

Modernin rakennusautomaatio- järjestelmän ohjelmiston testaus- ja simulointilaitteisto

Jere Lehtonen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2019

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Automaatiotekniikka

Tekijä(t) Lehtonen, Jere	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2019
	Sivumäärä 64	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Modernin rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelmiston testaus- ja simulointilaitteisto		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Teppo Flyktman		
Toimeksiantaja(t) Siemens Osakeyhtiö		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Testaus- ja simulointilaitteiston suunnittelu ja rakentaminen tuli ajankohtaiseksi uusien työntekijöiden lisääntyessä. Samalla ohjelmakirjastojen päivittyessä laitteistolla pystyttiin mahdollistamaan päivitettyjen ohjelmakirjastojen testaus.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa Siemensille laitteisto, jolla voidaan nopeuttaa uusien työntekijöiden oppimista ja parantaa kokeneiden työntekijöiden ohjelmoinnin laadunvarmennusta.</p> <p>Ensiksi kartoitettiin testauslaitteiston tulevien käyttäjien tarpeita ja heidän mielteitään testauslaitteiston hyödyistä. Kartoituksen pohjalta luotiin suunnitelma ja valittiin kaikki komponentit, jotta mahdollisimman moni kartoituksessa tullut tarve voitiin täyttää. Testauslaitteiston rakentamisen toteutti alihankkija.</p> <p>Työssä on kuvattu kevyesti mitä rakennusautomaatio on, mitä eri tasoja siihen kuuluu, ja mitä näissä tasoissa tehdään. Tasojen toiminta ja toimeksiantajan tarjoamat mahdollisuudet tasoille on myös avattu tekstissä. Suurin osa työssä käytetystä materiaalista löytyi kirjallisuudesta, mutta osa tiedoista saatiin keskustelemalla työntekijöiden kanssa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena oli valmis laitteisto. Laitteisto kattoi kaiken olennaisen mitä tarvitaan yksinkertaisen ilmastointikoneen tai muun osakokonaisuuden testaamiseen.</p> <p>Suunnitteluvaiheessa karsitut tarpeet ja ideat voidaan toteuttaa jatkokehityksessä. Testaus- ja simulointilaitteisto toteutettiin niin, että laitteistoa pystytään tarpeiden mukaan laajentamaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Rakennusautomaatio, kenttäväylä, ilmanvaihtojärjestelmä, Xworks, valvomojärjestelmä		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Lehtonen, Jere	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 64	Permission for web publication: x
Title of publication Modern building automation system software testing and simulation hardware		
Degree programme Electrical and Automation Engineering		
Supervisor(s) Flyktman Teppo		
Assigned by Siemens Osakeyhtiö		
Abstract <p>The design and construction of testing and simulation hardware became current as the number of new employees increased. As the program libraries were updated, it was possible to test them with the hardware.</p> <p>The aim of the thesis was to design and build a hardware for Siemens that can accelerate the learning process of new employees and improve the quality of programming for experienced employees.</p> <p>First, the needs of the future users of the hardware were gathered, as well as their thoughts on the benefits of the hardware. The plan was created based on the survey and all the components were selected to meet as many of the needs as possible. The construction of the hardware was carried out by a subcontractor.</p> <p>In this thesis, it has lightly been described about what building automation is, what different levels it has and what is done in these levels. The functioning of the levels and the opportunities offered by the client for these levels are being described in the text as well. Most of the material used in this thesis was found in literature, but some of the information was obtained by interviewing the employees.</p> <p>The hardware was built and completed as a result of this thesis. The hardware covered all the essential needs to test a simple ventilation system or other sub-assembly.</p> <p>The needs and ideas cut off at the design stage could be implemented in further development. The testing and simulation equipment were implemented so that the equipment can be expanded according to the needs.</p>		
Keywords/tags (subjects) Building automation, fieldbus, ventilation system, Xworks, building management systems		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Opinnäytetyön lähtökohdat	4
2	Rakennusautomaatiojärjestelmä	5
2.1	Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne	6
2.2	Ilmanvaihtojärjestelmät osana rakennusautomaatiojärjestelmää	9
2.2.1	Pyörivä LTO-lämmönsiirrin	9
2.2.2	Kuutiomallinen lämmönsiirrin	10
2.2.3	Nestekiertoinen lämmönsiirrin	11
2.2.4	Lämmityspatteri.....	11
2.2.5	Jäähdytyspatteri	12
3	Siemens Desigo Xworks-ohjelmointisovellus	12
3.1	XWorksien käytön vaiheet	13
3.2	Ohjelmointi XWorksillä.....	14
4	Kiinteistön valvomojärjestelmä	14
4.1	Aikaohjelma	15
4.2	Graafinen käyttöliittymä	16
4.3	Eri kaavioita ja niissä tehtävät toimenpiteet.....	17
4.4	Desigo Insight Siemens-valvomo.....	19
4.5	Siemens Desigo CC-valvomo	20
5	Kenttäväyläratkaisuja	22
5.1	Väylien fyysinen rakenne eli topologia	23
5.1.1	Väylätologia	24
5.1.2	Rengstopologia	24
5.1.3	Tähtitologia.....	25
5.1.4	Puutologia	26
5.2	LonWorks.....	27
5.3	BACnet	29
5.4	Modbus.....	29
5.5	M-bus.....	31
5.6	KNX	32

	2
6 Siemens alakeskus moduulit ja prosessorit	33
7 Laitteiston rakennusprojektin kulku.....	37
7.1 Käyttäjien tarpeiden kartoitus	38
7.2 Laitteiston suunnitteluvaihe.....	40
7.3 Toteutusvaihe.....	42
7.4 Laitteiston testaus ja toiminnan varmistus	45
8 Pohdinta.....	49
Lähteet	52
Liitteet.....	54
Liite 1. Suunnitelma testauslaitteiston	54
Liite 2. Tarkastuspöytäkirja	56
Liite 3. CE-merkinnän sertifikaatti.....	57
Liite 4. Kytkenä kaaviot.....	58

Kuviot

Kuvio 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne	6
Kuvio 2. Keskitetty automaatiojärjestelmä	7
Kuvio 3. Hajautettu automaatiojärjestelmä	8
Kuvio 4. IV-kone pyörivällä LTO:lla	10
Kuvio 5. IV-kone kuutio LTO:lla.....	10
Kuvio 6. IV-kone neste LTO:lla	11
Kuvio 7. Pääsovellukset ja niiden kuvakkeet Project Managerissa	13
Kuvio 8. Aikaohjelma Siemens Desigo CC valvomossa	15
Kuvio 9. Periaatekuva kaaviohierarkiasta.....	17
Kuvio 10. Ohjelmiston perusrakenne ja tietokannan rakenne.....	19
Kuvio 11. Desigo Insight graafinen näkymä.....	20
Kuvio 12. Desigo CC liitettävät järjestelmät ja käyttöliittymät.....	21
Kuvio 13. Desigo CC graafinen näkymä	22
Kuvio 14. Väylätologia mallinnus.....	24

Kuvio 15. Rengastopologia mallinnus.....	25
Kuvio 16. Tähtitopologia mallinnus	26
Kuvio 17. Puutopologia mallinnus	27
Kuvio 18. Solmujen ja väylän kytkentä	28
Kuvio 19. M-bus-järjestelmärakenne	31
Kuvio 20. KNX aluejako	33
Kuvio 21. Siemens rakennusautomaatioprosessori PXC200-E.D	34
Kuvio 22. Digitaalitulomoduuli TXM1.16D	35
Kuvio 23. Universaalimoduuli TXM1.8U	35
Kuvio 24. Ohjausmoduuli TXM1.6R	36
Kuvio 25. TXI2.Open.....	37
Kuvio 26. Kotelon kansi ensimmäisen rakennuspäivän jälkeen	43
Kuvio 27. Sommittelu ensimmäisenä rakennuspäivänä.....	43
Kuvio 28. Valmiiksi kytketty testauslaitteisto.....	44
Kuvio 29. Kansikuva testauslaitteistosta	45
Kuvio 30. Ohjelma analogitulosten ja -lähtöjen testaukseen.....	46
Kuvio 31. Ohjelma digitaalitulosten ja -lähtöjen testaukseen	46
Kuvio 32. Testatun ilmanvaihtokoneenohjelman ensimmäinen sivu	47
Kuvio 33. Testatun ilmanvaihtokoneenohjelman toinen sivu.....	48
Kuvio 34. Testatun ilmanvaihtokoneenohjelman kolmas sivu.....	48
Kuvio 35. Testatun ilmanvaihtokoneenohjelman neljäs sivu	48
Kuvio 36. Testatun ilmanvaihtokoneenohjelman viides sivu	49

1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Taustat

Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelmia on tärkeä testata ennen niiden käyttöönottoa tai kohteessa tapahtuvaa testausta, sillä testaamisella ennen näitä saadaan ennaltaehkäistyä virheiden ilmeneminen. Siemens Osakeyhtiön oli tarvetta testauslaitteistolle kahdesta pää syystä. Siemens Osakeyhtiöllä uusien työntekijöiden määrä oli kasvussa, ja heidän perehdyttämisenä ja kouluttamisensa vei paljon aikaa. Uusilla työntekijöillä ei ollut valmista laitteistoa millä harjoitella ohjelmointia, joten kaikki ohjelmointiin liittyvät asiat jouduttiin opettelemaan vasta kohteessa. Testaus- ja simulointilaitteistolla uudet työntekijät pystyvät opettelemaan ohjelmointiohjelman käyttöä turvallisessa ympäristössä, jolloin uusien työntekijöiden kehitys nopeutuisi kasvattaen heidän itseluottamustaan. Tällöin kohteessa ilmenevät virheet päästään minimoimaan. Lisäksi tarvetta testauslaitteiston rakentamiselle oli Siemensin ohjelmointikirjastoissa tapahtuvien jatkuvien päivitysten takia, ja samalla päästä testaamaan, jos tehdään normaalista poikkeavia ohjelmointiratkaisuja.

Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Siemens Osakeyhtiö Smart Infrastructure. Siemens Osakeyhtiö on perustettu 1898 ja toimii Suomessa, Virossa, Latviassa ja Liettuassa. Siemens Osakeyhtiö tarjoaa innovatiivisia sähköistys-, automaatio- ja digitalisaatioratkaisuita. Yrityksen liiketoiminnan pääpainopisteet ovat kestävät energiaratkaisut, tulevaisuuden teollisuus ja älykäs infrastruktuuri. Siemens Osakeyhtiö työskentelee yhteensä 563 henkilöä aikaisemmin mainituissa maissa. Siemens Osakeyhtiö tuottaa arvoa asiakkaille, yhteiskunnalle ja ihmisille. Arvo luodaan yhdessä asiakkaiden ja partnereiden kanssa hyödyntämällä yhä enemmän digitalisaatioratkaisuja.

Tehtävä ja tavoite

Opinnäytetyön tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa laitteisto Siemensin Tampereen konttorille, jolla Siemensin rakennusautomaatioratkaisuita on mahdollista testata ja simuloida. Tämä laitteisto on niin sanottuna demomalli, jota mahdollisesti voitaisiin monistaa muille Suomen Siemensin konttoreille. Jotta laitteistosta saataisiin

mahdollisimman kattava, tuli käyttäjien kanssa käydä haastatteluita joiden pohjalta kerättiin ehdotuksia, tietoa ja vaatimuksia. Haastattelutulosten pohjalta suunniteltiin laitteisto, joka toteuttaa vähintään tärkeimmät vaatimukset laitteistolle.

Suunniteltavalla laitteistolla tuli voida testata ohjelmia, ennen kuin niitä otetaan kohteessa käyttöön, ja kolmannen osapuolen laitteiden kytkemistä Siemensin järjestelmään. Lisäksi tavoitteena on, että uusilla työntekijöillä on mahdollisuus tutustua ja harjoitella ohjelmoimista Siemensin Xworks-ohjelmistolla. Tämä parantaa Siemensin laadunvarmistusta ja samalla uudet työntekijät oppivat nopeasti toimimaan itsenäisesti, kun heillä on turvallinen paikka testata ohjelmointitaitojaan.

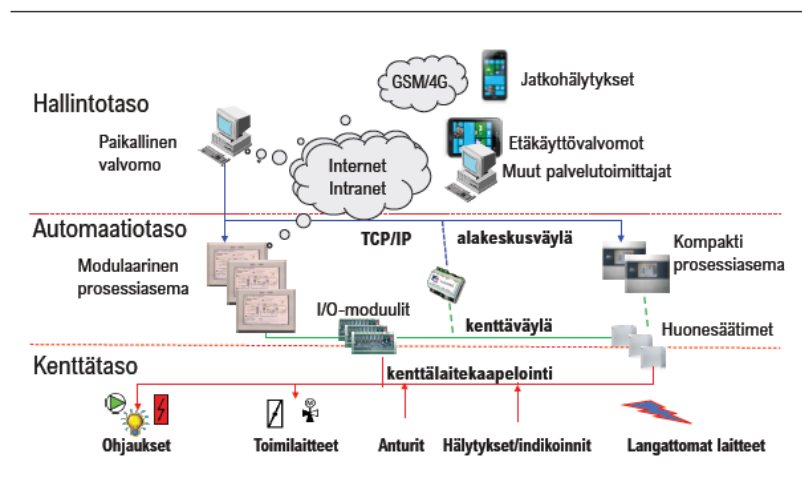
Opinnäytetyön tavoitteena oli saada tehtyä rakennusautomaation laitteisto, joka hyödyttää mahdollisimman monia käyttäjiä Siemens Osakeyhtiössä. Laitteistolla tuli pystyä toteuttamaan mahdollisimman paljon käyttäjiltä tulevia vaatimuksia. Mikäli joitain vaatimuksia ei pystytty toteuttamaan, joten jatkokehityksen kannalta tuli mahdollistaa tässä vaiheessa laajennusmahdollisuus.

