



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Joonas Jokinen

# Vedenmittausjärjestelmän päivitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

10.4.2021

Tekijä Otsikko	Joonas Jokinen Vedenmittausjärjestelmän päivitys
Sivumäärä Aika	17 sivua 10.4.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	kehityspäällikkö Teemu Forsten lehtori Kai Virta
<p>Insinööriyön tavoitteena oli päivittää Fidelix Oy:n vedenmittausjärjestelmää. Järjestelmä sisältää yrityksen sisäistä ja ulkoista dokumentointia, keskusyksikölle ladattavien grafiikkakuvien ja ohjelmakoodien rungot sekä Excel-pohjainen työkalu, joka täydentää rungot kuhunkin urakointikohteeseen sopiviksi. Dokumentointia oli tarkoitus päivittää vastaamaan järjestelmän nykytilaa, ja työkalusta oli tarkoitus tehdä helpommin muokattava ja modulaarisempi. Asiakasyrityksen kannalta tavoitteena oli tehdä järjestelmästä kilpailukykyisempi, yksinkertaistaa projektinhoitajien työskentelyä sekä helpottaa uusien toimintojen lisäämistä tulevaisuudessa.</p> <p>Vedenmittausjärjestelmään tehtyjen muutosten myötä sen dokumentaatio on sisältänyt vanhentunutta tietoa ja on ollut osittain epäselvä. Työkalu on toiminut alkuperäisessä käyttötarkoituksessaan, mutta muokkausten tekeminen on ollut hankalaa. Lisäksi työkalun käyttöön on liittynyt toistuvia toimintoja, jotka voidaan automatisoida.</p> <p>Insinööriyön myötä dokumentaation sisältämät vanhentuneet on korvattu uusilla ja se on nyt selkeämpi, kun tietoja on tarkennettu ja jäsennetty helpommin luettavaan muotoon. Työkalu on nyt käyttäjäystävällisempi, koska aiemmin manuaalisesti suoritettuja toimintoja on automatisoitu ja virheiden mahdollisuutta on vähennetty korvaamalla vapaamuotoiset tietojen syöttökentät pudotusvalikoilla. Työkalun ohjelma saatiin uudelleenjäsentelyn ja funktionaalisen ohjelmoinnin avulla helpommin luettavaksi ja muokattavaksi.</p>	
Avainsanat	RAU, vedenmittaus, M-Bus, VBA

Author Title	Joonas Jokinen Update of a Water Metering System
Number of Pages Date	17 pages 10 April 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Teemu Forsten, Development Manager Kai Virta, Senior Lecturer
<p>The goal of this thesis work was to update the water metering system of Fidelix Ltd. The system includes the company's internal and external documentation, the templates for graphics and programs to be uploaded to a substation and an Excel based tool which fills in the templates according to the parameters of each project. From the customer company's point of view, the goal was to make the metering system more competitive, streamline the work of their project managers and make it easier to add new features in the future.</p> <p>The documentation needed to be revised so that it matches the current state of the updated system and the tool needed to be made easier to edit and more modular. Although the tool has worked well for its initial purpose, it has been difficult to make any changes to it. Additionally, the usage of the tool has included repetitive tasks that can be automated.</p> <p>The goal of this thesis work was reached. The outdated information in the documentation has been replaced with up-to-date information. The documentation has also been made clearer by refining and structuring the information in an easier-to-read format. The tool has been made more user friendly by automating tasks that had previously been done manually and less prone to errors by replacing free form input fields with dropdown menus. Through reorganization and functional programming, the program of the tool is now easier to read and edit. The goal was reached.</p>	
Keywords	building automation, water metering, M-Bus, VBA

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vedenmittaukseen liittyvä lainsäädäntö	1
3	Rakennusautomaatio	2
3.1	Historia	2
3.2	Merkitys	3
3.3	Järjestelmän rakenne	4
4	Tiedonsiirtojärjestelmät	5
4.1	OSI-malli	5
4.2	Kenttäväylät	7
4.3	M-Bus	7
5	Toteutus	9
5.1	Järjestelmäkaavion päivitys	9
5.2	Excel-työkalu	10
5.3	Työkalun käyttöön liittyvät muutokset	11
5.4	Työkalun toimintaan liittyvät muutokset	12
6	Yhteenveto	14
	Lähteet	16

## Lyhenteet

Ethernet	Yleisin käytetty lähiverkkoratkaisu, joka perustuu datapaketteihin.
HTML	Hypertext Markup Language. Merkintäkieli, jonka avulla voidaan määritellä tekstitiedoston sisällön rakenne erottelemalla esimerkiksi otsikot, kuvat ja painikkeet omiksi elementeikseen.
M-Bus	Meter-Bus. Väyläprotokolla, jota käytetään mittaustiedon siirtämiseen mittalaitteilta päätelaitteelle.
Modbus	Erittäin laajassa maailmanlaajuudessa käytössä oleva väyläprotokolla, jota käytetään kenttälaitteiden ja keskusyksikön väliseen viestintään.
optio	Laite tai toiminto, jota myyjä tarjoaa ostajalle lisämaksua vastaan sovitun perustilauksen lisäksi.
OSI-malli	Open Systems Interconnection. Kansainväliseen standardiin perustuva viitemalli, joka kuvaa tiedonsiirtojärjestelmiä seitsemässä kerroksessa.
pseudokoodi	Luonnollisella kielellä kirjoitettu ohjelmointikielimäinen teksti, jonka tarkoituksena on hahmotella varsinaisen ohjelman rakennetta helppolukuisesti ilman konekielisen koodin käyttöä
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol. Yhteisnimitys useista Internet-viestinnässä käytetyistä tiedonsiirtoprotokollista.
I/O	Input/Output. Sisään- ja ulostulot. Yleiskäsite tiedonsiirrolle laitteiston ja sen komponenttien välillä, jolla viitataan rakennusautomaatiossa yleensä mittaus- ja ohjausviesteihin.
VBA	Visual Basic for Applications. Microsoftin kehittämä ohjelmointikieli, jota käytetään Microsoft Office -tuoteperheen ohjelmien toimintojen automatisointiin.

