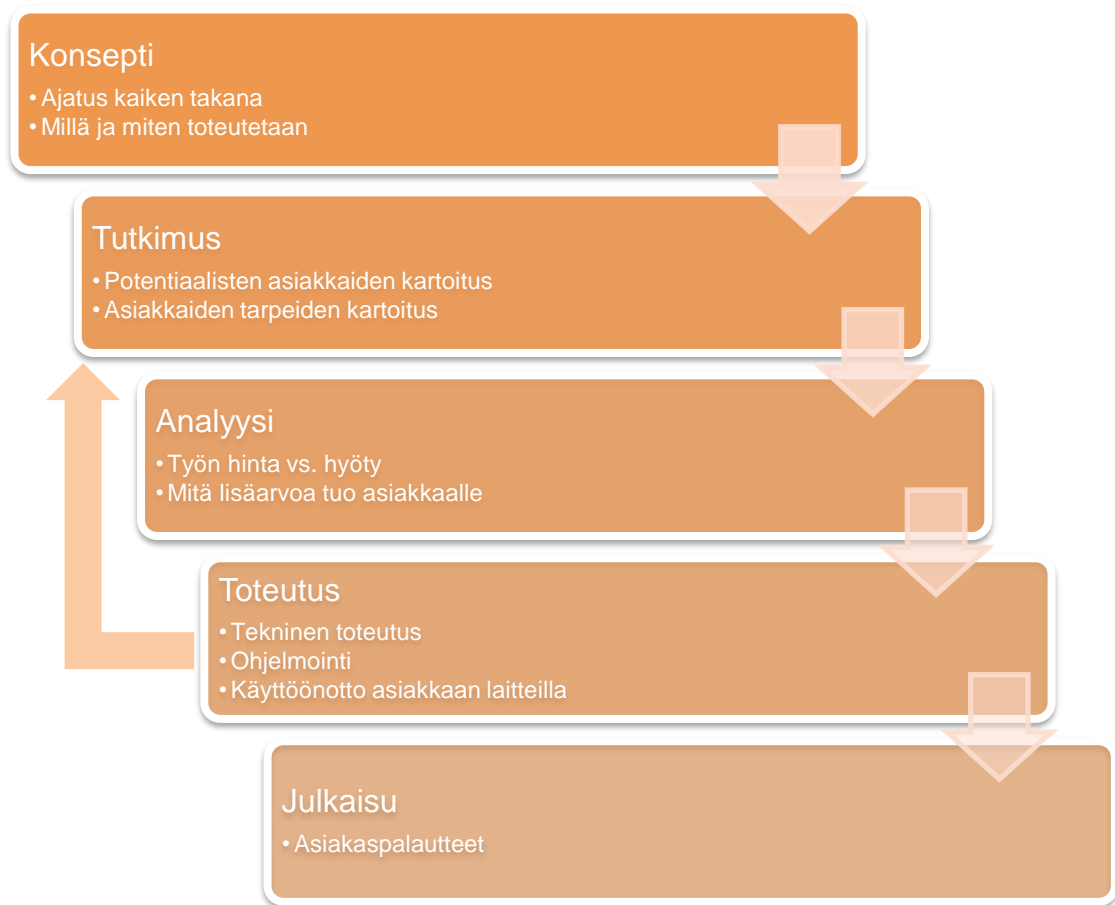
Datan lähetysväli	1	5	10	15	20	s
Mittausten määrä minuutti	60	12	6	4	3	kpl
Mittausten määrä tunti	3 600	720	360	240	180	kpl
Mittausten määrä vuorokausi	86 400	17 280	8 640	5 760	4 320	kpl
Mittausten määrä viikko	604 800	120 960	60 480	40 320	30 240	kpl
Mittausten määrä 2 viikkoa	1 209 600	241 920	120 960	80 640	60 480	kpl
Mittausten määrä kuukausi (150 tavua per lähetys)	2 592 000	518 400	259 200	172 800	129 600	kpl
Datankulutus tunti	540	108	54	36	27	kB
Datankulutus vuorokausi	12960	2592	1296	864	648	kB
Datankulutus kuukausi	388,8	77,8	38,9	25,9	19,4	MB

Datan lähetysväliillä on iso merkitys datankulutukseen. Tämä on aina kompromissi datan tarkkuuden ja datankulutuksen välillä. Paineilmaprosessin hitauden vuoksi empiirisesti todettiin, että tiheämpi lähetysväli kuin 10 sekuntia ei ole tarpeen. Täytyy muistaa, että taulukossa käsitellään vain yhden datatagin lähetystä. Todellisuudessa tageja on satoja, joten 1 sekunnin lähetysväliillä datankulutus voi nousta jopa kymmeniin gigatavuihin kuukaudessa.