2 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennusautomaatiojärjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka koostuu kiinteistön LVI- ja turvaprozessien säätö-, valvonta-, ohjaus- ja hälytystoimintojen hallinnasta. Rakennusautomaatiojärjestelmien kehitys on ollut suhteellisen nopeaa digitaalitekniikan kehittymisestä johtuen. DDC-laitteisiin (Direct digital control) siirryttiin vasta 1980-luvulla. Ennen DDC-laitteita käytettiin analogisiin komponentteihin perustuvia säätimiä ja valvonta toteutettiin erillisenä järjestelmänä. Nykyään kaikki säätö- ja ohjaustoiminnot tehdään ohjelmallisesti. Ongelmana on se, että monet valmistajat käyttävät omilla järjestelmissään omia tiedonsiirtoprotokollia, jolloin järjestelmien keskinäinen integrointi on haasteellista. Jotkut näistä tiedonsiirtoprotokollista on suljettuja ja epästandardeja, joten ne eivät ymmärrä toisiaan. (Piikkilä & Shalstén 2017, 9.)

2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmän yleinen rakenne perustuu kolmeen hierarkiatasoon. Näiden tasojen rajat ovat nykyään häilyvät, koska älyä on alettu lisäämään useampaan eri laitteeseen. Hierarkian kolme päätasoa ovat hallinto-, automaatio- ja kenttätaso. (Spangar, Sandström & Sahlstén 2017, 58.) Kuvioista 1 näkee, kuinka rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkia tyypillisesti rakennetaan ja mitä eri tiedonsiirtoväyliä käytetään eri tasoilla.



Kuvio 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne (Spangar ym. 2017, 60.)

Hallintotaso toimii rakennusautomaatiojärjestelmässä käyttäjärajapintana. Sillä tarkoitetaan PC-valvomoita, joita voi olla paikallisesti kiinteistön sisällä yksi tai useampi etävalvomo, johon on keskitetty useiden kiinteistöjen valvomot. Käyttäjälle tulee eri hälytyksistä ilmoitukset valvomoon, ja käyttäjä voi seurata prosessigrafiikoita kohteesta, sekä tehdä prosessiin haluttuja muutoksia. (Spangar ym. 2017, 60.)

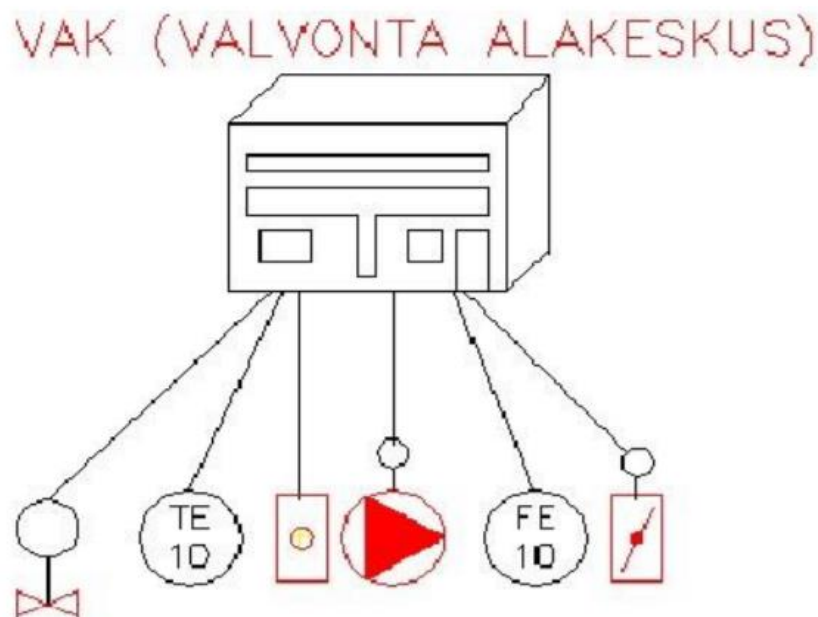
Automaatiotaso koostuu itsenäisistä alakeskuksista ja niiden sisällä olevista I/O-moduuleista. Alakeskuksen sisällä on prosessin ohjelmat, joilla ohjataan I/O-pisteisiin liitettyjä kenttälaitteita. Paikallisverkkona toimii tyypillisesti ethernet-verkko, joka kaapeloidaan CAT 6 kaapelilla. Verkossa liikkuu tietoa hallintotasolle nähtäväksi ja

alakeskusten keskenäistä tiedonsiirtoa. Esim. ulkolämpötila on mittaus, jota käyttää useampi alakeskus. (Spanger ym. 2017, 61.)

Kenttätaso koostuu kohteessa olevista antureista ja toimilaitteista. Anturit antavat oikea-aikaisia tietoja prosessin olosuhteista. Alakeskuksessa oleva ohjelma vertaa antureiden antamaa tietoa suunnitelmiin ja käyttäjän tavoitteisiin. Tämän jälkeen ohjelma ohjaa toimilaitteet siten, että tavoitteisiin päästään. Kommunikointi kenttätason ja alakeskuksen välillä tapahtuu kenttäväylällä. Tunnetuimmat kenttäväylästandardit ovat BACnet, KNX, M-bus ja ModBus. (Spanger ym. 2017, 61.)

Keskitetetty automaatiojärjestelmä

Keskitettyssä rakennusautomaatiojärjestelmässä on useita tasoja, joissa ylempi taso määrää alemman tason toiminnan. Toteutus tapahtuu aina ylemmän tason käskystä, joten tieto ja käskyt siirretään myös ylemmälle tasolle. Ennen DDC-järjestelmässä yhdellä tietokoneella hoidettiin kaikki järjestelmän toiminnot (kts. kuvio 2). Tällaisia järjestelmiä ei enää tehdä, koska ongelmana on, että yksikin vika voi ajaa koko järjestelmän alas. Haittapuolena on myös se, että järjestelmät ovat suljettuja ja eri protokollaa käyttävien laitteiden tai järjestelmien integroiminen on vaikeaa. (Piikkilä ym. 2017, 16.)



Kuvio 2. Keskitetetty automaatiojärjestelmä

Hajautettu automaatiojärjestelmä

Hajautetussa järjestelmässä koko järjestelmä on jaettu osakokonaisuuksiin ja samalla sen rakenne eroaa olennaisesti keskitetyn järjestelmän rakenteesta. Järjestelmässä jokainen yksikkö toimii muista yksiköistä riippumattomana, eivätkä yksiköt odota käskyjä ylemmältä tasolta, vaan toimivat omalla älyllään. Hajautettu järjestelmä on periaatteessa useita rinnakkaisia järjestelmiä, jossa tieto jaetaan yhdellä kielellä. (Piikkilä ym. 2017, 16–17.)

Hajautettu automaatiojärjestelmä ei sido järjestelmää, sillä usean eri valmistajan laitteet ovat yhteensopivia keskenään, eivätkä ne näin ollen ole laitevalmistajariippuvaisia, jos järjestelmää halutaan myöhemmin laajentaa. (Piikkilä ym. 2017, 17.) Kuvio 3 näkee hajautetun automaatiojärjestelmän rakenteen.



Kuvio 3. Hajautettu automaatiojärjestelmä

Rakennusautomaatiolla voidaan saavuttaa monia hyötyjä. Rakennuksissa hyvän energiatehokkuuden ylläpito on jatkuva prosessi, johon tarvitaan oikea-aikaista tietoa olosuhteista sekä laitteiston kunnosta ja häiriö- tai vikatilanteista. Suurin haaste on välttää turhaa energiankulutusta ja samaanaikaan varmistaa sisäolosuhteiden pysyminen suunnitelmien mukaisella tasolla.

Investointikustannukset rakennusautomaatiojärjestelmään ovat vähäiset verrattuna rakennuksen kokonaiskustannukseen, mutta sen merkitys rakennuksen elinkaaren aikaisiin kustannuksiin on merkittävä. (Sulku 2017, 21.)

2.2 Ilmanvaihtojärjestelmät osana rakennusautomaatiojärjestelmää

Yleensä ilmanvaihto ja ilmastointi sekoitetaan keskenään, mutta ne ovat täysin eri asioita. Ilmanvaihdolla tarkoitetaan epäpuhtaan ilman poistamista huoneesta ja sen korvaamista ulkoilmalla. Ilmanvaihto voi olla ns. painovoimainen. Siinä vaihtuvan ilman määrä perustuu paine-eroon ja tuulen voimakkuuteen. Paine-ero muodostuu poistoilma-aukon ja tuloilma-aukon korkeuserosta. Ilmastoinnilla taas tarkoitetaan sisäilmaolosuhteiden muuttamista koneellisesti. Ilmastoinnilla voidaan vaikuttaa mm. ilman puhtauteen, lämpötilaan, viileyteen, kosteuteen ja liikkeeseen. (Lehtonen 2019.)

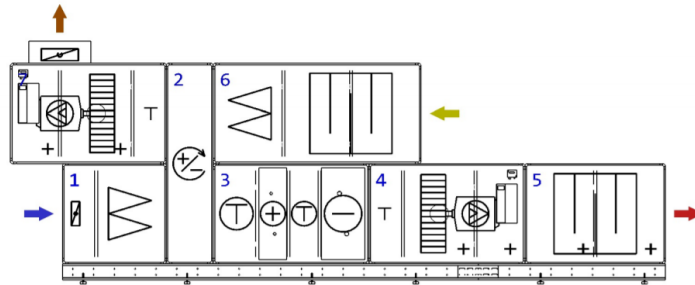
Koneellisella ilmanvaihdolla tarkoitetaan, että poistoilmakanavaan on liitetty puhallin. Tuloilma voidaan liittää myös omaan kanavistoonsa ja puhaltimeen. Puhdas suodatettu ulkoilma puhalletaan huoneistoon, tällöin puhutaan tulo- ja poistoilman vaihdosta. Koneellisessa ilmanvaihdossa voidaan hyödyntää myös poistettavan ilman lämpöenergiaa, jolla voidaan lämmittää sisälle tulevaa raitisilmaa. Prosessia kutsutaan lämmöntalteenottojärjestelmäksi. (Lehtonen 2019.)

Yleisesti kiinteistössä käytettävät ilmanvaihtokoneet TK ja PK (Tulokone ja poistokone) jaetaan LTO:n (lämmöntalteenottojärjestelmä) mukaan pyöriviin, kuutiomallisiin ja nestekiertoisiin lämmöntalteenottojärjestelmiin. Koneellisessa ilmastoinnissa ensimmäisenä portaana tuloilman lämmittämiseen käytetään edellä mainittuja lämmön talteenottojärjestelmiä, mutta ilman lisälämmittämiseen käytetään lämmityspatteria. Tilan ulkoisten lämpötilakuormien hallintaan joudutaan usein käyttämään jäähdytystä. Lämpötilakuormien optimoimiseksi käytetään jäähdytyspatteria. (Lehtonen 2019.)

2.2.1 Pyörivä LTO-lämmönsiirrin

Pyörivä lämmöntalteenottokiekko on lämpöä varaava lämmönsiirrin, jolla siirretään poistoilmasta lämpöä tuloilmaan (kts. kuvio 4). Hitaasti pyöriessään kennostoon varautuu lämpöä poistoilmasta. Kennosto pyöriessään luovuttaa lämpöä kylmään ulkoilmaan, joka virtaa kennoston läpi. Ilmavirrat liikkuvat roottorissa vastakkain.

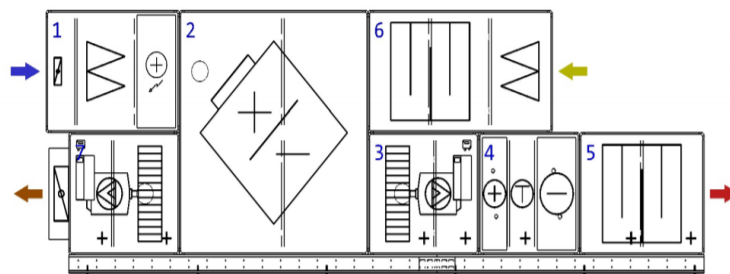
Pyörivän LTO:n hyötysuhde on hyvä (>80%). Roottorin lämmöntalteenoton tehoa säädetään muuttamalla pyörimisnopeutta. Käyttökohteita ovat toimistorakennukset, liiketilat ja liikuntahallit, joissa sallitaan vähäinen kosteuden siirtyminen tuloilmaan. (Lehtonen 2019.)



Kuvio 4. IV-kone pyörivällä LTO:lla (Rantapaju, 2018)

2.2.2 Kuutiomallinen lämmönsiirrin

Lämmön talteenotto kuutiossa (siirtimessä) poisto -ja tuloilma on erotettu toisistaan yleensä alumiinista tehdyin kennoin. Poistoilma lämmittää alumiinilevyjä ja lämpö siirtyy levyn kylmälle raitisilmapuolelle. Ilmavirrat liikkuvat kuutiossa ristikkäin. Levylämmönsiirtimiä käytetään yleisesti kerrostaloissa. Käyttökohteita ovat myös uimahallit. Kuutio ei siirrä hajuja tai kosteutta. Kuution huurtumisen esto tapahtuu ohituspeltiautomaatiikalla. Lämpötilan hyötysuhde on noin 73%. (Lehtonen 2019.) Kuvio 5 näkee ilmanvaihtokoneen, jossa on kuutiomallinen lämmönsiirrin.