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on päivittää Fidelix Oy:n käytössä olevaa vedenmittausjärjestelmää. Järjestelmään kuuluu yrityksen sisäistä ja ulkoista dokumentointia, keskusyksikölle ladattavien grafiikkakuvien ja ohjelmakoodien rungot sekä Excel-pohjainen työkalu, joka täydentää rungot kuhunkin urakointikohteeseen sopiviksi.

Käytössä oleva työkalu on kehitetty toimimaan hyvin tietyssä käyttötarkoituksessa, mutta se mukautuu muuttuviin olosuhteisiin heikosti. Lisäksi järjestelmän dokumentaatio vaatii päivittämistä, koska sen sisältämä tieto on osittain vanhentunut järjestelmän muutosten myötä. Insinööriyön aihe on rajattu järjestelmän dokumentoinnin päivittämiseen sekä grafiikkakuvien generointiin, mikä on osa laajempaa vedenmittausjärjestelmän kehitysprojektia. [1.]

Päivityksen myötä vedenmittausjärjestelmästä tulee kilpailukykyisempi. Samalla työkalun yksinkertaistaminen tehostaa projektinhoitajien työskentelyä, kun työkalun käyttöön kuluva aika lyhenee. Tekemällä työkalusta modulaarisempi helpotetaan myös uusien toimintojen lisäämistä tulevaisuudessa. [1.]

Fidelix Oy on vuonna 2002 perustettu suomalainen automaatioalan yritys, jonka päätöimet ovat rakennusautomaatioprojektien urakointi ja huolto. Lisäksi Fidelix valmistaa keskusyksiköitä, I/O-moduuleja, säätimiä ja monia muita laitteita ja myy niitä Suomen lisäksi 40 jälleenmyyjänsä kautta ympäri maailmaa. Vuonna 2019 Fidelix työllisti 210 henkilöä, ja sen liikevaihto oli 30 miljoonaa euroa. [2, s. 3–4.]

## 2 Vedenmittaukseen liittyvä lainsäädäntö

Vesimittareiden asentaminen asuntoihin perustuu EU:n energiatehokkuusdirektiiviin ja siihen pohjautuviin osiin Suomen lainsäädännöstä, joilla pyritään parantamaan energiatehokkuutta [3, s. 5; 4, s. 1]. Suomen lainsäädännössä huoneistokohtaisten vesimittareiden asentaminen uudisrakennuksiin tuli pakolliseksi vuonna 2011 ja linjasaneerattaviin kohteisiin vuonna 2013 [4, s. 18].

Vaikka huoneistokohtaisia vesimittareita on asennettu jo noin kymmenen vuoden ajan, vedenkulutuksen laskutusperuste on edelleen saanut perustua taloyhtiön päätökseen. Useissa taloyhtiöissä onkin asennetuista vesimittareista huolimatta ollut käytössä kiinteä vesimaksu. [5.]

Eduskunta hyväksyi marraskuussa 2020 lakimuutoksen, joka velvoittaa taloyhtiöitä myös laskuttamaan asukkaidensa vedenkulutuksen asuntokohtaisen todellisen kulutuksen mukaisesti. Lisäksi muutos velvoittaa huoneistokohtaisten vesimittareiden olevan luetta- vissa etänä. Laki koskee uudisrakennuksia sekä rakennuksia, joissa tehdään linjasanee- rauksia muutoksen voimaantulon jälkeen. Muutos astui voimaan 23.11.2020. [6.]

Todellisen kulutuksen mukaan laskuttaminen kannustaa veden säästämiseen, kun jokai- nen voi suoraan nähdä oman vedenkulutuksensa vaikutuksen vesimaksuun. Motivan ja Työtehoseuran julkaisemassa tutkimuksessa on arvioitu, että asuntokohtaiseen veden- kulutuksen perustuva laskutus laskee kulutusta noin 8 %, mikä vastaa kaksihenkisessä kotitaloudessa keskimäärin noin 7 000 litran vuosittaista säästöä [7].

### **3 Rakennusautomaatio**

#### **3.1 Historia**

Säätötekniikka perustui vielä 1900-luvun alussa lähes täysin käsisäätöihin, jotka perus- tuivat erilaisista mittareista luettuihin tietoihin. Vain harvoja erittäin yksinkertaisia säätöjä voitiin tehdä automaattisesti. Esimerkiksi nykyaikanakin laajassa käytössä olevaa kak- soismetalleihin perustuvaa patteriventtiiliä käytettiin jo 1900-luvun alussa lämpötilan sää- tämiseen. Rakennusten ilmanvaihtotekniikan koneellistuminen synnytti 1950- ja 1960- luvulla kasvavan tarpeen automaattiselle säädölle, minkä myötä vuonna 1962 tuotiin markkinoille ensimmäinen digitaalinen transistoritekniikkaan perustuva säädin. [8, s.13.]

Vaikka rakennuksia jo automatisoitiin, järjestelmien toiminnasta ei vielä saatu tarpeeksi tietoa energiaa säästäviä toimenpiteitä varten. Rakennusten seurannan parantamiseksi kehitettiin erillinen talovalvontajärjestelmä, jonka valvomoon voitiin jo 1970-luvun lopulla liittää keskitetysti useita rakennuksia. [8, s.14.]

Vaikka 1980-luvun rakennusautomaatiojärjestelmät olivat perusrakenteeltaan lähes samanlaisia kuin nykyjärjestelmät, niihin liitetyt laitteet oli suunniteltu toimiviksi vain osana kunkin valmistajan omaa järjestelmää. Eri laitevalmistajien järjestelmien välinen yhteensopivuus alkoi parantua 1990-luvulla, kun yhtenäisiä kommunikaatioprotokollia kehitettiin: nykyisellään käytännössä kaikkien valmistajien laitteet tukevat yhtä tai useampaa standardisoitua protokollaa. Internetin yleistyttyä useita talovalvontajärjestelmiä voidaan nyt myös liittää etäyhteydellä toisiinsa niiden sijainnista riippumatta, jolloin useita rakennuksia hallinnoivat tahot, kuten kunnat, voivat keskittää kaikkien rakennustensa valvonnan ja ohjaamisen yhteen järjestelmään. [8, s.15-16.]