UniversalGatewayssä on ominaisuus puskuroida lähetettyä dataa, jos lähetys epäonnistuu. Puskuroidun datan määrä voidaan määrittää asetuksista. On selvää, että mitä korkeampi puskuuri on, sitä kuormittavampi se on ohjelmaa suorittavalle tietokoneelle. Puskuroiduksi valittiin oletusarvo 500, koska kokemus osoitti, että yhteydet ovat pääosin hyvät ja data lähetetään silloin kun se pitääkin, eli puskuria ei pääse syntymään.

## 8.1 Työn kulku

Työn idea ja tavoite olivat selkeästi tiedossa heti alusta asti. Kun Wapice varmistui teknologian toimittajaksi, oli kaikki työn aloittamiseen tarvittavat lähtötiedot selvillä. Työn vaiheet (kuva 18) olivat tyypilliset kehitystyölle.



Kuva 18. Kehitysprosessin kulku

Kehitystyö alkoi konseptin hahmotuksella. Ensiksi hahmoteltiin, että mitä ja miksi tehtiin. Idea oli ollut jo pitempään olemassa Sarlin Balancen strategiassa, joten konseptointiin kehitystyön osalta jäi vain teknisen toteutuksen yhteistyökumppanin kartoitus ja valinta.

Seuraava askel kehitystyössä oli tutkimus, eli mahdollisten asiakkaiden kartoitus. Asiakkaiden ja asiakkaiden tarpeiden kartoitus tehtiin yhdessä muun Balance-tiimin kanssa, joten mukana oli niin myynti- ja markkinointihenkilökuntaa kuin ylempää johtoakin. Asiakkaita kartoittaessa arvossa pidettiin pitkää yhteistyötä ja sen kautta hyvää puheystehtyä. Myös teknisen puolen tuli olla riittävän haastava ja kattava, jotta pilotoinnissa tulisi mahdollisimman paljon ilmi erilaisia skenaarioita ja sitä kautta mahdollisia ongelmatilanteita. Nämä vaatimukset täyttyivät hyvin kahden kyseisen

asiakastapauksen kohdalla. Molemmilla tapauksilla oli myös tarve saada enemmän tietoa paineilmajärjestelmistään, ja tiedon toivottiin olevan helposti saatavilla.

Toteutusvaihe vei pisimmän aikaa työn vaiheista. Toteutusvaihe ei ollut lineaarinen, vaan kuten tavallista, välillä palattiin alkuun ja tehtiin eri tavalla. Toteutusvaiheesta palattiin välillä tutkimusvaiheeseen ja takaisin kehitysvaiheeseen. Siinä mielessä työ oli lineaarinen, että kaikkien vaiheiden tuli olla loppuun asti mietittyjä, jotta välttyttiin myöhemmiltä ongelmilta huonon suunnittelun takia.