Kuvio 5. IV-kone kuutio LTO:lla (Rantapaju, 2018)

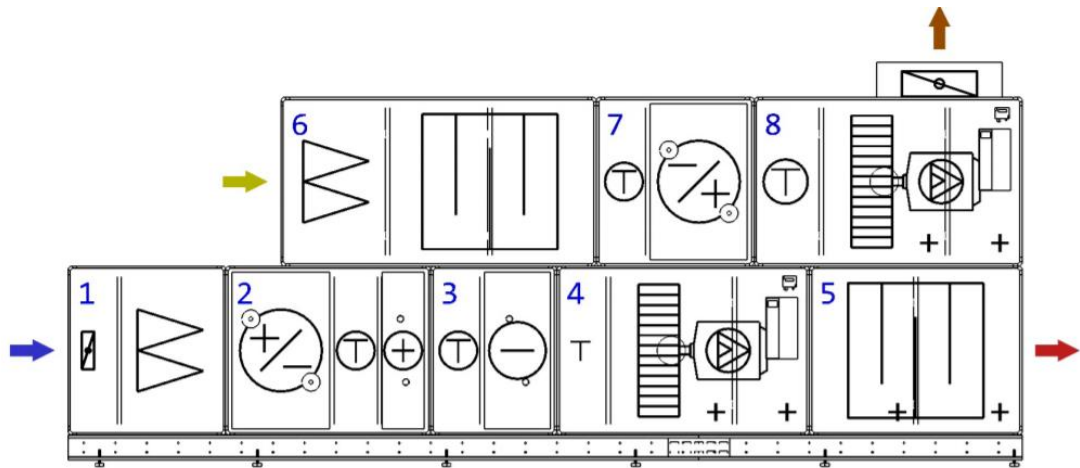
2.2.3 Nestekiertoinen lämmönsiirrin

Nestekiertoinen lämmönsiirrin perinteisesti toimii kahdella lämmönsiirrinpatterilla, joista toinen on poistoilmassa ja toinen tuloilmassa. Kuvista 6 näkee

ilmanvaihtokoneen, jossa hyödynnetään nestekiertoista lämmönsiirrintä.

Lämmöntalteenoton väliaineena on yleisesti 30% vesi glykoliliuos.

Lämpötilahyötysuhde on noin 68%. Keittiöissä käytetään nestekiertoista LTO-järjestelmää, koska poistokone pitää sijoittaa määräysten mukaan erilliseen omaan palo-osastoituuun (E120) tilaan. Koneet voidaan sijoittaa eri tiloihin ja yhdistää LTO-putkistoin. Myös tiloissa, joiden ilmavirrat ei missään tapauksessa saa kohdata, käytetään nestekiertoista LTO:ta. Järjestelmä on haasteellinen säätää vuonna 2018 voimaan tulleiden hyötysuhdevaatimusten vuoksi. (Lehtonen 2019.)



Kuvio 6. IV-kone neste LTO:lla (Rantapaju, 2018)

2.2.4 Lämmityspatterit

Lämmityspatterin tehtävänä on lämmittää ulkoa tuleva raitisilma haluttuun sisäänpuhalluslämpötilaan vedottoman olosuhteen luomiseksi huoneistoon.

Lämmityspatterit sijoitetaan lämmöntalteenoton jälkeen tuloilman virtaussuunnassa.

Useamman ilmanvaihtokoneen kohteessa lämmityspatterit saavat lämpönsä erillisestä ilmanvaihdon lämmitysverkostosta, joka on johdettu

lämmönjakokeskukselta ilmanvaihtokonehuoneeseen. Verkosto lämpöeristetään

lämpöhäviöiden minimoimiseksi. Lämmityspatterin vesivirtaa säädetään säätöventtiilillä ulkoilman lämpötilan mukaan halutun sisäänpuhalluslämpötilan saavuttamiseksi. (Lehtonen 2019.)

2.2.5 Jäähdytyspatteri

Ilmanvaihtokoneeseen sijoitettava jäähdytyspatteri voi olla vesikiertoinen tai suoraohyrysteinen. Suoraohyrysteisessä järjestelmässä jäähdytysenergia patterille tuotetaan höyrystyvällä kylmäaineella. Vesikiertoisessa järjestelmässä väliaineena on vesi. (Lehtonen 2019.)

Vesikiertoisessa järjestelmässä jäähdytyspatteri sijoitetaan ilmanvaihtokoneessa lämmityspatterin jälkeen. Jäähdytykselle rakennetaan oma jäähdytysvesiverkosto. Jäähdytysenergia tuotetaan yleensä erillisellä vedenjäähdytyskoneella. Vedenjäähdytyskoneelle vesi jäähdytetään +7 C-asteiseksi ja johdetaan tasaussäiliöön. Tasaussäiliö liitetään jäähdytysvesiverkoston kautta tuloilmakoneen jäähdytyspatterille. Verkosto lämpöeristetään kondensoinnin estämiseksi. (Lehtonen 2019.)

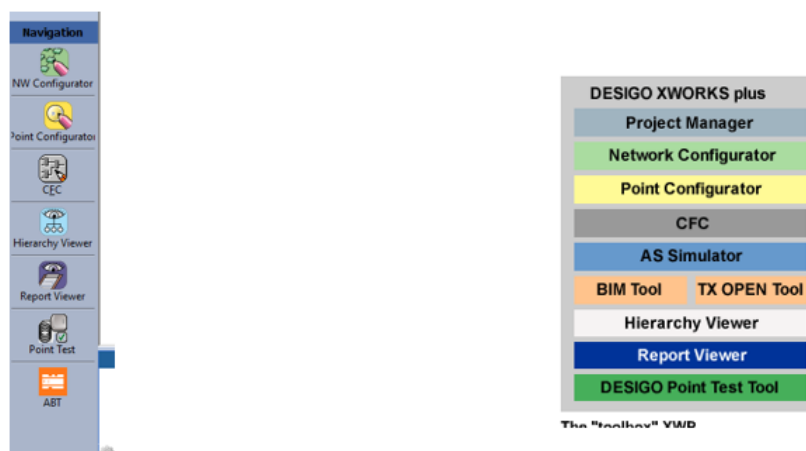
3 Siemens Desigo Xworks-ohjelmointisovellus

Siemens Desigo Xworks Plus on Siemensin PXC-rakennusautomaatiolaitteiden ohjelmointiin tarkoitettu sovelluspaketti sekä siihen liittyvät ohjelmointikirjastot. Xworks-sovelluspakettiin kuuluu useita sovelluksia, joista osaa voi käyttää itsenäisesti ja osa on tarkoitettu käytettäväksi toisten sovellusten kanssa. (Kauhaniemi 2019.)

Kuvioon 7 on havainnoitu Xworks-ohjelman sisäisten ohjelmien kuvakkeet. Ohjelmistopakettin keskeisimmät sovellukset ja niiden keskeisimmät toiminnot ovat seuraavat:

- Project Manager: projektien luonti ja hallinta
- Network Configurator: kenttäväylärakenteen määrittely ja alakeskuslaitteiden lisäys

- Point Configurator: solutioneiden luominen ja IO-pisteiden sijoittaminen IO-moduuleihin
- Hierarchy Viewer: järjestelmärakenteen tarkastelu
- Point Test: IO-pisteiden online-näkymä ja pisteiden testaus
- CFC: ohjelmointiympäristö funktiolohko-ohjelmointiin ja ohjelman lataus
- Report Manager: dokumentointi ja hälytyskäsittely sekä raportit
- BimTool: P-väylärajapintamoduulin konfigurointi ja ohjelma lataus
- TX Open Tool: Modbus-, M-bus- ja KNX-väylärajapintamoduulin konfigurointi ja ohjelmalataus
- AS Simulator: alakeskuksen simulointi
- ABT Site/Pro: huonesäätimien konfigurointi sekä ohjelmointi ja kenttäväylämäärittely (Kauhaniemi 2019).



Kuvio 7. Pääsovellukset ja niiden kuvakkeet Project Managerissa

3.1 XWorks'in käytön vaiheet

Rakennusautomaatioprojektin oppikirjamukainen ohjelmointi ja käyttöönottoprosessi Xworksillä koostuu seuraavista päävaiheista:

- XWP Project Manager
Luodaan projekti ja annetaan projektin perustiedot.
- XWP Network Configurator
Verkkotopologian luonti
Alakeskusten lisäys ja niiden asetusten anto
- XWP Point configurator
Ohjelmahierarkian ja solutionien luonti
IO-moduulien luonti ja IO-pisteidensijoittelu niihin

- CFC
Ohjelmien luonti ja muokkaus
Solutionien jälkimuokkaus
IO-pisteiden sijoittelu, hälytykset ja trendit
 - Point TestTool
IO-moduulien ja -pisteiden testaus ja käyttöönotto
Datan vienti Desigoon, ohjelmien lataus, integroinnit
 - Report Manager
luo projektidokumentaatiota
- (Kauhaniemi 2019.)

3.2 Ohjelmointi XWorksillä

Siemens Desigo-ympäristössä kirjastoilla ja väylällä on vahva vaikutus ohjelmointiin. BACnet on osa ohjelmointia ja useat ohjelmointilohkot ovat itsessään BACnet-objekteja. Lohkoja pitääkin ajatella enemmän objekteina tai olioina, kuin pelkinä lohkoina. Ne itsessään sisältävät paljon toimintoja, kuten ajastimia, tarkistuksia, hälytyspisteitä, prioriteetteja ja ohjauksia. Perinteisessä ohjelmoinnissa nämä kaikki olisivat useiden peruslohkojen ja muuttujien kokoelmia. Näin ollen ohjelmoinnissa ei ole varsinaista kenttäväylärajapintaa, vaan kenttäväylä on integroitu toimintoihin, joita ohjelmoinnissa käytetään. (Kauhaniemi 2019.)

Kirjastoilla on myös keskeinen merkitys. XWorksin mukana tulevassa kirjastossa on laaja määrä valmiita alakeskusohjelmakomponentteja, esim. koko IV-koneen ohjelmointiin, lämmönjaon ohjaukseen yms. Näitä kutsutaan solutioneiksi. Solutioneja voi konfiguroida ja tarvittaessa niiden ohjelmaa voi muokata. Ne voi myös tuoda sellaisenaan valvomoon, jolloin valvomo-ohjelmisto osaa rakentaa siitä suoraan grafiikkakuvan. (Kauhaniemi 2019.)

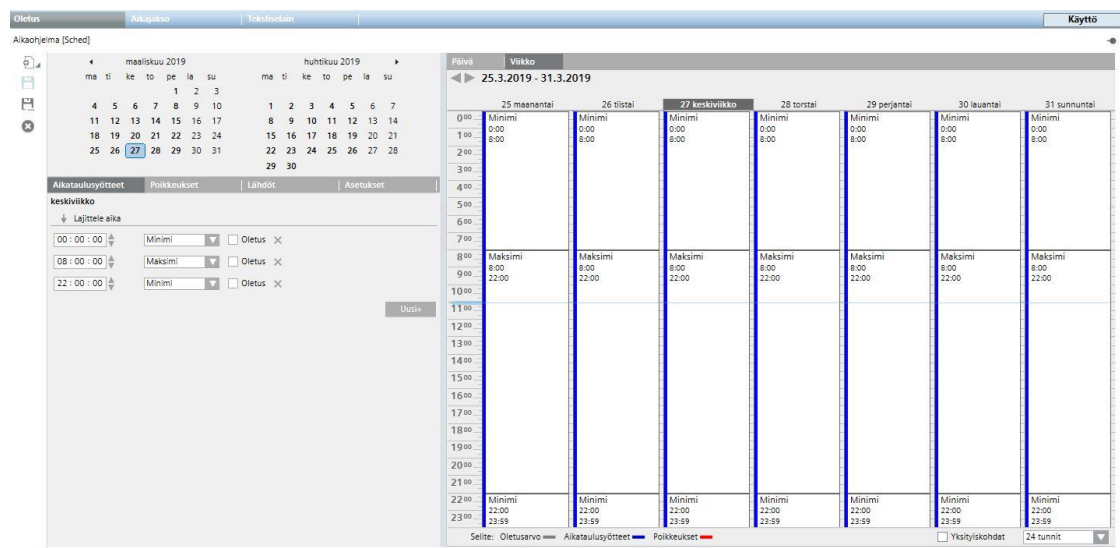
4 Kiinteistön valvomojärjestelmä

Kiinteistön valvomojärjestelmä on käyttöliittymärajapinta, joka mahdollistaa ihmisen ja koneen välisen vuorovaikutuksen. Käyttöliittymä on siis käyttäjälle näkyvä osa

järjestelmästä ja käyttöliittymän kautta käyttäjä voi olla vuorovaikutuksessa järjestelmän kanssa. (Sahala 2017, 14.)

4.1 Aikaohjelma

Aikaohjelma ohjaa jonkin laitteen käynnistystä tai pysäytystä sille määrättyinä käynnistys- ja pysäytysajanjaksoina. Aikaohjelmaan voidaan määrittää viikko-ohjelma. Tämä tarkoittaa ohjausta, joka toistuu joka viikko ja on tällöin normaali viikoittainen käyntiaika (kts. kuvio 8). (Piikkilä 2017, 48–49.)