### 3.2 Merkitys

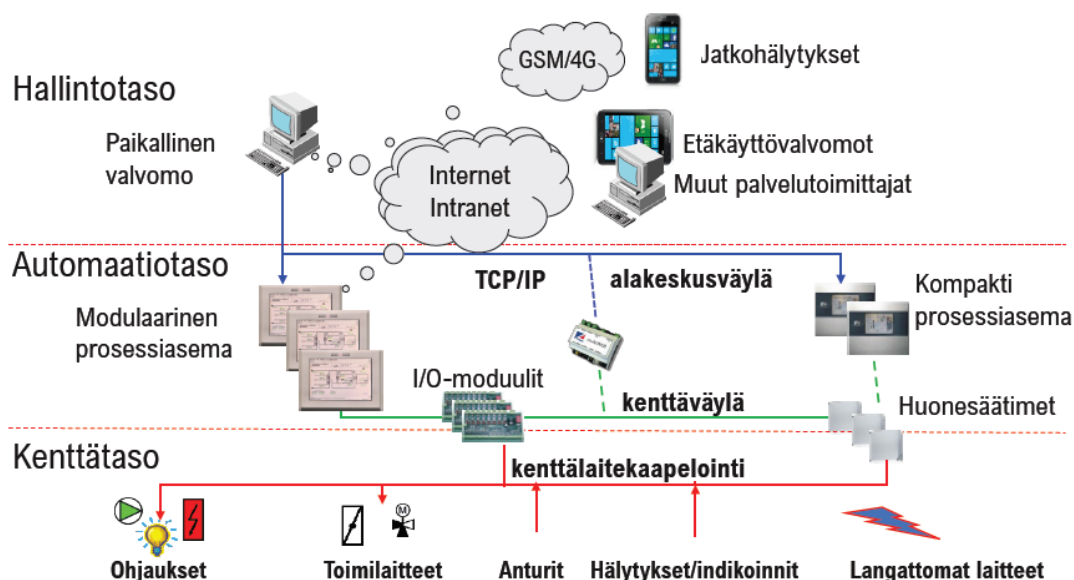
Rakennusten energiankulutuksen vähentäminen on ympäristön kannalta erittäin tärkeää. Rakennukset käyttävät lähes 40 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta ja yli 30 % Suomen kasvihuonepäästöistä johtuu rakentamisesta, rakennusten lämmityksestä sekä sähkön käytöstä. Tärkein tekijä rakennusten energiakulutuksen vähentämisessä on lämpöhäviöiden vähentäminen. Toiseksi tärkein tekijä on lämmityksen, jäähdytyksen, ilmanvaihdon, käyttöveden lämmityksen ja valaistuksen energiatehokkuus, jota voidaan parantaa erilaisten rakennusautomaation ratkaisujen avulla. [9, s. 5-7.]

Energiatehokkuuden parantamisen lisäksi rakennusautomaatiolla on merkittävä vaikutus rakennusten terveyshaittojen vähentämisessä ja käyttömukavuuden parantamisessa. Sen avulla voidaan saavuttaa olosuhteet, joissa sisäilman lämpötila, kosteus ja puhtaus sekä käyttöveden lämpötila ja valaistus ovat rakennuksen käyttäjälle mahdollisimman terveelliset ja miellyttävät. [9, s. 7.]



### 3.3 Järjestelmän rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmä jaetaan yleisesti hallinto-, automaatio- ja kenttätasoon kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Perinteinen rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne [8, s. 60].

Hallintotasoon kuuluvat valvomot, jotka toimivat kiinteistön graafisina käyttöliittymänä talotekniikan prosesseihin. Valvomon kautta voi seurata yhden tai useamman rakennuksen tilaa tai tehdä muutoksia asetusarvoihin ja aikaohjelmiin. Prosesseja ohjaavat alakeskukset on liitetty valvomoon yleensä TCP/IP-verkon välityksellä. Valvomoa käytetään kiinteistön sisällä olevalta päätelaitteelta tai etäyhteydellä pilvipalvelun kautta. Etävalvomon hyötynä on mahdollisuus prosessien valvontaan käyttäjän sijainnista riippumatta, mutta se tuo mukanaan tietoturvariskejä, joiden kanssa on oltava tarkkana. [8, s. 59-60.]

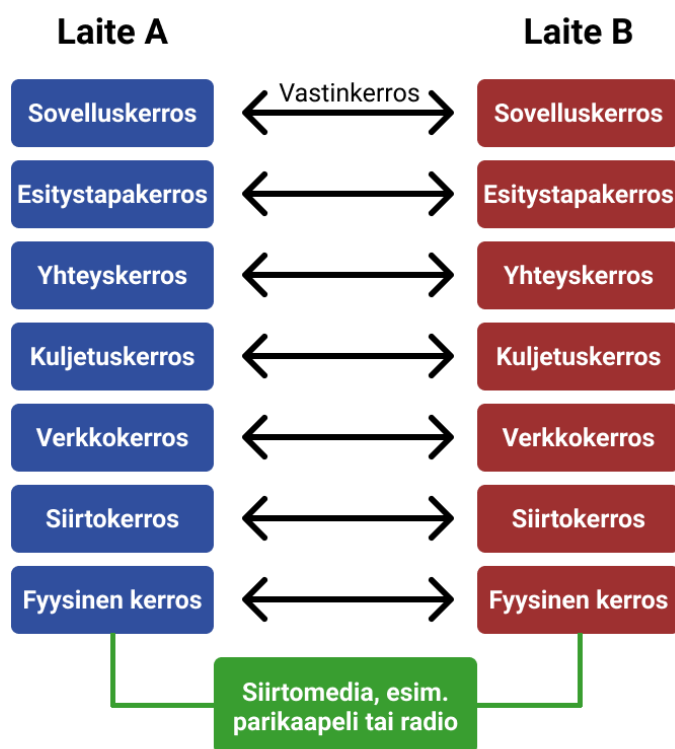
Automaatiotaso kattaa järjestelmässä käytetyt alakeskukset, mahdolliset lisämoduulit sekä ohjelmistot, joiden avulla ne toimivat. Alakeskukset käyttävät kenttätason mitaustietoja ja ohjaavat laitteita pyrkien ylläpitämään suunniteltua sisäilmastoa sekä muita järjestelmään liitettyjä prosesseja. Automaatiotason laitteiden välinen kommunikointi tapahtuu yleensä paikallisen Ethernet-verkon välityksellä. [8, s. 60-61.]