## 8.2 Portaalinäkymä

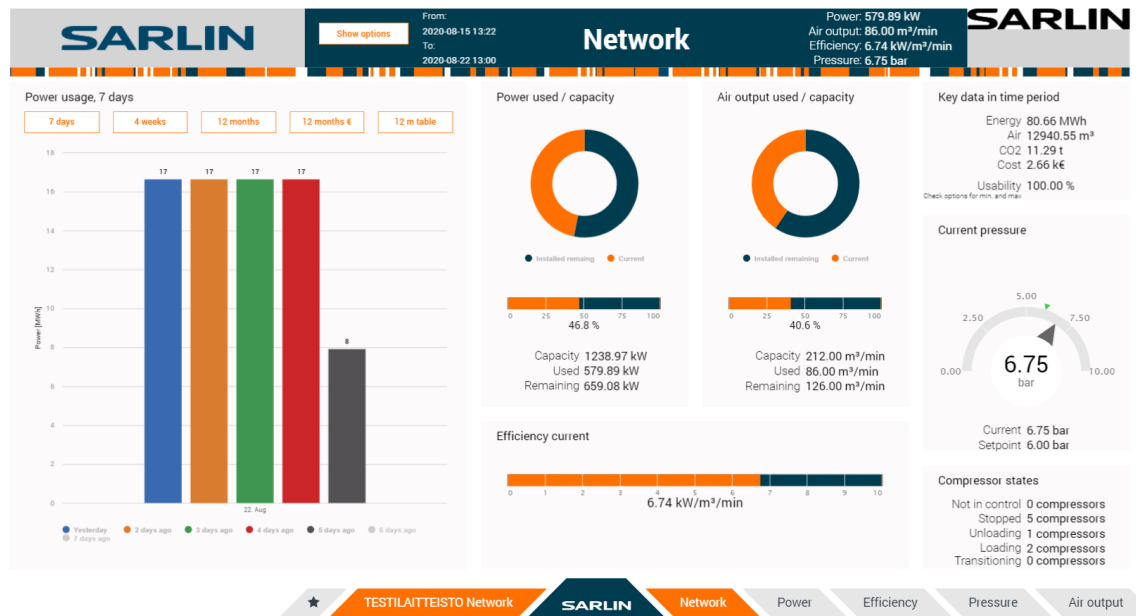
Yksi iso tekijä nykypäivänä on palveluiden estetiikka. Portaalinäkymän estetiikkaan ja käytettävyyteen keskityttiinkin alusta asti. Värit portaalinäkymään ovat valittu Sarlinin väriteemoista. Näin värimaailma on yhtenäinen esimerkiksi Sarlinin kotisivujen kanssa. Tämä sama teema jatkettiin IoT-Ticketin asiakasympäristöön Wapicen toimesta yhteneväisen linjan edesauttamiseksi. Näin ollen käyttäjäkokemus aina kirjautumissivusta portaalinäkymään noudattaa samaa väriteemaa ja käyttäjäkokemus on siten yhtenäinen.

Lähtökohtaisesti kaikkien asiakkaiden portaalinäkymät ovat samanlaiset, koska alkuun käytettiin aina samaa mallia (template), jolla näkymät luodaan. Useiden mallien ylläpito on työlästä ja vie turhaan resursseja. Esimerkiksi portaalin sivujen päivitykset ajettiin massa-ajona ja se voidaan tehdä malli kerrallaan. Jokainen päivitys pitäisi tehdä erikseen useammalle mallille ja ajaa sitten aktiiviseksi.

Vaikka sivut ovat identtiset, on poikkeuksena asiakastapausten logo ja nimi, jotka näkyvät portaalinäkymässä. Logo ja asiakkaan nimi on toteutettu erillisinä tekstitiedostoina, jotka luetaan aina kun sivu avataan. Tiedostot laitettiin jokaisen asiakkaan omaan näkymään serverille, joten niihin päästään käsiksi vain Sarlinin toimesta.

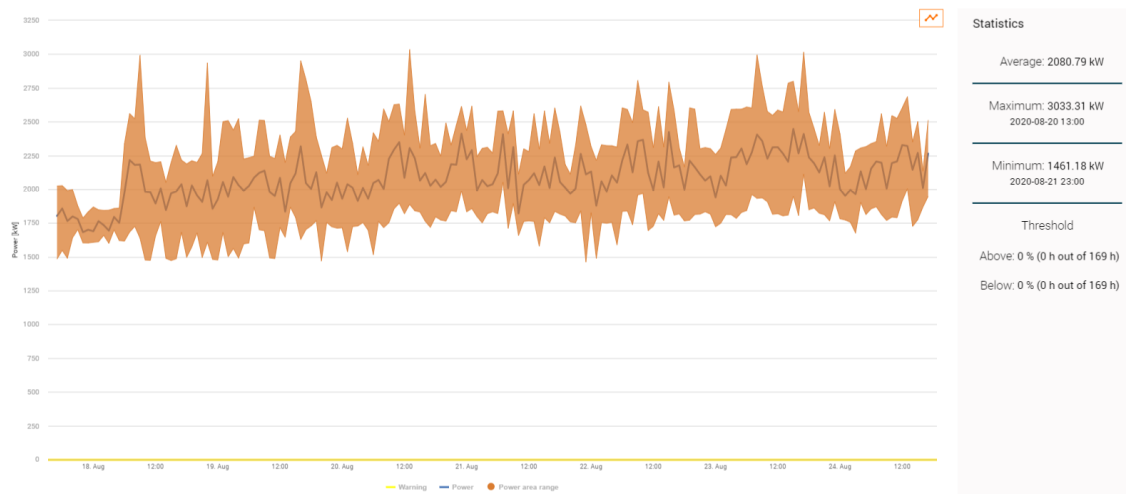
Kun näkymän avaa, niin ensimmäisenä avautuu yleisnäkyvä (kuva 19). Yleisnäkyvältä näkee yhdellä vilkaisulla mm. kuluvan ja edellisen seitsemän päivän energiankulutuksen,