Kuvio 8. Aikaohjelma Siemens Desigo CC valvomossa

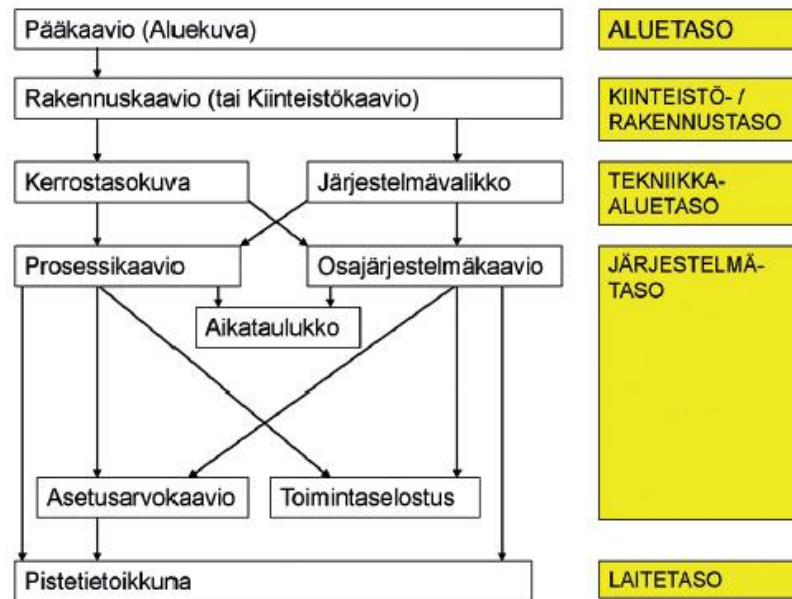
Aikaohjelmalla on suuri vaikutus kiinteistön energiankulutukseen. On erittäin tärkeää, että aikaohjelma toimii tilojen oikeiden käyttöaikojen mukaan, ja niitä tulee pystyä muuttamaan, mikäli käyttöajat muuttuvat. Aikaohjelma voidaan määrittää koskemaan yksittäisiä päiviä tai ajankohtia, esim. arkipyhät tai normaalin käyntiajan ulkopuolisia käyttäjiä. Valvomoon voidaan lisätä koko vuoden juhlapyhien käyntiaikamuutokset etukäteen, ja vakiopäivämääräpyhät voidaan lisätä toistaiseksi voimassaolevina vuosittain toistuvina. (Piikkilä 2017, 48.)

4.2 Graafinen käyttöliittymä

Graafisen käyttöliittymän tiedonhallinta tapahtuu erilaisilla kuvilla, piirustuksilla ja kaavionäytöillä. Graafisessa käyttöliittymässä grafiikalla, grafiikkakuvalla tai grafiikkakaaviolla tarkoitetaan symboleita sisältäviä käyttöliittymä näyttökuvia. Näytöllä tarkoitetaan PC:n näyttöä tai järjestelmän laitteeseen integroitua näyttöpaneelia. (Sahala 2017, 35.)

Kaikki kaavionäytöt on laadittava, ryhmiteltävä ja ketjutettava selkeinä kokonaisuuksina, ja ne voivat muodostaa yhden tai useamman rakenteen, joita ovat hierarkkinen, puumainen tai looginen. Rakenteet auttavat jäsentämään kiinteistön eri osia, tiloja ja järjestelmiä. Liikkumisen kaavionäytöissä tulee olla havainnollistavaa ja johdonmukaista, ja useampaa eri polkua pitkin pitää olla mahdollista saada sama tieto. Liikkuminen voidaan rakentaa esim. niin, että on yksi pääkuva, josta on mahdollista päästä graafiselle polulle tai järjestelmäluetteloon. Kerroksen tai tilan kaaviosta voidaan mennä siihen vaikuttavien järjestelmien kaavioihin. Järjestelmien kaavioista tulee olla mahdollista päästä sen järjestelmän vaikutusalueella oleviin tiloihin. Järjestelmäkohtaisesta luettelosta pääsee järjestelmien kaavioihin. (Sahala 2017, 36–37.) Kuviossa 9 on esimerkki, miten eri kaaviotyypit voidaan sijoittaa tyypilliseen käyttöliittymähierarkian eri tasoille.

Kaavioiden yksinkertaisuus tekee niistä helppolukuisia. Värienkäytöllä voidaan huomattavasti selkeyttää kuvan havainnollisuutta, jos värejä käytetään hallitusti ja harkiten, sillä väri on vahva visuaalinen ilmaisuväline. (Sahala 2017, 36.)



Kuvio 9. Periaatekuva kaaviohierarkiasta (Sahala 2017, 38.)

4.3 Eri kaavioita ja niissä tehtävät toimenpiteet

Valvomon graafisessa käyttöliittymässä on erilaisia kaavioita, jotka pitävät sisällään eri osia kiinteistön järjestelmästä. Kaikki kiinteistöt eivät sisällä kaikkia eri kaavioita, vaan jotkut sisältävät vain osan kaavioista. Eri kaavioita Sahalan (2017) mukaan ovat seuraavat:

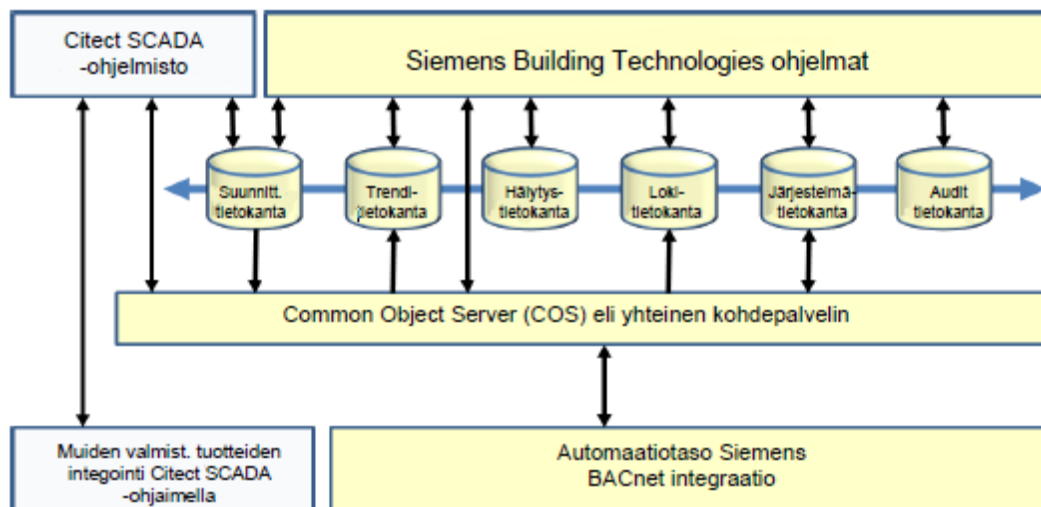
Aloituskavio Aloituskaavio on aloituskuva, jonka käyttäjä ensimmäisenä näkee avatessaan valvomonohjelman. Aloituskaavion tulee olla räätälöitävissä käyttäjäkohtaisesti. Aloituskaavion ei ole pakko olla hierarkiatasolla ylin kuva. (Sahala 2017, 39.)

Pääkaavio Käyttöliittymähierarkiassa pääkaavio on ylin kaavio, vaikka ohjelman avatessa se ei ole ensimmäinen näkymä. Yleensä pääkaavio pitää sisällään kokonaisnäkökuvan hallittavasta kohteesta käyttäjälle. Pääkaaviossa voi olla esim. kuva alueesta tai kohteesta, luettelo kohteista, tärkeimmät säätiedot tai siirtymäpainikkeet kaaviohierarkian seuraaville tasoille. (Sahala 2017, 39–40.)

Rakennuskaavio	Rakennuskaavio on yksittäisen rakennuksen pääkuva. Rakennuskaaviossa voidaan esittää kohde ylhäältäpäin kuvattuna tai poikkileikkauksena, jossa rakennuksen kerrokset erottuvat. (Sahala 2017, 40.)
Kerrostasokuva	Kerrostasokaavio on rakennuksen kerroksen pääkuva. Kerroskuvasta voidaan tehdä tekniikkakaavio, mikäli yhdessä kuvassa ei tietoja voida esittää helposti. (Sahala 2017, 40.)
Järjestelmävalikko	Järjestelmävalikko on luettelo rakennuksen järjestelmistä. Luettelo voidaan jakaa useampaan osaan, esimerkiksi tekniikka-aluejaon mukaan (lämpö, IV, jäähdytys, sähkö...). Yksittäisen järjestelmän prosessikaavioon päästään valitsemalla järjestelmä järjestelmävalikosta. (Sahala 2017, 40–41.)
Prosessikaavio	Prosessikaavio on pääkuva yksittäiselle osajärjestelmälle. Prosessikaaviossa esitetään esimerkiksi tuloilmakoneenprosessi, jolloin se on yksi tärkeimmistä järjestelmien toiminnan seuraamisen kannalta. Käyttäjä pääsee prosessikaaviosta seuraamaan prosessin mittauksia, pääasetusarvoja, ohjauksia, tilatietoja ja hälytyksiä. (Sahala 2017, 41.)
Osajärjestelmäkaavio	Osajärjestelmäkaaviossa esitetään yksittäisen osajärjestelmän pisteet joko luettelona, periaatekaaviona, tai paikantamiskuvana. Osajärjestelmäkaavio on kuin prosessikaavio, mutta niihin ei ole lisätty varsinaista säätöprosessia. Tämän tyyppisiä järjestelmiä ovat esimerkiksi paloilmoitinjärjestelmät. (Sahala 2017, 41–42.)
Asetusarvokaavio	Asetusarvokaaviossa esitetään osajärjestelmän kaikki asetuservat ja säätöpiirien oloarvot. Kaaviossa esitetään myös laskennalliset asetuservat, mutta ne pitää selkeästi erottaa manuaalisista asetuservoista. (Sahala 2017, 42.)
Pistetietoikkuna	Yleensä kaaviohierarkian alin taso on pistetietoikkuna, jossa käyttäjän on mahdollista muuttaa pisteen tilan tai muun parametrin arvoa. Pistetietoikkunan visuaalinen muokkaus ei usein ole mahdollista ja sen sisältö riippuu järjestelmätoimittajasta ja pisteen tyyppistä. (Sahala 2017, 42.)

4.4 Desigo Insight Siemens-valvomo

Desigo Insight on Desigo-rakennusautomaatiojärjestelmän BACnet-valvomo, joka toimii yhdessä PX- ja TRA-automaatioyksiköiden kanssa (Total Room Automation). BACnet-tiedonsiirtoprotokollan välityksellä Insight-valvomossa voidaan näyttää myös yhteensopivien kolmannen osapuolen järjestelmien tietoja. Valvomo-ohjelmisto on oliopohjainen ja moduulirakenteinen. Insightissa on mahdollisuudet suuriin määriin eri topologioita, mikä mahdollistaa yksilöllisten tarpeiden mukaan räätälöidyt järjestelmät. Insight tarvitsee tietojen tallentamiseen SQL-tietokannan (Structured Query Language). Desigo Insight on vanha valvomo, jota ei uusiin kohteisiin enää toimiteta. (Siemens Osakeyhtiö 2016, 4.) Kuvioista 10 nähdään ohjelmiston perusrakenne ja tietokannan rakenne.

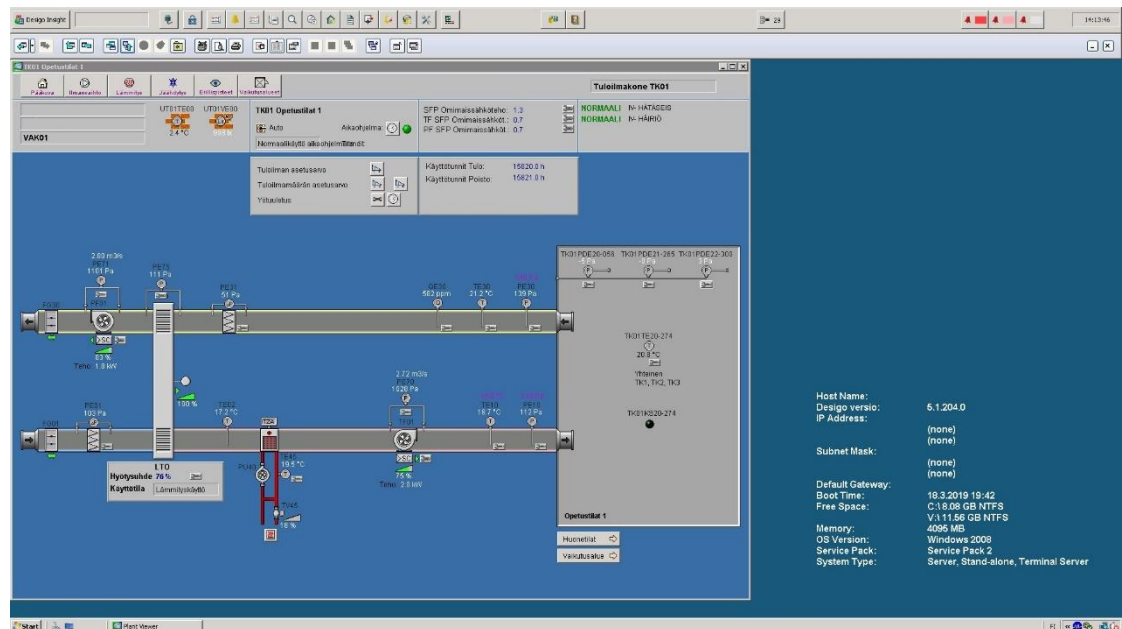


Kuvio 10. Ohjelmiston perusrakenne ja tietokannan rakenne (Desigo Insight valvomon käyttö, V6.0 2016, 21.)