Kenttätasoon kuuluvat kaikki järjestelmään kuuluvat anturit, jotka mittaavat prosesseihin liittyviä suureita sekä toimilaitteet, joiden avulla alakeskukset pyrkivät pitämään mitatut suureet suunnitellulla tai käyttäjän määrittämällä tasolla. Kenttätason kommunikointi tapahtuu yleensä jonkin kenttäväylän kautta. [8, s. 61.]

## 4 Tiedonsiirtojärjestelmät

### 4.1 OSI-malli

OSI-malli (Open Systems Interconnection Reference Model) on kansainväliseen standardiin perustuva viitemalli, joka kuvaa tiedonsiirtoprotokollia seitsemässä kerroksessa kuvan 2 mukaisesti. Eri kerrosten laitteet tarjoavat toimintojaan yhtä ylemmän kerroksen laitteille ja käyttävät yhtä alemman kerroksen toimintoja.



Kuva 2. Kaavio OSI-mallin kerroksista

Malli on tarkoitettu käytettäväksi apuna tiedonsiirtojärjestelmien suunnittelussa ja useimpiin tietojenkäsittelyjärjestelmiin sisältyy suurin osa sen kerroksista. Koko mallia vastaava käytännön toteutusta ei kuitenkaan ole kehitetty. Esimerkiksi rakennusautomaation kenttäväylien yhteydessä tarvitaan käytännössä vain fyysinen kerros sekä siirtoyhteys- ja sovelluskerrokset. [10, s. 64.]

*Sovelluskerros* kattaa tietoliikennejärjestelmän käyttöpalvelut eli ne osat, joiden avulla käyttäjä kommunikoi järjestelmän kanssa. Esimerkiksi sähköpostia lähettäessä lähetettävä viesti ja vastaanottajien osoitteet sijaitsevat sovelluskerroksella.

*Esitystapakerroksessa* tieto muutetaan sellaiseen muotoon, että vastaanottava laite pystyy ymmärtämään sen. Tietoa voidaan myös pakata tiiviimpään muotoon, jolloin sen lähettäminen on nopeampaa tai muuttaa salattuun muotoon, jolloin vain vastaanottava laite pystyy ymmärtämään sisällön.

*Yhteyskerros* luo laitteiden välisen yhteyden ja valvoo sen toimintaa. Esimerkiksi virhetilanteissa kerros voi uudelleenkäynnistää palvelunsa ja näin palauttaa yhteyden laitteiden välille.

*Kuljetuskerros* vastaa tiedon siirtämisen onnistumisesta laitteiden välillä segmentoinnin ja vuonohjauksen avulla. Segmentoinnilla tarkoitetaan pitkän viestin jakamista pienempiin osiin. Vuon ohjauksen avulla varmistetaan, että vastaanottava laite on vastaanottanut lähetetyt segmentit.

*Verkkokerros* määrittää datapaketeille verkko-osoitteet ja reitit, joita pitkin ne kuljetetaan vastaanottavalle laitteelle. Samassa verkossa voi olla useita laitteita ja paketit voidaan reitittää usean välitinlaitteen kautta, jolloin kerros päättää, mistä portista kussakin laitteessa paketti lähetetään eteenpäin.

*Siirtoyhteyskerroksella* viestejä siirretään suoraan toisiinsa kytkettyjen laitteiden välillä. Se siirtää datapaketeista muodostettuja kehyksiä kahden laitteen välillä ja valvoo, että siirto tapahtuu onnistuneesti ja ilman virheitä.

*Fyysisellä kerroksella* lähetävä laite muuttaa bittimuotoisen tiedon sähkösignaaleiksi, joka lähetetään vastaanottavalle laitteelle. Vastaanottava laite muuttaa sähkösignaalit

takaisin bittimuotoon. Kerroksella määritetään käytettävät jännitetasot ja tiedonsiirtonopeus. [10, s. 62-64.]

## 4.2 Kenttäväylät

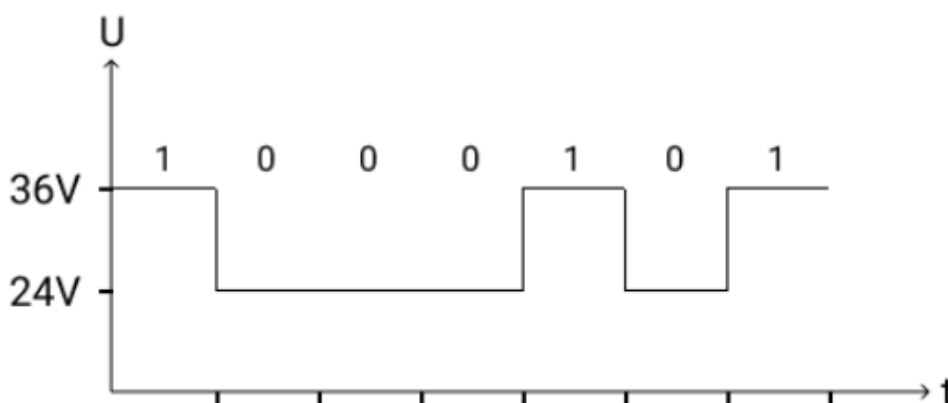
Vielä 1970-luvulla oli tavallista käyttää täysin johdotettua järjestelmää, jossa kaikki kenttälaitteet kytketään alakeskukseen erikseen. Kenttälaitteiden määrän kasvaessa tällainen asennustapa saattoi vaatia jopa 100-parisen runkokaapelin, jota pitkin laitteet viestivät alakeskuksen kanssa. Tilanne alkoi kuitenkin muuttua 1980-luvulla, kun digitaaliset järjestelmät yleistyivät. [8, s. 14.] Nykyaikaisessa rakennusautomaatiojärjestelmässä kenttälaitteiden ja alakeskuksen väliseen viestintään käytetään lähes poikkeuksetta kenttäväyliä, jota pitkin kaikki tiedot siirretään kommunikointiprotokollan mukaisesti. Lisäksi kenttälaitteet ovat nykyisin älykkäitä ja saattavat esimerkiksi kommunikoida suoraan keskenään tai laukaista hälytyksiä poikkeamatilanteissa tai laitteen vikaantuessa. [10, s. 12-13.]