aktiivisen painetason, hetkellisen tehon ja ilmantuoton, käytettävissä olevan teho- ja ilmantuotokapasiteetin, sekä ominaisenergiatarpeen.



Kuva 19. Testilaitteiston portaalinäkymän yleisnäkymä

Portaalinäkymän alareunasta voidaan navigoida eri välilehtien välillä. Valittavissa ovat teho, ominaisenergiatarve, painetaso (kuva 20), ilman tuotto, kaikki yhdessä ja vapaa vertailu. Kun avaa minkä tahansa yksittäisen suureen, avautuu iso kuvaaja, josta näkyy oletuksena kahden edellisen viikon lukemat. Sivun oikeassa reunassa on laskettuna kyseisen aikajakson keskiarvo, maksimi- ja minimilukema, sekä kuinka monta prosenttia ajanjakson mittapisteistä on oltu yli tai ali annetun lukeman. Tämä helpottaa esimerkiksi tulevaisuuden laitehankintojen tai laitehuoltojen suunnittelua.









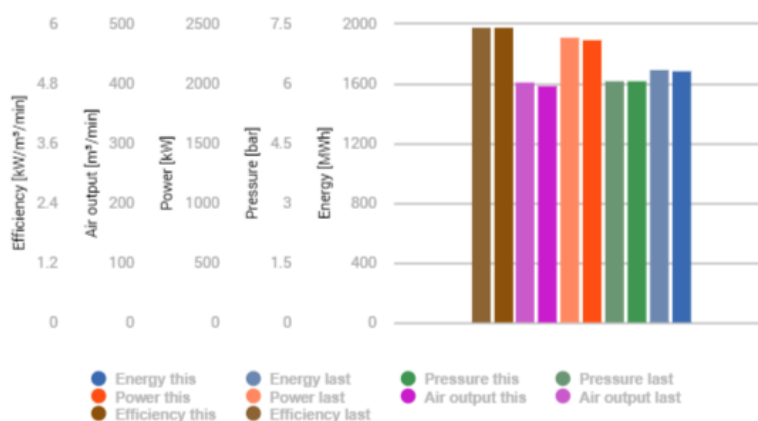
Kuva 20. Paineilmaverkon yhteenlaskettu tehon kuvaaja

### 8.3 Raportti

Kuten mainittua, automaattiraportti lähetetään asiakkaalle kuukausittain. Raportti lähetetään joka kuukauden ensimmäinen päivä kello 00:30. Tällä varmistettiin se, että kaikki edellisen tunnin laskennat ovat saatu varmasti valmiiksi, mutta uuden vuorokauden aikaiset datat eivät vaikuta raportin lukuihin.

Raportti on ajateltu niin, että heti etusivulta näkee tärkeimmät tunnusluvut (kuva 21), sekä vertailun edelliseen aikajaksoon. Vertailun avulla voidaan selvittää ovatko mm. paineilmaverkon teho noussut vai laskenut edelliseen kuukauteen verrattuna. Kuten portaalinäkylässäkin, myös raportissa on ajateltu, että ensimmäisellä näkemällä tulisi nähdä oleelliset tiedot.