Siemens Osakeyhtiön (2016, 24-26) mukaan Desigo Insightin tärkeimmät sisäiset ohjelmat käyttäjille ovat seuraavat:

- Plant Viewer, joka näyttää graafisen esityksen yhden tai useamman rakennuksen eri osista sekä niihin liitetyistä taloteknisistä laiteista.
- Alarm Viewer, joka näyttää yksityiskohtaisesti hälytykset niiden nopeaa paikantamista ja korjaamista varten. Hälytysluettelo päivittyy automaattisesti, kun hälytys tulee, jolloin se on aina ajan tasalla päällä olevista hälytyksistä.
- Time Scheduler, joka mahdollistaa kaikkien aikaohjattujen toimintojen keskitetyn ohjaamisen mukaan lukien yksittäiset huonesäädöt.
- Object Viewer, jonka avulla voi liikkua nopeasti ja helposti järjestelmässä. Object Viewer on hakemistoselain järjestelmän kaikkiin pisteisiin.
- Trend Viewer, jolla voidaan katsoa reaaliaikaisia- ja arkistoituja tietoja esim. lämpötilan muutoksia.
- Alarm Router, joka lähettää hälytysilmoitukset valittuihin vastaanottimiin. Esimerkiksi sähköpostiin tai matkapuhelimiin.

Desigo Insight valvomon ulkonäkö on havaittavissa kuviosta 11.



Kuvio 11. Desigo Insight graafinen näkymä

4.5 Siemens Desigo CC-valvomo

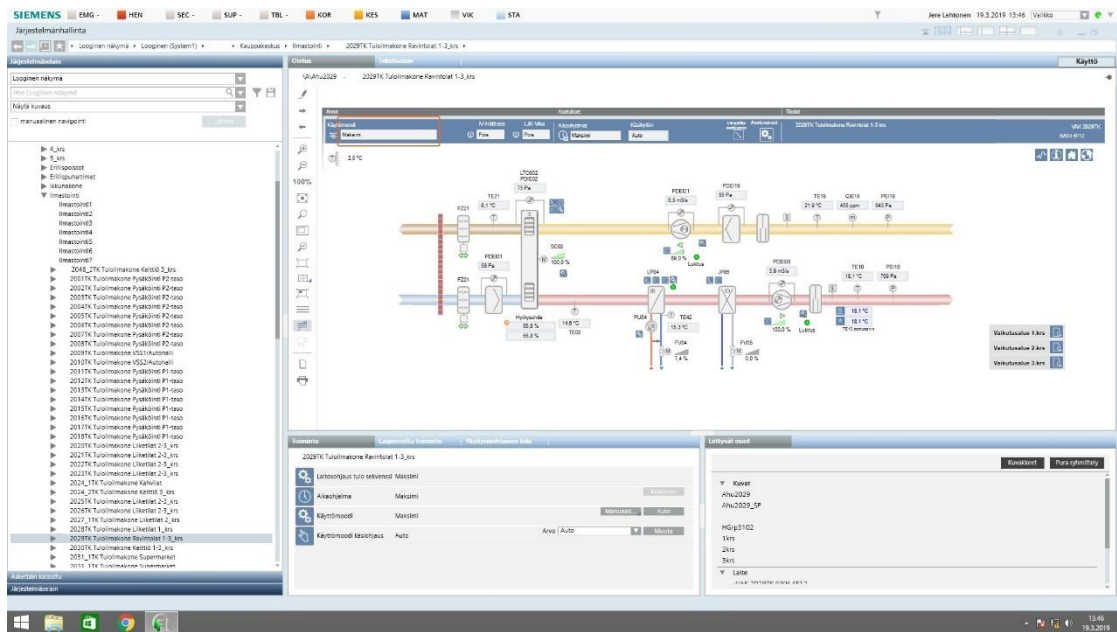
Desigo CC on yhteinen käyttöliittymä rakennusautomaation, paloturvallisuuden ja turvajärjestelmien tai näiden yhdistelmän operointiin, valvontaan ja optimointiin. Desigo CC on kiinteistön hallintajärjestelmä, jossa on laaja sovellustuki varmistamaan kiinteistön jatkuvan käyttömukavuuden, tuottavuuden ja parhaan

energiatohokkuuden sekä laitteistojen toimivuuden. Desigo CC:n perustana on joustava client-serveri-arkkitehtuuri, joka skaalautuu pienistä ja keskisuurista aina suuriin ja monipuolisiin järjestelmiin asti. Desigo CC voidaan asentaa yhteen tietokoneeseen, jossa se toimii client-serveri-kokonaisuutena. Muihin laitteisiin voidaan tämän lisäksi asentaa asennettuja client-järjestelmiä, web client -järjestelmiä ja windows-sovellusclient-käyttöliittymiä. Desigo CC-kommunikointiprosessoria hyödyntävien järjestelmien avulla käyttöön saadaan lisäliitännöitä. Web-rajapinnat lisäävät käytön joustavuutta ja tulevia laajennusmahdollisuuksia esim. tablet-tietokoneiden ja älypuhelimien sovelluksiin (kts. kuvio 12). (Siemens 2018, 10.)



Kuvio 12. Desigo CC liitettävät järjestelmät ja käyttöliittymät (Desigo CC system description Version 3.0 2018, 10.)

Käyttäjät voivat esim. operoida ja valvoa rakennusautomaatiojärjestelmää ja ohjata lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmää (kts. kuvio 13). Järjestelmällä voidaan myös havaita, visualisoida, kuitata ja palauttaa hälytyksiä, sekä lähettää niitä eteenpäin esim. tekstiviestillä tai sähköpostilla etukäteen määritettyihin numeroihin/osoitteisiin. Järjestelmään voidaan tallentaa trendidataa, luoda aikatauluja, joilla rakennuksen toimintoja voidaan automatisoida, sekä määrittää poikkeutuksia aikatauluille. (Siemens 2018, 13.)



Kuvio 13. Desigo CC graafinen näkymä

5 Kenttäväyläratkaisuja

Yhdistäminen älykkäiden mittaus- ja ohjauslaitteiden, muun automaation ja käyttöliittymän välillä tapahtuu kaksisuuntaisella väyläliityntäratkaisulla, joka on kenttäväylä. Kenttäväylien perustana on tehokas tietoliikenne ja älykkäät kenttälaitteet. Kenttäväyläratkaisuja on monia ja niiden ominaisuudet painottuvat hajautettuun järjestelmään. (Piikkilä ym. 2017, 28–29.)

Antureiden ja toimilaitteiden kunnon seuranta on erittäin tärkeää, koska niiden kunto vaikuttaa prosessin luotettavuuteen. Älykkäillä kenttälaitteilla saadaan käyttäjälle tarjottua tehokasta laitediagnostiikkaa, ja kaksisuuntaisella digitaalisella tiedonsiirrolla voidaan mahdollistaa laite- ja prosessidiagnostiikkajärjestelmä, joilla voidaan ennakoida huolto. (Piikkilä ym. 2017, 29.)

Käyttäjä voi kenttäväylän avulla tarkastella kaikkia järjestelmään liitettyjä laitteita ja niiden toimintaa yhdestä paikasta. Kenttäväylän avulla käyttäjän on mahdollista saada hälytykset suoraan laitteilta valvomoon. Lisäksi kenttäväylä helpottaa

järjestelmän käyttöönottoa, sillä laitteiston parametrit voidaan kirjoittaa väylää pitkin ohjelmallisesti. (Piikkilä ym. 2017, 29–30.)

Kenttäväylärajapitojen standardoinnilla on mahdollistettu käyttöliittymien yhdenmukaisuus, jolloin automaatiostandardin perusehto on laitteiden keskinäinen käytettävyys ja vaihdettavuus ilman toimintojen menetystä. Tämän mahdollistamiseksi toimittajien tulee tehdä yhteistyötä ja sen jälkeen taataan käyttäjälle vapaus valita paras ja taloudellisin laiteratkaisu heidän kaikkiin tarpeisiin. (Piikkilä ym. 2017, 30.)

5.1 Väylien fyysinen rakenne eli topologia

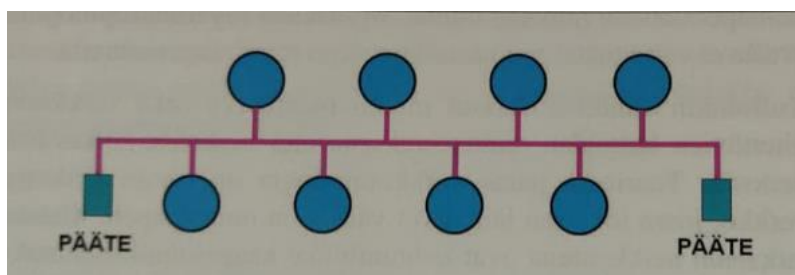
Eniten käytetyt ja samalla tärkeimmät kenttäväylätopologiat ovat väylä-, rengas- ja tähtitopologia. Kenttäväylätopologioissa jokainen laite voi lähettää verkon sisällä tietoa toiselle saman verkon laitteelle. Viestiä vastaanottaessa kaikki verkon laitteet voivat kuunnella viestin, mutta vain se, kenelle viesti on tarkoitettu, voi lukea sen. Verkon jokainen laite on kaapeliyhteydessä muihin verkon laitteisiin, ja jotta verkko toimii tehokkaasti, tulee yhteyden olla mahdollisimman suora ja kaapelien pituus mahdollisimman lyhyt. (Piikkilä ym. 2017, 55.)

Fyysinen- ja looginen topologia on erotettava toisistaan. Fyysisellä topologialla tarkoitetaan verkkorakennetta, jonka kaapeleita seuraamalla saa selville, miten verkko on rakennettu. Loogisella topologialla tarkoitetaan toimintamallia, joka on verkon toimintaperiaate. (Piikkilä ym. 2017, 55.)

Verkkomuodon valinta määräytyy liitettävien laitteiden ominaisuuksista ja tiedosta mitä verkossa liikkuu. Teoreettisesti paras verkkotopologia on semmoinen verkko, jossa kaikkien laitteiden välillä on oma kaapeli. Tämä ratkaisu tulisi olemaan erittäin kallista toteuttaa. (Piikkilä ym. 2017, 55.)

5.1.1 Väylätologia

Väylätologiassa verkon kaikki laitteet on kytketty samaan kaapeliin, jossa kaapelin päät eivät ole kytketty toisiinsa (kts. kuvio 14). Joihinkin järjestelmiin väylän molempiin päihin on kytkettävä impedanssin sovituspääte tai kytketty yksi keskitetty sovitin. Tällöin on kyseessä puoliterminointi tai kokoterminointi, joiden tehtävänä on vähentää signaaleja, jotka heikentävät väylän toimintaa. Oikeanlaisella terminoinnilla häiriösignaalit voidaan lähes kokonaan neutralisoida, tai ainakin huomattavasti pienentää. (Piikkilä ym. 2017, 56.)



Kuvio 14. Väylätologia mallinnus (Piikkilä ym. 2017, 56.)

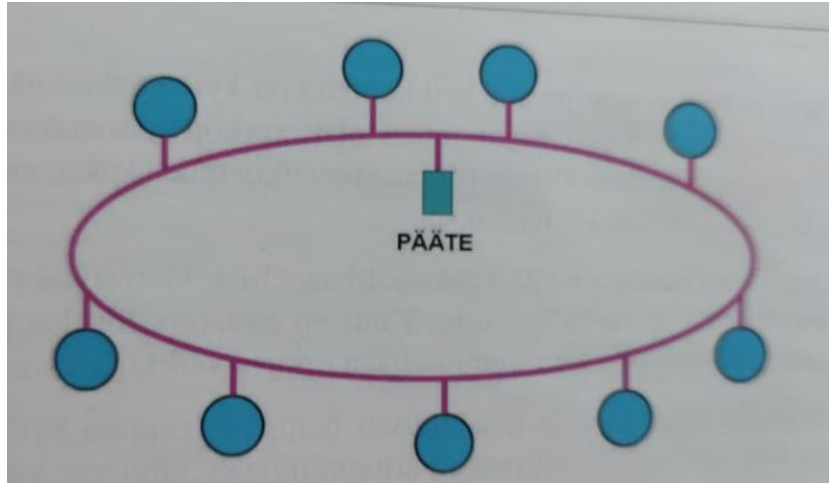
Kaikki verkon laitteet käyttävät yhtä kaapelia, joten vain yksi laitepari voi lähettää keskenään viestiä kerrallaan. Kaikilla verkon laitteilla on oma yksilöllinen osoitteensa, jolla ne erotetaan toisistaan. Jokainen laite voi laittaa viestiä mille tahansa laitteelle väylässä, mutta kaksi laitetta eivät voi lähettää kerrallaan viestiä. (Piikkilä ym. 2017, 56.)

Etuja väylätologiassa on, että se on luotettava, yksinkertainen, aika laaja levinneisyys ja miten uusien laitteiden liittäminen on helppoa. (Piikkilä ym. 2017, 57.)

5.1.2 Rengstopologia

Rengstopologiassa verkon runkokaapeli nimensä mukaan muodostaa renkaan, jossa tieto kiertää ympyrää, esim. pisteestä A lähetetään väylässä viesti ja viesti palaa jonkin ajan kuluttua takaisin pisteeseen A (kts. kuvio 15). Rengstopologiassakin jokainen laite voi kommunikoida keskenään, mutta jos jokin laite rikkoutuu, voi koko

verkon toiminta pahimmassa tapauksessa pysähtyä kokonaan, koska laitteet toimivat toistimina. Rengasverkko on hyvin suosittu lähiverkkotopologia, ja erityisesti kun automaatiojärjestelmien yhteydessä käytettynä siirto- ja toimintoverkkona. (Piikkilä ym. 2017, 57–58.)