Viestintä kenttäväylässä perustuu laitteiden lähettämiin datapaketteihin. Laite lähettää ensin aloitus- eli start-bitin, jonka perusteella vastaanottava osaa alkaa kuuntelemaan varsinaista viestiä. Tämän jälkeen lähetetään databitit eli itse viesti, jonka muoto määrittyy käytetyn protokollan mukaan. Databittien jälkeen lähetetään pariteettibitti, jonka avulla varmistetaan, ettei viestissä ole esimerkiksi ulkoisen häiriön aiheuttamaa virhettä. Viesti päättyy lopetus- eli stop-bittiin, joka kertoo vastaanottavalle laitteelle, että viestin kuuntelemisen voi lopettaa. [10, s. 99-103.]

## 4.3 M-Bus

Insinööriyön kohteena olevassa vedenmittausjärjestelmässä käytetään pääasiassa M-Bus-väylään liitettäviä vesimittareita. M-Bus on alun perin vuonna 1997 julkaistuun eurooppalaisen EN-1434-3-standardiin pohjautuva standardi, jonka viimeisin versio julkaistiin vuonna 2018. Se kuvaa kenttäväyläprotokollaa, joka on suunniteltu erityisesti erilaisten mittaustietojen siirtämiseen mittalaitteilta päätelaitteelle. M-Bus kattaa OSI-mallin fyysisen, siirtoyhteys- ja sovelluskerrokset. Tyypillisiä M-Bus väylän avulla luettavia mittauksia ovat esimerkiksi vesi- ja energiamittaukset. [11, s. 4-5.]

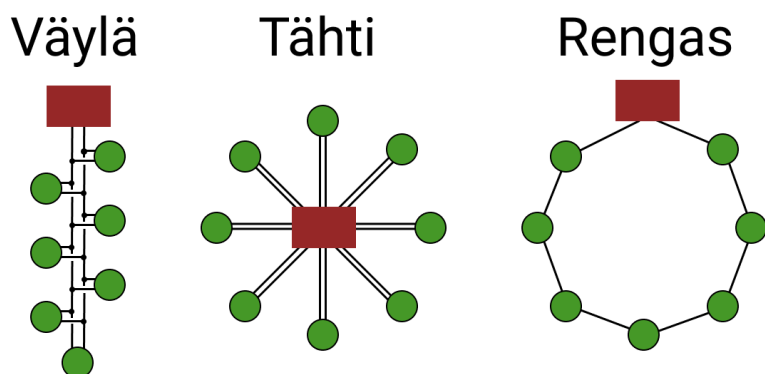
Väylä saa vähintään 24 V käyttöjännitteen päätelaitteesta, ja kommunikointi tapahtuu vähintään 12 V:n suuruisilla jännitetason muutoksilla kuvan 3 mukaisesti. Suuri jännitetason muutos parantaa väylän häiriönsietokykyä. Jännitemuutoksien avulla kommunikointi absoluuttisen jännitteen sijaan mahdollistaa suuremmat väyläkaapelin pituudesta johtuvat jännitehäviöt. [11, s. 5.]



Kuva 3. M-Bus-standardin mukaiset jännitetasot

Väyläkaapelina käytetään kahta toistensa ympäri kiedottua johdinta, jolle standardi ei määrittele tarkkoja vaatimuksia. Väyläkaapelin suositeltu maksimipituus on kuitenkin neljä kilometriä, koska väylän pituuden kasvattaminen heikentää tiedonsiirtonopeutta. Standardin mukaan väylässä voidaan käyttää useita eri tiedonsiirtonopeuksia, mutta useimmissa sovelluksissa väylään voidaan liittää eniten laitteita, kun käytetään 2 400 baudin nopeutta, joka on vakiintunut myös valtaosaan laitevalmistajien laitteista. [11, s. 25-26.]

Verkossa voidaan käyttää melko mielivaltaisesti väylä- tai tähtitopologiaa sekä niiden yhdistelmiä. Rengastopologiaa on kuitenkin syytä välttää, koska siinä laitteet ovat kuvan 4 mukaisesti sarjaan kytkettyjä, jolloin yhden laitteen vika voi estää koko verkon toiminnan. Väylä toimii isäntä-orja-periaatteella eli tietoa siirretään vain mittalaitteiden ja keurolaitteen välillä, eivätkä mittalaitteet kommunikoi keskenään. [10, s. 146–147.]



Kuva 4. Mallikaaviot yleisimmistä väylätopologioista. Punainen suorakulmio kuvaa päätelaitetta ja vihreät ympyrät kuvaavat kenttälaitteita.

## 5 Toteutus

### 5.1 Järjestelmäkaavion päivitys

Fidelixin käytössä ollut vedenmittausjärjestelmän järjestelmäkaavio oli päivitetty viimeksi vuonna 2016, minkä jälkeen järjestelmään oli tehty muutoksia. Järjestelmäkaavioon päivitettiin aiemman FX2000-sarjan ala-aseman keskusyksikön tilalle uudempi FX3000-sarjan keskusyksikkö. Samalla alakeskuksesta poistettiin Ethernet-kytkin, koska uusi keskusyksikkö voidaan liittää suoraan kenttälaitteiden keruuyksiköihin.

Kaaviosta poistettiin myös Modbus-väylää käyttävät huonenäytöt ja ne korvattiin M-Bus-laitteilla. M-Bus-väylän käyttö mahdollistaa Modbus-väylään verrattuna vapaamman verkkotopologian käytön kaapeloinnissa [10, s. 146].