System	Average	Change	Change %
Energy	1693.7 MWh	-3.8 MWh	-0.2 % 
Power	2369.9 kW	-30.7 kW	-1.3 % 
Air output	397.8 m³/min	-5.7 m³/min	-1.4 % 
Total air	3978266.1 m³	-56641.1 m³	-1.4 % 
Efficiency	5.96 kw/m³/min	0.01 kw/m³/min	0.1 % 
Pressure	6.08 bar	-0.03 bar	-0.5 % 



Kuva 21. Raportin ensimmäinen sivu

Raporttipohjassa hyödynnettiin joissain toiminnallisuuksissa Script-lohkoa. Script-lohkoon voidaan ohjelmoida omia Javascript-ohjelmia, joita ohjelma suorittaa joko käskystä (Event) tai kun sivu ladataan (Evaluate). Esimerkiksi raporttipohjan ensimmäisen sivun suunnanmuutosta kuvaavat nuolet ovat toteutettu Script-lohkolla.

Lohkon ulkopuolella muodostetaan prosenttiarvo siitä, paljonko viime kuukausi erosi sitä edellisestä. Koodissa on määritelty ensin raja-arvot, joita verrataan muutoksen prosenttiarvoon ja näiden perusteella kirjoitetaan lähtöön kokonaisluku, joka määrittää nuolen värin ja suunnan.

```

var vgood = -3.0;
var good = -0.5;
var bad = 0.5;
var vbad = 3.0;

if (input[0].value < vgood){
    output.value = 4;
} else if (input[0].value >= vgood && input[0].value < good){
    output.value = 3;
} else if (input[0].value >= good && input[0].value <= bad){
    output.value = 2;
} else if (input[0].value > bad && input[0].value <= vbad){
    output.value = 1;
} else if (input[0].value > vbad){
    output.value = 0;
}

```

Esimerkkikoodi 1. Suunnanmuutoksen indikaattorin koodirivi

Esimerkkikoodissa raja-arvot on annettu kiinteinä scripttiin, mutta parempi tapa olisi tuoda ne erillisinä muuttujina esimerkiksi yhteisen asetussivun kautta.

Energiankulutuksen lasku ilmoitetaan vihreällä nuolella alaspäin. Tämä tarkoittaa, että energiaa ja päästöjä on kulunut vähemmän kuin kaksi kuukautta sitten. Jos taas energiankulutus nousee, niin se ilmoitetaan punaisella nuolella ylöspäin.

Raportista löytyy graafien ja kuvaajien lisäksi kirjoitettua tekstiä, joka kertoo paineilman tilasta. Tekstissä on pitkiä lauseita, joiden sisältö voi muuttua dynaamisesti. Tämän saavuttamiseksi käytettiin apuna Text replace-lohkoa. Text replace-lohkoon syötetään lause, johon merkataan dynaamisiksi muuttujiksi ne, joita halutaan muutettavan lohkon ulkopuolelta.

```

This month's total energy consumption was ${powerconsumptioncurrent} MWh. This
is ${percentage} % ${powerlessormore} than last month's ${powerlastmonth} MWh.

```

Esimerkkikoodi 2. Text replace-lohkon esimerkki

Esimerkissä kaikki \${muuttuja}-tyyppiset tarkoittaa dynaamista muuttujaa. Dynaamiset muuttujat näkyvät lohossa tuloina eli niihin voidaan tuoda minkä tahansa datatyyppin muuttuja dynaamisesti. Muuttuja \${powerconsumptioncurrent} on kuukauden energiankulutus megawattitunneissa, joka saadaan lisäämällä kaikki kyseisen kuukauden päivittäiset energiankulutukset yhteen.