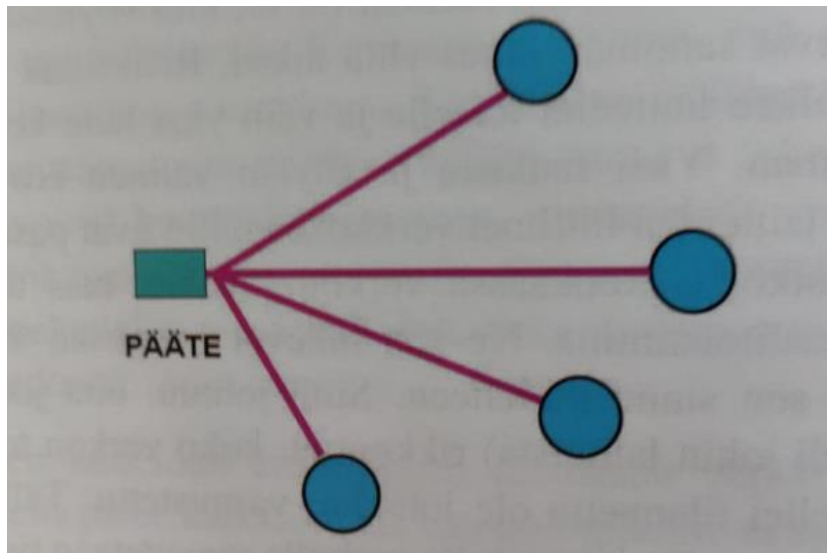


Kuvio 15. Rengastopologia mallinnus (Piikkilä ym. 2017, 57.)

Ero väylä- ja rengastopologian välillä on, että väylässä kaikki laitteet vastaanottavat viestin melkein samanaikaisesti, kun taas renkaassa viestin kulkiessa laitteelta toiselle vain yksi laite kerrallaan voi kuunnella viestin. (Piikkilä ym. 2017, 57.)

5.1.3 Tähtitopologia

Tähtitopologiassa on yksi kytkentäkeskus, johon kaikki laitteet kytketään, ja jonka kautta kaikki yhteydet kulkevat (kts. kuvio 16). Tähtiverkko on huomattu olevan yksi parhaimmista topologioista optisiin verkkoratkaisuihin. Tähtitopologia on varsin joustava, sillä laitteiden lisääminen ja poistaminen on hyvin helppoa. (Piikkilä ym. 2017, 58.)

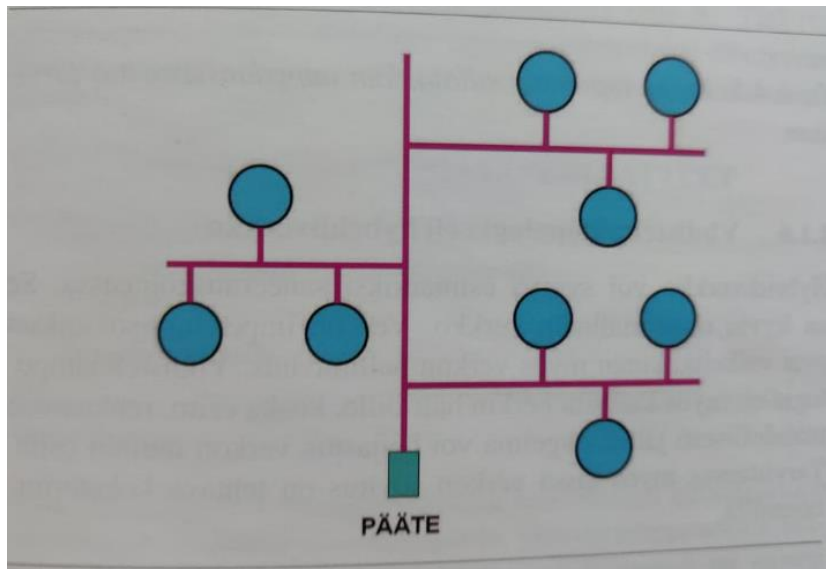


Kuvio 16. Tähtitopologia mallinnus (Piikkilä ym. 2017, 58.)

Suurimpana heikkoutena on kytkentäkeskus ja sen sisällä laite, johon verkon kaikki laitteet on kytketty, sillä sen rikkouduttua verkko menee toimintakyvyttömäksi. (Piikkilä ym. 2017, 58).

5.1.4 Puutopologia

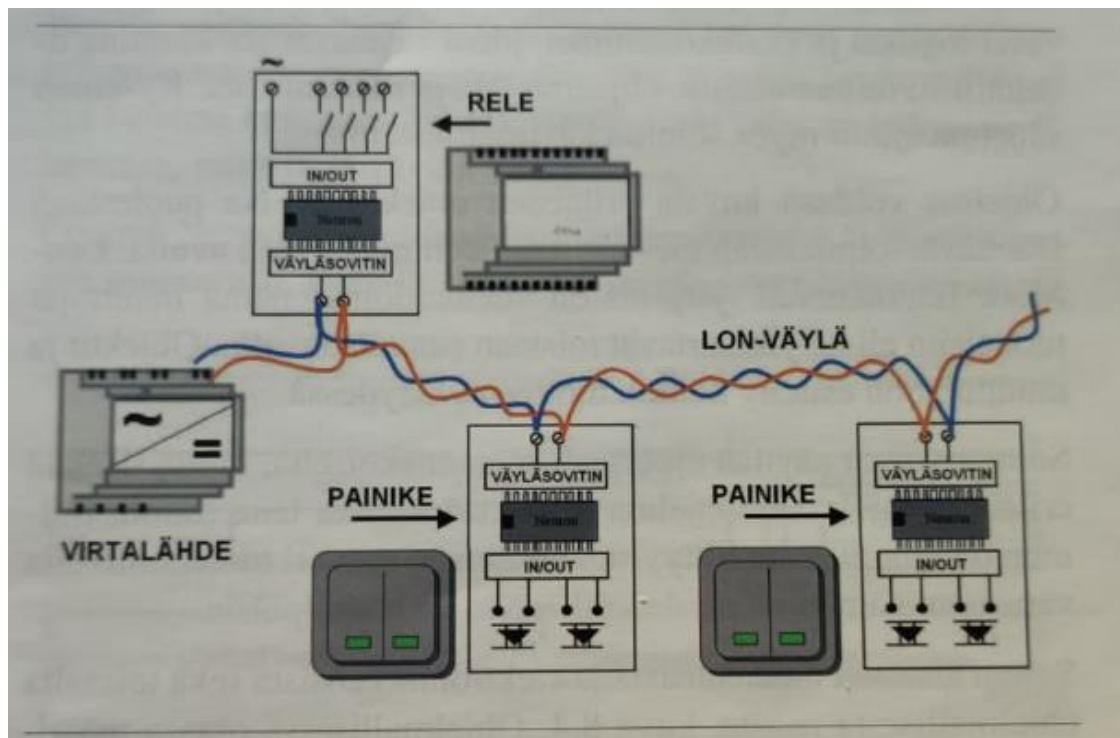
Puumaisella topologialla mahdollistetaan verkon rakentaminen kaapelikustannuksia säästäen, mutta tällöin on tarkasti laskettava verkon kaapeloinnin kokonaispituus. Järjestelmän protokolla vaikuttaa verkon kaapeloinnin kokonaispituuden käytettävyyteen (kts. kuvio 17). Esimerkiksi Lon-järjestelmässä kaapeloinnin määrä puolittuu verrattuna väylätopologiaan, mutta esim. KNX-järjestelmässä kaapeloinnin määrä pysyy samana väylätopologiasta riippumatta. Puutopologian etuna on sen muuntojoustavuus. (Piikkilä ym. 2017, 59.)



Kuvio 17. Puutopologia mallinnus (Piikkilä ym. 2017, 59.)

5.2 LonWorks

LonWorks on yleiskäyttöinen kenttäväyläratkaisu, joka julkaistiin vuonna 1990 amerikkalaisen Echelon Corporationin toimesta, ja Suomeen LonWorks rantautui 90-luvun puolivälin jälkeen. Kun puhutaan avoimista ja hajautetuista järjestelmistä, LonWorks oli edelläkävijä ja sen tultua luotiin pohjaa automaation kehitykselle. Useiden toisistaan riippumattomien laitteiden ohjauksien ja käytön vieminen laitevalmistajista riippumattomalle väylälle on Lon-verkon perusidea. LonWorksillä voidaan hoitaa esimerkiksi järjestelmän säädöt, trendit, tietokanta, hälytykset ja aikataulut, sekä liitännät esim. DDC-tekniikkaan. Väyläsovittimen avulla Lon-solmut kytketään toisiinsa fyysisesti, joka on havaittavissa kuviosta 18. (Piikkilä ym. 2017, 119.)



Kuvio 18. Solmujen ja väylän kytkentä (Piikkilä ym. 2017, 121.)

Kaapeloinnin määrän vähyys ja samalla komponenttien vähyys on Lon-väylän etu, sillä datansiirtoon tarvitaan yksi parinen kaapeli, ja kaapeloinnin väheneminen vähentää myös kytkentäpisteiden määrää. Kytkentäpisteiden määrään väheneminen tiputtaa radikaalisti vikapisteiden määrää, koska kytkentäpisteistä löytyy suurin osa vioista. Piikkilä ym. (2017, 121)

LON-väylän käyttö Siemensin järjestelmässä

LON-väylää käytetään Siemens järjestelmässä tiedonsiirtoon. Alakeskusten välisessä tiedonsiirrossa käytettiin myös LON-väylää, mutta protokollaa ei enää oikeastaan käytetä, vaan se ollaan korvattu BACnetillä. Järjestelmän tiedonsiirrossakaan ei enää LON-väylää käytetä, vaan tämän on korvattu Ethernetillä. LON-väylää voidaan käyttää ristiin Ethernetin kanssa, joka helpottaa järjestelmän päivittämistä LON:sta Ethernetiin, osa järjestelmää kerrallaan. (Jokiniitty 2019.)

5.3 BACnet

Yksi rakennusautomaation käytetyimmistä väylistä on BACnet, joka kehitettiin LVI-järjestelmien ohjaukseen. BACnet-verkon laitteet esitetään objekteina, ja ne koostuvat ominaisuuksista. Järjestelmäpisteet, asetusrivot ja aikaohjelmat ovat esimerkiksi näitä objekteja. BACnet-verkon TCP/IP protokolassa voidaan kiinteistön yleiskaapelointia hyödyntää, ja se on yleensä käytössä, mikäli siirrettävää datan määrä on suuri. Tässä protokollassa jokaiselle väylän laitteelle annetaan oma yksilöllinen IP-osoite ja niille määritetään oma osoitevaruus. (Piikkilä ym. 2017, 125–126.)

Neljän toimintakerroksen arkkitehtuuri on BACnetin perusta, ja ne kerrokset ovat fyysinen-, siirtoyhteys-, verkko-, ja sovelluskerros. BACnet standardissa on määritetty yksinkertainen verkkokerros ja sovelluskerros. BACnetissä on mahdollisuus viiteen eri optioon, ja nämä optiot ovat: LLC-, ATA/ANSI-, MS/TP-, PPP- ja Control Network protokolla. Näistä optioista voidaan tehdä yhteenveto, että ne voivat muodostaa esimerkiksi: isäntä-renki-ohjauksen, määritellyn vuoronsiirto-ohjauksen, suurnopeus yhteys ohjauksen. Fyysisessä kerroksessa mahdollistetaan liitos laitteisiin ja siirretään sähköistä signaalia, joiden mukana liikkuu data. Siirtoyhteyskerroksessa data järjestetään kehyksiin tai paketteihin, jolloin tämä kerros myös tekee datalle osoitteet. (Piikkilä ym. 2017, 127–128)

Bacnet-väylän käyttö Siemensin järjestelmässä

BACnet on tämän päivän eniten käytetty talotekniikan väylämuotostandardi. Tietoa voidaan kuljettaa TCP/IP:llä, LON:lla tai MS/TP:llä. BACnettiä voidaan käyttää talotekniikassa kaikkeen. On huomattu, että BACnet on alkanut korvaamaan Modbusia. Kolmannen osapuolenlaitteiden lisääminen onnistuu käyttämällä PXG3.M-reititintä, mikäli käytetään MS/TP:tä tai suoraan patch-kaapelia, mikäli kytkettävä laite käyttää TCP/IP:tä. (Jokiniitty 2019.)

5.4 Modbus

Modbus tiedonsiirto-protokolla julkaistiin vuonna 1979, ja se oli avoimen arkkitehtuurin väylä, joka oli tarkoitettu logiikoiden liittämiseen. Modbus on avoin

isäntä-orja-protokolla, jossa voi olla vain yksi isäntä ja yhteen isäntään voidaan kytkeä 247 renkiä. Eri valmistajien laitteiden liittäminen keskenään on edullista Modbusilla, koska siinä valmis yhteinen protokolla. Laitteita, jotka käyttävät Modbusia voi kuka tahansa valmistaa ilman, että heidän pitää maksaa korvauksia protokollan kehittäjille. Modbus-protokollaa käytetään rakennuskohteissa energian optimointijärjestelmissä, pitkissä tiedonsiirroissa ja yhdistäessä ohjauspaneeleja. (Piikkilä ym. 2017, 140.)

Modbus-laitteille tiedonsiirtonopeus on yleensä 9,6 kbit/s, mutta oletusnopeus on 19,2 kbit/s. Modbusin tiedonsiirtonopeudeksi voidaan mahdollisesti valita myös jokin seuraavista: 1,2 kbit/s, 2,4 kbit/s, 4,8 kbit/s, 38,4 kbit/s, 56 kbit/s tai 115 kbit/s. Modbusin tiedonsiirrossa voidaan käyttää kolmea eri kehystä, jotka ovat RTU (Remote Terminal Unit), ASCII (American Standard Code for Information Interchange) ja Modbus over TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). RTU ja ASCII:ta käytetään sarjaväylien päällä ja TCP/IP:tä käytetään Ethernet liitännöissä. (Piikkilä ym. 2017, 143.)