Urakkarajat määriteltiin tarkemmin ja niiden esitysmuoto muutettiin selkeyden vuoksi taulukkomuotoon kuvan 5 mukaisesti.

URAKKARAJAT				
PUTKIURAKOITSIJA ASENTAA VESIMITTARIT TARVIKKEINEEN. SÄHKÖURAKOITSIJA HANKKII JA ASENTAA KAAPELIT JA KYTKEE MITTARIT. JÄRJESTELMÄNTOIMITTAJA TOIMITTAA VESIMITTARIT JA KÄYTTÖÖNOTTAA JÄRJESTELMÄN.				
URAKKARAJAT				
	Hankinta	Asennus	Kytkeä	Käyttöönotto
Vesimittari ja liittimet	LT	PU	SU	LT
Huoneiston kytkentärasia	SU	SU	SU	
Huoneistoanturit	LT	SU	SU	LT
Väyläkaapelointi	SU	SU		
Huoneistoantureiden kaapelointi	SU	SU		
230V syöttökaapelointi	SU	SU		
Kiinteistön ethernet-verkon aktiivilaitteet	Tilaaaja	Tilaaaja	Tilaaaja	Tilaaaja

Kuva 5. Urakkarajat ennen järjestelmäkaavion päivitystä ja sen jälkeen.

Toimintaselostuksesta poistettiin maininta raportoinnista Excel-tilaukseen ja sen tilalle lisättiin optio kerätä kustustiedot pilvipalveluun. Kaavioon lisättiin myös maininta optiona myytävästä huoneanturista ja -näytöstä. Hälytystoiminnot määriteltiin aiempaa tarkemmin ja niihin lisättiin huoneistoanturin rajahälytykset.

## 5.2 Excel-työkalu

Fidelixin vedenmittausjärjestelmän toteutukset ovat ohjelmallisilta osin eri projektien välillä usein hyvin samankaltaisia, joten yritys on kehittänyt työkalun, joka vähentää toistuviin työtehtäviin kuluva aikaa. Työkalu on toteutettu Microsoft Excel-tilaukkelaskenta-ohjelmalla ja siinä hyödynnetään tavanomaisten toimintojen lisäksi VBA-ohjelmointikielillä ohjelmoituja makroja, joiden avulla voidaan automatisoida mitä tahansa Microsoft Office -tuoteperheen ohjelmien toimintoja, jotka normaalisti tehtäisiin käsin [12]. Työkaluun voidaan syöttää kohteeseen suunniteltujen vesimittareiden tiedot, minkä perusteella se generoi tarvittavat alakeskusuksikkoon ladattavat grafiikkakuvat sekä ohjelmakoodit.

Työkalu on toiminut alkuperäisessä käyttötarkoituksessaan hyvin, mutta sen muokkaaminen vedenmittausjärjestelmän kehittyessä on ollut hankalaa. Esimerkiksi uudenlaisen vesimittarin käyttöönotto on vaatinut suuria muutoksia työkalun sisältämään koodiin. Tämän ongelman korjaamiseksi työkalusta on tehtävä modulaarisempi poistamalla koodattuja ohjelman osia ja käyttämällä dynaamisempaa ohjelmarakennetta.

### 5.3 Työkalun käyttöön liittyvät muutokset

Työkalun käyttö aloitetaan täyttämällä kohteen tiedot niille varattuihin kenttiin. Tämän jälkeen syötetään kohteeseen asennettavaksi suunniteltujen mittareiden tiedot kuvassa 6 näkyvään taulukkoon. Kaikki taulukon tiedot syötettiin aiemmin käsin kirjoittamalla, jolloin pienikin virhe tietojen sanamuodossa esti ohjelmaa toimimasta suunnitellulla tavalla, kun tietoja myöhemmin luettiin taulukosta ohjelmallisesti. Tämän vuoksi osaan taulukon soluista tehtiin pudotusvalikot, joista syötettävä tieto valitaan käsin kirjoittamisen sijasta.

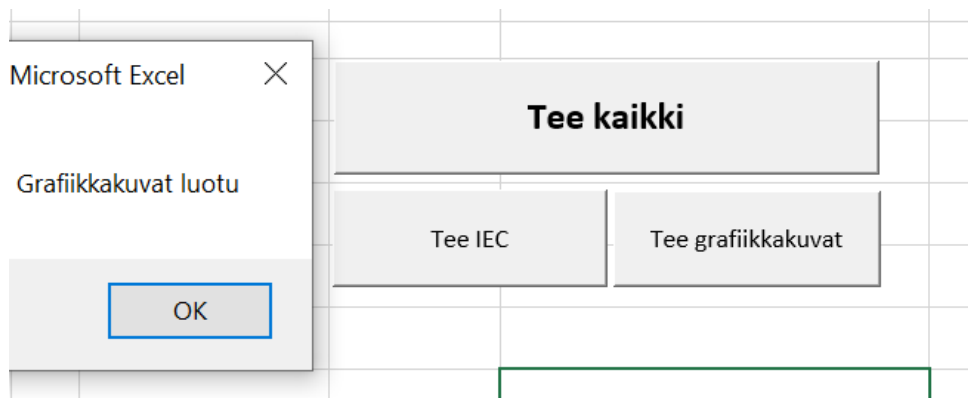
Vesimittareiden tiedot:				
Nro	Asunto	Mittauksen tyyppi	Laite	Sarjanumero
1	A1	Lämminvesi	ltron	16954752
2	A1	Kylmävesi	ltron	16954753
3	A1	Lämpötila / Kosteus	CMA 11 (lämpötila, kosteus)	16954754
4	A2	Lämminvesi	ltron	16954755
5	A2	Kylmävesi	ltron	16954756
6	A3	Lämpötila	ltron	16954757
7	A3	Lämpötila / Kosteus - Näytöllä	ltron	16954758
8	A4	Sähkölmittaus	ltron	
		Energiamittaus		

Kuva 6. Työkalun sisältämä taulukko, johon kohteen mittaritiedot syötetään pudotusvalikkojen avulla.