## Energy

### Monthly

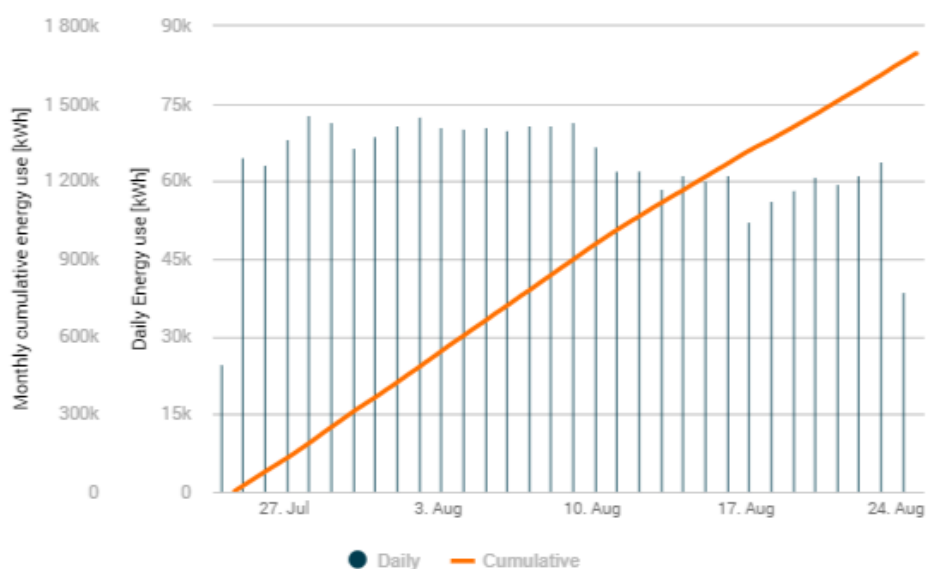
This month's total energy consumption was 1693.7 MWh. This is 0.2 % less than last month's 1697.5 MWh.

### Daily

Average daily energy consumption in this month was 63.2 MWh. This is 15.4 % more than last month's daily average 54.8 MWh. Highest daily was 72.9 MWh at 2020-07-28 03:00. Lowest energy per day occurred 2020-07-24 03:00 and was 24.8 MWh.

### Year

Cumulative total energy consumption since the beginning of the year is 12880 MWh. At 50 €/MWh this means 644 thousand euros and at 0,19 kg CO<sub>2</sub>/kWh this equals 2447.2 tonnes of CO<sub>2</sub>.



Kuva 22. Raportin energiankulutuksen sivu

Energiankulutuksen sivulta selviää selitettynä paineilmaverkon kuukauden kokonaisenergiankulutus ja vertailu edelliskuukauteen, päivittäisen energiankulutuksen keskiarvo, sekä huippulukema ja kustannus euromääräisesti ja hiilidioksidipäästöjen määrä tonneina.



## 9 Tulokset

Tulosten tarkastelussa keskitytään asiakaslähtöisyyden ja asiakashyötyjen tarkasteluun molempien asiakastapausten näkökulmasta. Yksi kehitystyön keskeisistä teemoista on tarjota asiakkaalle enemmän lisäarvoa palvelun avulla. Tavoitteena oli saada aikaiseksi tuote, jolla on lisäarvoa asiakkaalle ja Sarlinille, eikä vain tehdä digitalisaatioprojektia digitalisaation vuoksi.

Molempien asiakastapausten kohdalla kehitystyön tavoite täyttyi. He saivat juuri sellaisen palvelun kuin halusivat. Kuukausittainen automaattiraportointi onnistui hyvin ja se kattaa ison osan asiakkaalle relevantista tiedosta. Raportin tukena portaali onnistui myös erittäin hyvin. Ne asiat, joita ei saa selville raportista, löytyvät viimeistään portaalista. Portaalille tuo lisää arvoa myös erilaisten datojen yhtäaikainen vertailu, jonka avulla voidaan selvittää parempia ajotapoja tiettyihin tilanteisiin, kuten matalamman tuotantoasteen aikainen paineilman tarve.

### 9.1 Asiakastapaus A

Kuten aiemmin jo mainittua, asiakastapaus A oli alusta asti mukana kehitystyössä. Asiakkaalta saatiin paljon kehitysehdotuksia ja he osasivat kertoa mitä he odottavat näkevänsä, sekä mikä olisi arvokasta tietoa portaalissa ja raportissa. Kun he alkoivat saada raportteja keväällä 2020, heidän kanssaan käytiin useita palavereja, ja portaalinäköymän ja raportin kehitystä pohdittiin yhdessä myös pilotoinnin aikana.

Näiden palaverien ansiosta raporttiin lisättiin mm. kustannuslaskelmat, sekä stilisoitiin raporttien graafeja ja kuvaajia helpommin luettavaan muotoon. Nämä olivat hyödyllisiä palaverieja myös siksi, että niissä oli läsnä ihmisiä, joiden taustat ja työtehtävät ovat erilaisia kuin tämän työn tekijän, mutta he ovat silti tuotteen loppukäyttäjiä.