Modbusin tietoliikenne perustuu funktioihin, ja näitä funktioita ovat mm. rekisterien kirjoittamis- ja lukufunktiot. Modbusissa tiedonsiirto tapahtuu niin, että isäntä lähettää orjalaitteelle käskyn palauttaa haluttu määrä dataa. Isäntä lähettää laitteelle halutun funktiokoodin ja sen parametrit, joka sisältää kirjoittamisen alkuosoitteen, sanojen määrän ja kirjoittavan tiedon. Orjalaite toteuttaa isäntälaitteelta tulleen käskyn, ja isäntä voi käsitellä vain yhtä tapahtumaa kerrallaan ja orjalaite lähettää isännälle vastauskehysten toiminnan onnistuttua. Vastauskehys sisältää funktiokoodin ja palautettavan datan. (Piikkilä ym. 2017, 141.)

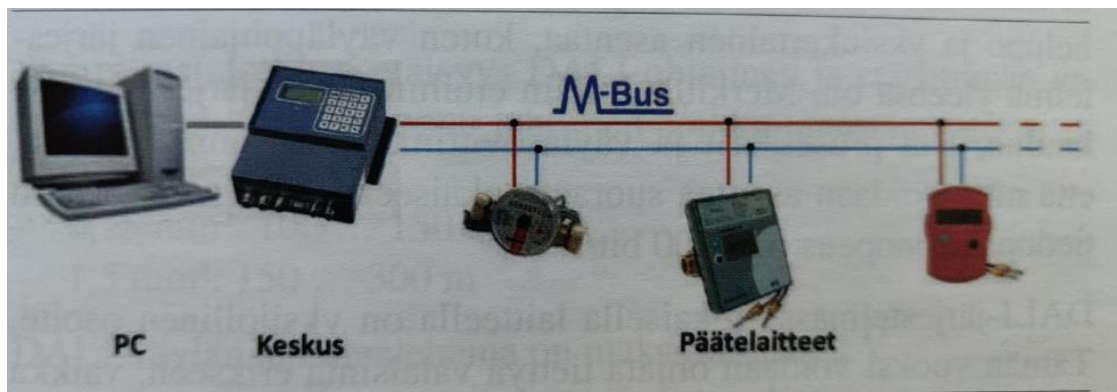
Modbus-väylän käyttö Siemensin järjestelmässä

Modbusia käytetään kolmannen osapuolenlaitteiden integraatioon Siemensin järjestelmään. Liitettäviä laitteita voi olla laidasta laitaan, ainoastaan niiden tulee käyttää Modbus protokollaa, jolloin ne voidaan liittää osaksi Siemens järjestelmää. Yleisimpiä laitteita, joita Modbus-väylällä liitetään, ovat valmiit paketti-IV-koneet, sähkö- ja energiamittareita ja erilaisia LVI-laitteita, joilla ei ole käytössä suoraa I/O:ta.

Modbusia hyödynnetään laajojen datojen siirrossa, jos pelkkä fyysinen I/O piste ei riitä. Modbus-väylän lukemiseen tulee käyttää TXI.Open -laitetta. (Jokiniitty 2019.)

5.5 M-bus

M-bus-protokolla perustuu standardiin EN 1434-3, joka määrittää vaatimukset lämpöenergiamittareiden tiedonsiirtoon. M-bus-väylässä päätelaitteita voi olla esim. vesi-, energia- ja sähkömittarit (kts. kuvio 19). M-Bus-protokolla on suunniteltu mittaustietojen siirtämiseen. M-bus- järjestelmään on yleensä kytketty tietokone, josta mittaustiedot voidaan lukea. Tiedonsiirtonopeus on 300 bit/s – 38,4 kbit/s. Tiedonsiirto tapahtuu aina isäntä-orja-periaatteella, koska päätelaitteet eivät kommunikoi keskenään. Samalla tiedonsiirto voi tapahtua yhteen suuntaan yhden orjan ja isännän välillä. Keskus lähettää päätelaitteelle kyselyn ja päätelaite lähettää vastauksen keskukselle. (Piikkilä ym. 2017, 146–147.)



Kuvio 19. M-bus-järjestelmärakenne (Piikkilä ym. 2017, 147.)

Kaikki M-bus päätelaitteet tarvitsevat vähintään 24 V käyttöjännitteen ja tämä tuodaan kahdella johtimella, joita myös päätelaitteet käyttävät tiedonsiirtoon. Suositus maksimipituus M-bus-kaapeloinnille on 4 km. Toistimilla voidaan lisätä verkon pituutta ja päätelaitteiden määrää. Samalla kaapelointi on yritettävä pitää erillään häiriölähteistä, kuten taajuusmuuttajasta ja suurten moottoreiden kaapeleista. M-bus verkkotopologia voi olla sarja-, tähti- ja yhdistelmätopologia.

Rengastopologian käyttö tuottaa ongelmia, koska jos yksi päätelaitta vikaantuu, pysähtyy koko verkon toiminta. (Piikkilä ym. 2017, 146–147.)

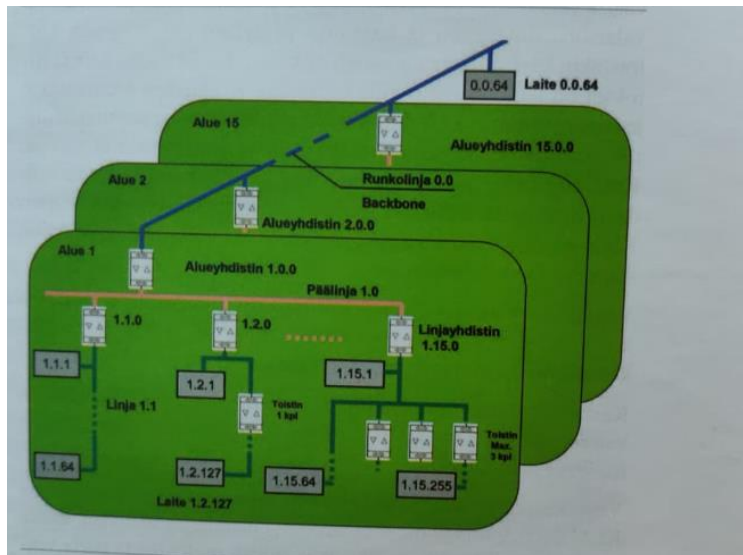
M-bus-väylän käyttö Siemensin järjestelmässä

M-busia käytetään kolmannen osapuolen mittareiden lisäämiseen Siemens järjestelmään. M-bus Masterilla luetaan väylässä olevat laitteet ja se antaa niille osoitteet, joita hyväksikäyttäen TXI.Open osaa lukea osoitteiden perusteella laitteiden mittauslukemia. (Jokiniitty 2019.)

5.6 KNX

KNX on kiinteistötiedonsiirtoväylä, jossa on yhdistetty energian- ja käytönhallinnan toiminnot. Kaikki toiminnot on yhdistetty yhdellä väyläkaapelilla, ja tämä väyläkaapeli on kaksinapainen heikkovirtakaapeli, jolla laitteet saavat käyttöjännitteen 30 V DC, ja sitä pitkin valvonta- ja ohjauskäskyt liikkuvat. Kaapelin kuljettama viesti ei häiriinny tai muutu, jos kaapeli kulkee samaa hyllyä energiakaapeleiden kanssa, sillä sanoma lähetetään symmetrisesti. KNX-verkon topologiaa voidaan käyttää väylä-, tähti-, puu- tai yhdistelmätopologiaa. Rengastopologia ei sovellu KNX-verkkoon, koska sanoma voi jäädä verkkoon kiertämään, tällöin väylä kuormittuu ja virheellisiä toimintoja tulee esiin. (Piikkilä ym. 2017, 129–130.)

Jokaisen KNX-laitteella on ID-tunnus, joka on 16 bitin pituinen. Kokonaisjärjestelmä voi jakautua maksimissaan 15 alueeseen. Nämä alueet voivat puolestaan jakautua enintään 15 linjaan. Normaalisti jokaisessa linjassa voi olla 64 liittynyttä (kts. kuvio 20). Ilman toistimia järjestelmässä voi olla maksimissaan 14 400 laitetta. Tämä laitemäärä on mahdollista saavuttaa, jos täysi osoitealue on käytössä. (Piikkilä ym. 2017, 130.)



Kuvio 20. KNX aluejako (Piikkilä ym. 2017, 130.)

KNX-väylän käyttö Siemensin järjestelmässä

KNX-väylää käytettiin Siemensin omista RX säätimissä, mitkä ovat poistumassa. Nykyään KNX-väylää käytetään TRA:ssa DXR2 tai PXC3 laitteisiin kytkiessä huoneyksiköitä. Maksimimäärä KNX-laitteita, joita yhteen DXR2 -säätimeen voidaan lisätä, on 5 ja PXC3 -säätimeen voidaan lisätä 16. Laite määrät ovat vakiot, koska virranmäärä tulee riittävä kaikille. (Rytkönen 2019.)

6 Siemens alakeskus moduulit ja prosessorit

Siemensillä on monia omia komponentteja ja kenttälaitteita. Näitä komponentteja ovat esim. prosessorit, moduulit ja väyläsovittimia. Kenttälaitteita on esim. venttiilit, venttiilimoottorit, peltimoottorit ja monia eri antureita pintamallisista kanava-antureihin.

Pääsääntöisesti Siemens toteuttaa rakennusautomaation omilla komponenteillaan. Tämä mahdollistaa varman tiedon siitä, että kenttälaitteet tulevat toimimaan ilman mitään erillisiä muutoksia. Siemensin järjestelmään on myös mahdollista liittää kolmannen osapuolen laitteita.

Proessorit

Siemensillä on rakennusautomaatiossa kolme erilaista prosessorimallia. Ulkoisesti prosessorit näyttävät samoilta ja ovat samankokoisia. Näiden prosessorien välillä eroja on I/O:n määrissä ja tiedonsiirtomenetelmässä. Prosessoreita ovat PXC50, PXC100 ja PXC200 (kts. kuvio 21). Nämä kolme prosessoria jakautuvat vielä tiedonsiirtomenetelmän mukaan seuraavasti: PXC50.D, PXC50-E.D, PXC100.D, PXC100-E.D, PXC200.D ja PXC200-E.D. Prosessoreita ei vain valita kohteisiin, vaan ne mitoitetaan kohteeseen tarpeiden mukaan. (Siemens 2012, 1–2.)



Kuvio 21. Siemens rakennusautomaatioprosessori PXC200-E.D (Automaatioyksiköt modulaarinen sarja 2012, 1.)

TXM-moduulit

Siemensillä on kolme erilaista moduulityyppiä. Näitä eri tyyppiä on digitaalitulomoduuli (TXM1.8D ja TXM1.16D), universaalimoduuli (TXM1.8U, TXM1.8U-ML, TXM1.8X ja TXM1.8X-ML) ja ohjausmoduuli (TXM1.6R ja TXM1.6R-M).

Digitaalitulomoduuli on tarkoitettu digitaalitulo- tai pulssiviestien vastaanottoon. Tästä moduulista on kahta mallia: 8D ja 16D. Niiden erona on, että toisessa on kahdeksan ylimääräistä tulokanavaa ja niitä voi käyttää vain digitaalituloviestien vastaanottoon. Moduulin kannessa on tulokanavien määrän verran ledejä, jotka kertovat onko kyseinen tulokanava päällä vai pois päältä. Näitä moduuleita käytetään kohteissa tilatietojen vastaanottoon kenttälaitteilta, esimerkiksi moottori ohjataan päälle ja takaisin tulee tilatieto, että moottori on mennyt päälle. (Siemens 2007, 1.) Kuvio 22 näkee miltä digitaalitulomoduuli näyttää.



Kuvio 22. Digitaalitulomoduuli TXM1.16D (Digitaaliset tulomoduulit TXM1.8D TXM1.16D 2007, 1.)

Universaalimoduuli on tarkoitettu vastaanottamaan digitaalitulo- ja analogituloviestejä 0-10V. Universaalimoduulilla voidaan ohjata analogilähtöjä 0-10V. Universaalimoduulista on kahta eri päämallia: 8U ja 8X, ja ne eroavat toisistaan siten, että 8X voi ottaa vastaan analogista virtaviestiä ja ohjata analogitulolla virtaviestiä. Näille molemmille universaalimoduuleille on vielä olemassa perusmallista poikkeava malli, jossa on näyttö. Universaalimoduuli on yleisimmin käytetty moduuli, koska sillä voidaan tehdä montaa asiaa kerralla, koska jokainen I/O piste voidaan konfiguroida yksilöllisesti, ja mikä tahansa I/O:sta voi olla tulo tai lähtö. Universaalimoduulilla voidaan esim. mitata lämpötilaa mistä vain, tai säätää vaikka puhaltimia. (Siemens 2007, 1.) Kuvio 23 näkee miltä universaalimoduuli näyttää.



Kuvio 23. Universaalimoduuli TXM1.8U (Universaalimoduulit TXM1.8U TXM1.8U-ML 2007, 1.)

Ohjausmoduuli on tarkoitettu digitaalilähtöviestien lähettämiseen. Tämä moduuli sisältää 6 relelähtöä, jotka voivat toimia pito- tai pulssikoskettimina. Koskettimet voivat toimia joko normal open tai normal close koskettimina. Tästä moduulista on olemassa toinen versio, missä jokaisella lähdöllä on painonappi ja tätä painonappia painamalla saadaan vaihdettua painon ajaksi koskettimien tilaa. Tätä moduulia käytetään kenttälaitteiden ohjaamiseen päälle, pois tai portaittain 1-3. (Siemens 2013.) Kuvioista 24 näkee miltä ohjausmoduuli näyttää fyysisesti.