Syötetyt mittaritiedot siirtyvät automaattisesti toiselle välilehdelle, josta saadaan tulostettua toimitustosite, jonka putkiurakoitsija allekirjoittaa vastaanottaessaan vesimittarit Fidelixiltä. Tositteen avulla voidaan tarvittaessa myöhemmin todentaa, että kohteeseen on toimitettu oikea määrä oikeanlaisia mittareita. Mittarien määrän muuttuessa kohteiden välillä tosite saattaa olla yhden tai useamman sivun pituinen, ja tulostusalueen koko piti aiemmin muuttaa manuaalisesti aina ennen tulostusta. Nyt tulostusalue muutettiin automaattisesti mittareiden määrään mukautuvaksi.



Grafiikkakuvien ja ohjelmakoodin generointia varten syötetään haluttu kohde- ja järjestelmätunnus niille varattuihin kenttiin pistetunnusta varten, minkä jälkeen napautetaan kuvassa 7 näkyviä painiketta, jotka käynnistävät grafiikkakuvan tai ohjelmakoodin generoivan makron.



Kuva 7. Painikkeet, joilla työkalun käyttäjä voi käynnistää grafiikkakuvien tai ohjelmakoodin generoivan makron sekä ponnahdusikkuna, joka kertoo onnistuneesta grafiikkakuvan generoinnista.

Generoidut grafiikkakuvat tallentuvat www-kansioon ja ohjelmakoodit IEC-kansioon Fidelixin alakeskusyksikön kansiorakenteen mukaisesti, jolloin ne on helppo kopioida suoraan alakeskusyksikköön.

#### 5.4 Työkalun toimintaan liittyvät muutokset

Grafiikkakuvia ja ohjelmakoodeja generoivat ohjelmat oli kirjoitettu niin, että jokainen generointiin liittyvä vaihe oli kirjoitettu toinen toisensa jälkeen kokonaisuudessaan pääohjelmaan. Vaikka kyseisellä ohjelmointitavalla pystyykin kirjoittamaan toimivia ohjelmia, se tekee ohjelmista nopeasti vaikealukuisia ja vaikeasti muokattavia. Useimmissa tapauksissa on järkevämpää kirjoittaa funktionaalista koodia, jossa pääohjelma pidetään mahdollisimman yksinkertaisena ja siinä kutsutaan erilaisia uudelleenkäytettäviä aliohjelmia tai funktioita. [13.]

Vaikealukuisuutensa vuoksi grafiikkakuvia generoiva ohjelma päätettiin kirjoittaa kokonaan uudestaan sen muokkaamisen sijaan. Ohjelman suunnittelu aloitettiin hahmottelemalla ohjelman rakennetta esimerkkikoodin 1 mukaisen pseudokoodin avulla.

Lisätään asuntotunnukset taulukkomuuttujaan

Luodaan jokaiselle mittaustyyppille omat taulukot, joissa on yhtä monta solua kuin asuntotunnustaulukossa

Merkataan kunkin mittarin mittaustyyppi kyseisen mittaustyyppin taulukkoon, samaan indeksiin kuin kyseinen asunto on asuntotunnustaulukossa

Lasketaan generoitavien sivujen määrä, kun yhdelle sivulle mahtuu 40 asuntoa

Toistetaan sivumäärän verran:

Sivun ensimmäisestä asunnosta sivun viimeiseen asuntoon:

Kootaan kyseisen asunnon HTML-koodi

Lisätään asunnon HTML koodi sivun HTML koodiin

Luodaan kyseisen sivun HTML-tiedosto

Esimerkkikoodi 1. Grafiikkakuvia generoivan ohjelman rakenne pseudokoodina.

Lopullinen ohjelmarakenne koostuu pääohjelmasta ja kuudesta uudelleenkäytettävästä funktiosta. Yksi funktioista palauttaa kuvassa 8 punaisella korostetun oikean sarakkeen otsikkorivin, joka lisätään grafiikkakuvan HTML-koodiin, jos kuvassa on yli 20 asunnon mittaustiedot.

Huoneisto	Kylmävesi	Lämminvesi	Lämpötila	Kosteus	Vikakoodi
A41					
A2					
A3					
A4					

Huoneisto	Kylmävesi	Lämminvesi	Lämpötila	Kosteus	Vikakoodi
A21					
A22					
A23					
A24					

Kuva 8. Esimerkki generoidusta grafiikkakuvasta, jossa oikean sarakkeen otsikkorivi on korostettu.

Toinen funktio saa parametrina taulukon ja merkkijonon ja palauttaa merkkijonon indeksin taulukossa. Jos merkkijonoa ei löydy, funktio palauttaa arvon -1. Funktiota käytetään asuntotunnusten lisäämiseen taulukkomuuttujaan. Käyttäjän syöttämät mittaritiedot käydään läpi rivi kerrallaan, ja ne saattavat sisältää useita mittauksia kullekin asunnolle. Funktion avulla voidaan tarkistaa, löytyykö asuntotunnus jo valmiiksi taulukosta, jolloin sitä ei tarvitse lisätä taulukkoon uudestaan.

Loput neljä funktiota palauttavat eri HTML-elementtejä, joissa näytetään alakeskusyksikön lähettämiä asuntojen mittaustietoja sekä mahdollisia asuntokohtaisia vikakoodeja esimerkiksi anturivian sattuessa. Elementtien sijainti kuvassa lasketaan parametrinä saadun asunnon järjestysluvun ja mittaustyyppin perusteella.

Funktioiden avulla uudesta ohjelmasta saatiin huomattavasti modulaarisempi. Jos esimerkiksi halutaan lisätä uusi hälytystoiminto, uuden vikakoodin lisääminen käy helposti kopioimalla yksittäisen rivin funktion koodista ja tekemällä siihen tarvittavat muutokset. Samaan tapaan voidaan lisätä myös uusi mittaustyyppi, jos järjestelmään halutaan myöhemmin liittää esimerkiksi energia- tai sähkömittari.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli päivittää Fidelixin vedenmittausjärjestelmän dokumentaatiota sekä grafiikkakuvien ja ohjelmakoodien generointiin käytettävää työkalua. Dokumentaatiota oli tarkoitus muokata siten, että se vastaa muuttunutta järjestelmää. Työkalusta oli tarkoitus tehdä modulaarisempi ja helpommin muokattava, jotta uusien toimintojen lisääminen tulevaisuudessa helpottuisi.