## 9.2 Asiakastapaus B

Asiakastapaus B:n aktiivisuus oli pienempää koko kehitystyön ajan kuin A. B suhtautui automaattiseen raportointiin neutraalimmin, mutta oli läpi kehitystyön myös kehityksessä mukana ja aktiivinen. B oli erityisesti tyytyväinen, kun paineillman tunnuslukuja pääsi näkemään reaaliajassa portaalista, eikä tarvinnut odottaa kuukausittaista automaattiraporttia tai kvartaaleittain julkaistua käsintehtyä raporttia.

## 10 Pohdinta

Näen, että tällaisten keskitetyn datan pilvipalvelujen tarve lisääntyy tulevaisuudessa merkittävästi. Tähän vaikuttaa oleellisesti suurien datamäärien helpompi ja tehokkaampi siirrettävyys nykytekniikalla, sekä lisääntynyt tiedon tarve. Esimerkiksi kiinteistöautomaation sovelluksissa on lisääntynyt trendi, että yhä useampaa käyttäjää kiinnostaa helppo tunnuslukujen seuranta esimerkiksi energiankulutuksen kannalta. Analytiikan kannalta on tehokkaampaa se, että dataa on paljon ja useasta lähteestä saatavilla ja analytiikan sovelluksilla voidaan tehostaa mm. kiinteistön energiankulutusta ja saada kustannuksia sitä kautta alas.

Analytiikka sopisi mielestäni erinomaisesti työn jatkokehitykseen. Analytiikka on erinomainen työkalu, kun dataa on paljon ja analytiikalla saavutetut optimoinnin hyödyt ovat taloudellisia ja ympäristöystävällisiä, kuten esimerkiksi sähkön- ja energiankulutus. Mitä enemmän ja täsmällisempää data on, sitä tehokkaammin analytiikan avulla voidaan saavuttaa hyötyjä. Kaikki analytiikan hyödyt eivät ole taloudellisia, vaan myös tuotannolliset ovat mahdollisia. Esimerkiksi ilmanpaineen kulutus näkyy karkeasti korkeampana kokonaiskompressoritehona. Jos korkeampaan tehonkulutukseen yhdistetään muitakin ehtoja, niin analytiikan avulla voidaan päätellä tilanteita, jolloin kompressoreita voidaan kytkeä käyntiin jo ennen korkeampaa kulutusta, jotta vältetään suuremmilta painetaso heittelyiltä.

Peilaten portaalin ja raportin ulkoasua Nielsenin tekijöihin nähden portaalin käyttöliittymän käytettävyys oli onnistunut. Jotta oppiminen ja navigointi olisi helpompaa,

käytin portaalin painikkeiden ikoneina mobiiliapplikaatioista tuttuja ikoneita kuten ratas kuvaamaan asetussivua ja sivujen välinen navigointi tapahtuu selaimista tuttujen välilehtien avulla. Näin käyttäjän ei tarvinnut opetella uusiksi juuri kyseisen palvelun käyttöä, vaan voi käyttää hyväkseen jo ennalta opittua tietoa.

5G tulee varmasti lisäämään kyseisten palveluiden saatavuutta ja sitä kautta myös yleisyyttä. 5G:n avulla hajautetut laitteet saadaan kattavamman peiton ja nopeiden tietoliikenneyhteyksien vuoksi.

## Lähteet

- 1 Radgen, P.; Blaustein, E. Compressed air systems in the European Union. Energy, emissions, savings potential and policy actions. [http://air.avexa.se/air/down/eu\\_compressed\\_air.pdf](http://air.avexa.se/air/down/eu_compressed_air.pdf). 2001. 162 s. ISBN 3-932298-16-0
- 2 Tietoa Sarlinista. Verkkoaineisto. Sarlin kotisivu. <https://www.sarlin.com/tietoa-sarlinista/> 14.2.2020
- 3 Sarlin Balance paineilman ohjausjärjestelmä. Verkkoaineisto. Sarlin kotisivu. <https://www.sarlin.com/assets/Tuotteet/sarlin-balance-paineilmajC3A4rjestelmC3A4n-ohjaus2C-optimointi-ja-valvonta/liitteet/Sarlin-Balance-paineilman-ohjausjaerjestelmae.pdf> 14.2.2020
- 4 Säästölaskuri. Verkkoaineisto. Sarlin kotisivu. <https://www.sarlin.com/ty%C3%B6kalupakki/paineilman-laskimet/saastolaskuri/> 14.2.2020
- 5 What is Industry 4.0. Verkkoaineisto. Epicor. [https://www.epicor.com/fi-fi/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/#2\\_17.2.2020](https://www.epicor.com/fi-fi/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/#2_17.2.2020)
- 6 Esineiden internet. Verkkoaineisto. Sanastokeskus. <http://www.tsk.fi/tepa/fi/haku/esineiden%20internet> 16.2.2020
- 7 IoT Esineiden internet. Verkkoaineisto. FiCom. <https://www.ficom.fi/ict-ala/tilastot/iot-esineiden-internet> 16.2.2020
- 8 OPC ja OPC UA. Verkkoaineisto. Novotek. <https://www.novotek.com/fi/ratkaisut/keplware-kommunikointialusta/opc-ja-opc-ua/> 19.2.2020
- 9 OLE. Verkkoaineisto. Turun yliopisto. <http://staff.cs.utu.fi/AvoinYo/TTV/Kertaus%20ja%20Object%20Linking%20and%20Embedding%20%28OLE%29%20-harjoitusharjoitukset.pdf> 20.2.2020
- 10 Mikko Heikkilä. 2016. OPC UA automaation tiedonsiirrossa. Insinööriyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 11 OPC Unified Architecture. Verkkoaineisto. Wikipedia. [https://de.wikipedia.org/wiki/OPC\\_Unified\\_Architecture](https://de.wikipedia.org/wiki/OPC_Unified_Architecture) 13.3.2020

- 12 OPC Bridging transfer data systems. Verkkoaineisto. OPC Training institute. [https://www.controldesign.com/assets/09WPpdf/090126\\_OPC\\_BridgingTransferDataSystems.pdf](https://www.controldesign.com/assets/09WPpdf/090126_OPC_BridgingTransferDataSystems.pdf) 1.3.2020
- 13 OPC FAQ. Verkkoaineisto. Softwaretoolbox blog. <https://blog.softwaretoolbox.com/opc-frequently-asked-questions> 15.5.2020
- 14 Sami Kankaanpää. 2016. REST-arkkitehtuurin käyttö web-rajapinnoissa. Insinööriyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 15 HTTP TIE-23500 Web-ohjelmointi. Verkkoaineisto. Turun yliopisto. <http://www.cs.tut.fi/~seitti/2015/kalvot/http/all.html> 1.3.2020
- 16 HTTP headers. Verkkoaineisto. Seobility.net. [https://www.seobility.net/en/wiki/HTTP\\_headers\\_](https://www.seobility.net/en/wiki/HTTP_headers_)15.5.2020
- 17 Sivuston suojaaminen HTTPS-protokollan avulla. Verkkoaineisto. Google Search console. <https://support.google.com/webmasters/answer/6073543?hl=fi> 2.3.2020
- 18 5G and IoT. Verkkoaineisto. Ericsson. <https://www.ericsson.com/en/about-us/company-facts/ericsson-worldwide/india/authored-articles/5g-and-iot-ushering-in-a-new-era> 6.3.2020
- 19 Johanna Emilia Mustaniemi. 2009. Käytettävyyden arviointimenetelmät. Kandidaatintyö. Jyväskylän Yliopisto.
- 20 Wapice yritysesittely. Verkkoaineisto. Wapicen kotisivu. [https://www.wapice.com/fi/yhteystiedot/yritys\\_](https://www.wapice.com/fi/yhteystiedot/yritys_)7.3.2020
- 21 IoT-Ticket analytiikka. Verkkoaineisto. IoT-Ticket kotisivu. <https://iot-ticket.com/fi/alusta#analytics> 6.3.2020
- 22 IoT-Ticket alusta. Verkkoaineisto. IoT-Ticket kotisivu. <https://iot-ticket.com/fi/alusta> 1.8.2020
- 23 Dive into internet anonymity. Verkkoaineisto. Medium.com. [https://medium.com/systems-and-network-security/dive-into-internet-anonymity-fd8acbf0144c\\_9](https://medium.com/systems-and-network-security/dive-into-internet-anonymity-fd8acbf0144c_9).3.2020
- 24 Overview benefits. Verkkoaineisto. OPC Foundation kotisivu. <https://opcfoundation.org/certification/overview-benefits/> 10.3.2020