Insinööriyössä päästiin tavoitteisiin. Dokumentaation päivitys rajattiin järjestelmäkaavion päivitykseen. Kaaviosta poistettiin viittaukset Modbus-väylään ja vanhojen laitteiden mallinimet korvattiin uusilla. Lisäksi kaaviosta tehtiin selkeämpi jäsentämällä tietoja toisella tavalla. Nyt järjestelmäkaavio vastaa vedenmittausjärjestelmän nykytilaa. Tulevaisuudessa dokumentaation päivittämistä on vielä jatkettava muun muassa tekemällä uudet käyttöohjeet järjestelmän käyttäjille.

Excel-työkalusta tehtiin käyttäjäystävällisempi automatisoimalla toimintoja, jotka käyttäjä joutui aiemmin tekemään manuaalisesti, sekä vähentämällä mahdollisuutta syöttää tietoja sellaisessa muodossa, jota ohjelma ei ymmärrä. Ohjelman päivitys rajattiin grafiikkakuvia generoivaan ohjelman päivittämiseen. Ohjelmasta tehtiin uudelleenjäsentelyn ja funktionaalisen ohjelmoinnin avulla helpommin luettava ja muokattava. Ohjelmaan on nyt helppo lisätä esimerkiksi uusia mittaustyyppisiä ja hälytyskoodeja. Tulevaisuudessa ohjelman päivitystä on vielä jatkettava tekemällä vastaavia muutoksia ohjelmakoodeja generoiviin osiin.

Tulevaisuudessa on syytä harkita Excel-työkalun korvaamista toisella teknologialla. Työkalun käyttämä VBA-ohjelmointikielen kirjoittaminen on kömpelöä. Sen syntaksi eroaa huomattavasti muista ohjelmointikielistä, mikä tekee sen oppimisesta kokeneellekin ohjelmoijalle hankalampaa moniin muihin kieliin verrattuna. Lisäksi VBA:n koodieditori huomauttaa virheistä ponnahdusikkunalla, joka estää koodin kirjoittamisen jatkamisen ja tekee sitä jatkuvasti, mikä aiheuttaa päänvaivaa esimerkiksi kopioidessa koodirivejä ohjelman sisällä. Useimmissa muissa ohjelmointikielissä virheenkorjaus tehdään painamalla erillistä painiketta tai syöttämällä komento komentoriville. Ohjelmistokehittäjien keskuudessa tunnetun Stack Overflow -sivuston vuonna 2020 järjestämässä kyselyssä 65 000 sovelluskehittäjää äänestivätkin VBA:n kaikkein kamalimmaksi kieleksi [14].

Korvaava vaihtoehto voisi olla nimenomaan kyseiseen käyttötarkoitukseen tehty työpöytäsovellus, joka on kirjoitettu sellaisella ohjelmointikielellä, joka on aktiivisessa käytössä Fidelixin muiden ohjelmistojen kehityksessä. Näin sovelluksen kehittäminen olisi huomattavasti joustavampaa. On kuitenkin huomioitava, että kyseinen ratkaisu siirtäisi työkalun kehittämisen käytännössä Fidelixin sovelluskehittäjien työtaakaksi. Nykyisellään työkalua voi muokata kuka tahansa Exceliä hyvin tunteva.

## Lähteet

- 1 Forsten, Teemu. Kehityspäällikkö. 2020. Microsoft Teams -keskustelu 17.12.2020. Fidelix Oy.
- 2 Lassila, Salme. Markkinointi- ja viestintäjohtaja. 2020. Fidelixin vuoden 2019 yritysesityksen diat. Fidelix Oy.
- 3 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiatehokkuudesta, direktiivien 2009/125/EY ja 2010/30/EU muuttamisesta sekä direktiivien 2004/8/EY ja 2006/32/EU kumoamisesta. 2012/27/EU.
- 4 Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi energiatehokkuuslain ja eräiden muiden lakien muuttamisesta. HE 104/2020.
- 5 Solla, Katja. 2014. Tuhannet asuntokohtaiset vesimittarit raksuttavat tyhjää. Verkkoaineisto. <<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2014/01/29/vesimittarien-kulut-syovat-rahalliset-hyodyt>>. Luettu 15.12.2020.
- 6 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista annetun ympäristöministeriön asetuksen 2 ja 10 §:n muuttamisesta. 814/2020.
- 7 Kettunen, Teemu. 2020. Vedenkulutus. Verkkoaineisto. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/hyva\\_arki\\_kotona/vedenkulutus](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/vedenkulutus)>. Luettu 14.12.2020.
- 8 Liedes ym. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät. ST-käsikirja 17. Espoo: Sähköinfo.
- 9 Liedes, Riikka. 2020. Automaation vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen. ST-ohjeisto 20. Espoo: Sähköinfo.
- 10 Piikkilä & Sahlstén. 2017. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. ST-käsikirja 20. Espoo: Sähköinfo.
- 11 SFS-EN 13757-2. Mittareiden viestintäjärjestelmät. Osa 2: Langallinen M-Bus-kommunikaatio. 2018. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 12 Getting started with VBA in Office. 2019. Verkkoaineisto. Microsoft. <<https://docs.microsoft.com/en-us/office/vba/library-reference/concepts/getting-started-with-vba-in-office>> Luettu 19.3.2021.
- 13 Functional programming vs. imperative programming (LINQ to XML). 2015. Verkkoaineisto. Microsoft. <<https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/standard/linq/functional-vs-imperative-programming>> Luettu 22.3.2021.

- 14 Developer Survey. 2020. Verkkoaineisto. Stack Overflow. <<https://insights.stackoverflow.com/survey/2020>> Luettu 5.4.2021.