Kuvio 24. Ohjausmoduuli TXM1.6R (Relemoduulit TXM1.6R TXM1.6R-M 2007, 1.)

TXI.Openia käytetään kolmannen osapuolen Modbus- ja M-Bus laitteiden liittämiseen Siemensin automaatiojärjestelmään. Tästä laitteesta on kahta eri mallia: TXI2.Open ja TXI2-S.Open (kts. kuvio 25). Laitteiden erona on, että TXI2.Open pystyy käsittelemään maksimissaan 160 datapistettä ja TXI2-S.Open maksimissaan 40 datapistettä. Modbus väylä on suoraan kytkettävissä TXI.Open laitteeseen, mutta M-bus-väylä tarvitsee välille Masterin. (Siemens 2019, 1–2.)



Kuvio 25. TXI2.Open (TX Open RS232/485 modules (TXI2.OPEN, TXI2-S-OPEN) 2019, 1.)

7 Laitteiston rakennusprojektin kulku

Laitteiston rakennushanke eteni neljässä vaiheessa. Nämä vaiheet olivat tarpeen kartoitus, suunnittelu, toteutus ja testaus. Aluksi kartoitusvaiheessa hankittiin haastatteluilla sidosryhmiltä tietoa, mitä laitteistolla halutiin tehdä, ja pyrittiin selvittämään, mitä komponentteja laitteiston tulisi sisältää. Kartoitusvaiheen tulosten perusteella pystyttiin aloittamaan seuraava vaihe, joka oli suunnitteluvaihe. Suunnitteluvaiheessa selvitettiin mitä laitteita ja komponentteja tarvitaan, jotta kartoitusvaiheessa selvitettyt vaatimukset täyttyvät parhaalla mahdollisella tavalla. Toteutusvaiheessa rakennettiin fyysinen laitteisto, jonka rakensi alihankkija tälle annettujen ohjeiden mukaan. Lopuksi laitteisto tuli testata ja varmistaa, että laitteisto soveltuu sille tehtyyn tarkoitukseen.

Tämän tyyppisellä kokonaisuudella tarvetta oli monella eri taholla. Sitä voitiin käyttää uusien työntekijöiden kouluttamiseen niin, että he oppivat käyttämään ohjelmointiohjelmaa ja oppivat tuntemaan laitteiston. Vanhemmille työntekijöille suurin tarve tuli, kun tehdään jotain erikoisempia automaattioratkaisuja, lisätään uusia, ennen käyttämättömiä kolmannen osapuolenlaitteita, tai käytetään ohjelmointikirjaston uusinta versiota ensimmäistä kertaa. Tällöin laitteistolla voidaan parantaa ohjelmoinnin laatua. Tämän kaltainen laitteisto soveltuu myös opiskelijakäyttöön kouluihin, jolloin opiskelijoilla on mahdollisuus tutustua Siemensin rakennusautomaattioratkaisuihin.

7.1 Käyttäjien tarpeiden kartoitus

Laitteiston kartoitus tapahtui suurimmaksi osaksi haastatteluiden avulla. Niitä käytiin eri konttoreiden toimihenkilöiden ja alempien toimihenkilöiden kanssa. Näihin haastatteluihin osallistui järjestelmäasiantuntijoita, sähköturvallisuuden vastaava, projektipäälliköitä ja tuotepäällikkö. Eri henkilöiden kanssa käytiin läpi heidän oma näkemyksensä siitä, miten testausympäristö pitäisi suunnitella, mitä sen pitäisi sisältää ja miten he näkevät, että testausympäristö helpottaisi heidän työtään tai alaisten työtä. Tämän jälkeen haastattelujen pohjalta tehtiin yhteenveto, jonka perustella saatiin suuntaviivat testausympäristön suunnitteluun.

Järjestelmäasiantuntijoiden kanssa käydyt haastattelut olivat lähimpänä sitä mitä käyttäjä haluaa, sillä he tulevat käyttämään tätä laitteistoa eniten työssään.

Järjestelmäasiantuntijoiden mielestä testausympäristö olisi erittäin hyödyllinen sekä uusille että vanhoille työntekijöille. Järjestelmäasiantuntijoiden mielestä tärkeimpiä testauksia on ristiriitahälytykset, olotilojen vaikutus ohjelmaan ja uudenlaisen ohjelmakokonaisuuksien toiminnan testaus. Haastatteluissa järjestelmäasiantuntijoiden kanssa nousi esille, että ohjelman arvoja tulee pystyä helposti muuttamaan simuloitaessa esim. potentiometrin avulla.

Testausympäristössä olisi myös hyvä olla ristiriitahälytyksien testausta varten kytkin, jolla voidaan ottaa takaisinkytkentä pois halutessa.

Sähkötyöturvallisuuden vastaavan kanssa käydyssä haastattelussa nousi keskeiseksi se, ettei testausympäristöä käytettäessä ole mahdollista saada sähköiskua. Samalla pohdittiin, miten laitteistoa pystyttäisiin hyödyntämään

sähkötyöturvallisuuskoulutuksessa. Haastatteluista ilmeni, että hänen mielestään testausjärjestelmä olisi loistava uusille ja vanhoille työntekijöille. Uudet työntekijät oppivat suoraan oikeat työskentelytavat ja menetelmät, ja vanhat työntekijät voivat parantaa työjälkeään ja työtapojaan. Sähkötyöturvallisuuden kannalta tärkeintä on ottaa huomioon komponenttien koteloitiluokka ja se, että laitteisto on tehty pienjännitstandardin SFS 6000 mukaisesti. Sähköturvallisuusvastaavan mielestä, mikäli tämän tyyppistä testauslaitteistoa halutaan myydä, tarvitaan CE-merkintä, jonka myöntää Suomen standardisoimisliitto. Näillä saadaan varmistettua, että

testausympäristö on tehty standardien mukaan, kun tarkastuspöytäkirjat ovat saatavilla. Tarvittavat irrotukset tehdään turvallisesti riviliittimiin ja sisäisissä johdotuksissa tulee käyttää holkkeja kaapelien päissä. Keskuksessa tulee olla kunnollinen pääkytkin. Viimeisenä tulee olla erotettuna 230 V ja 24 V. Näiden alueet tulee olla merkattuna.

Projektipäälliköiden kanssa käydyissä haastatteluissa keskityttiin kokonaisuuteen: miten tämä laitteisto auttaisi projekteissa ja henkilöiden ammattitaidon kehityksessä. Projektipäälliköitä osallistui haastatteluihin kaksi eri konttoreilta ja heidän näkemyksensä oli, että laitteisto olisi erittäin hyödyllinen projekteissa laadunvarmentamiseen ja samalla voidaan vähentää aikaa, mitä kohteessa käytetään, koska ohjelmien ongelmakohdat ja haasteet on jo testattu. Lisäksi laitteiston tulee olla mahdollisimman helposti muokattavissa jatkokehitystä ajatellen.

Tuotepäällikön kanssa haastattelut olivat tärkeitä työntekijöiden koulutuksen ja yleisen osaamisen kannalta. Hänen kanssaan mietittiin, mitä laitteistoa tulee minimissään olla, jotta uudet työntekijät voivat harjoitella ohjelmointia ja laitteiston käyttöä, sekä testausympäristön tulee sisältää sen verran komponentteja, että vanhat työntekijät voivat hyödyntää sitä. Hänen kanssa päädyttiin siihen tulokseen, että tarvitaan ohjausmoduuleita, universaalimoduuleita ja digitaalitulomoduuleita niin, että voidaan testata kokonainen IV-kone. Samalla mietittiin, mitä muita mahdollisuuksia testauslaitteisto voi sisältää, kuten valojenohjausta ja kosketuspaneelikäyttöliittymää, mutta näiden lisääminen hänen mielestään tällä hetkellä ei ole tarpeellinen, vaan se voisi olla mahdollinen jatkokehityskohta. Hänen kanssaan mietittiin, että kuinka paljon kannattaa lisätä fyysisiä kenttälaitteita testauslaitteistoon, mutta hänen mielestään kaikki inputit ja outputit ei kannata olla kytkettynä kenttälaitteisiin. Muutamia kenttälaitteita voi olla havainnollistamiseksi, mutta muuten tilamuutokset voivat olla esitetty indikaattoreilla.

Yhteenveto käydyistä haastatteluista on se, että testauslaitteisto olisi hyödyllinen työkalu sekä uusille, että vanhoille työntekijöille. Testauslaitteiston tulisi sisältää mahdollisuuksia simuloida mittauksia ja muuttaa niitä, sen pitäisi havainnollistaa ohjausviestien lähteminen, sen pitäisi tehdä ristiriitahälytysten kykintä kääntäen,

mahdollisuus liittää kolmannen osapuolenlaitteita Modbusilla tai M-busilla, ja siinä pitäisi olla laajentamismahdollisuus. Nämä kaikki kohdat tulisi sisällyttää testausympäristöön sähkötyöturvallisten määräysten puitteissa.

7.2 Laitteiston suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa luodaan suunnitelma testauslaitteiston rakentamiseksi. Laitteistoon valitaan, mitkä komponentit tarvitaan kartoituksen perusteella. Näiden valintojen jälkeen luodaan sommitelma siitä, miltä testauslaitteisto näyttäisi ja miten komponentit sijoitetaan. Kun nämä kaikki on tehty, voidaan testausympäristö rakentaa.

Kotelon sisälle tuleva prosessori on PXC.50 E.D, koska laitteistolla I/O pistemäärät eivät tule olemaan niin suuret, että tarvittaisiin isompaa prosessoria. Moduuleja tulee olemaan kaksi kappaletta universaalimoduuleja, joista toinen on TXM1.8U mittauksia varten ja toinen on TXM1.8X säätöviestejä varten, yksi digitaalitulomoduuli, yksi relemoduuli ja kolmannen osapuolen laitteita varten keskukseen sijoitetaan TXI2.Open. Universaalimoduuleina olisi voitu molempina käyttää 8U moduulia, mutta törmättiin ongelmaan jännitemittareiden kanssa. 8U moduulilla lähtevä jänniteviesti on vaihtosähköä ja mittausalue sen tyyppisissä digitaalimittareissa alkoi 30V:sta. Tästä syystä otettiin käyttöön toiseksi universaalimoduuliksi 8X, koska se voi antaa vaihtojännitteen lisäksi tasajännitettä. Tasajännitemittareiden mitta-alue alkoi yleensä 0V:sta. TXI2.Open laite lisättiin kotelon pohjalle, jotta laitteistoon voidaan kytkeä Masterin kautta M-bussilla tai suoraan Modbusilla fyysisiä laitteita suoraan Siemensin järjestelmään.

Tilan säästämiseksi toimilaitteiden ja antureiden sijoittaminen keskuksen sisälle on turhaa, koska niiden liikkumisen havainnoiminen ei tuota mitään lisäarvoa. Samaan aikaan testauslaitteistolla ei tarvitse testata kokonaista IV-konetta, kuten tuotepäällikkö oli mieltä, koska uudet työntekijät voivat harjoitella tekemällä yksinkertaisia ohjelmia, joilla nähdään, miten ohjelma toimii. Vanhat työntekijät taas kartoitusten perusteella testattavat vain spesiaaliratkaisuja tai uusia kolmannen osapuolen laitteiden integrointeja, jolloin heidän tarvitsee vain testata osa

ohjelmasta kerrallaan. Laitteiston sommittelussa käytettiin hyväksi sähkötyöturvallisuusvastaavan antamia vaatimuksia sähköturvallisuuden suhteen, kuten 230 V ja 24 V erottaminen selkeästi, sekä käytettiin riviliittimiä, samalla pitäen mielessä laitteiston mahdollisen laajentamiseen.

Liitteestä 1 näkee, miltä testauslaitteiston sommittelusuunnitelma näyttää. Testauslaitteiston kotelonkanteen on sijoitettu kaikki simulointiin tarvittavat komponentit. Ylin rivi on varattu digitaalitulojen komponenteille, joita ovat kytkimiä indikointiledit ja ristiriitahälytystä varten. Kytkimillä voidaan ottaa indikointi pois päältä ilman, että vaikutetaan ohjauksiin.

Seuraava rivi on tarkoitettu mittauksien simulointiin ja kytkimellä voidaan vaihtaa, tuleeko mittaustulos potentiometriltä vai banaaniliittimiltä. Potentiometrin kooksi valittiin $1k\Omega$, koska Siemensin yksi yleisimmistä kanavalämpötila-anturi on LG-Ni1000, minkä ohmimäärä on $1k\Omega$. Tällöin saadaan suoraan simuloitua LGNi1000 mittaustulosta, ja tarvittaessa ohjelmallisesti voidaan määrittää mittaustila, jos testauksissa käytettävä anturi on spesifioitu. Banaaniliittimiin voidaan kytkeä fyysinen anturi, jolloin voidaan testata niiden toiminta tai banaaniliittimiin voidaan kytkeä säädettävä virtalähde, jolla voidaan simuloida painemittauksia.

Kolmas rivi on tarkoitettu simuloimaan säätöviestien lähtemistä. Säätöviestejä simuloidaan digitaalisilla paneelijännitemittareilla, joiden mittaustila on 0-10V. Jännitemittareita käytetään siksi, koska se on helpoin tapa näyttää säätöviestin suuruus, ja koska Siemens käyttää 0-10V säätöviestejä.

Alin rivi on tarkoitettu simuloimaan ohjausviestejä. Ohjausviestit lähtevät ohjausmoduulilta ja niiden tilaa voidaan havainnoida ledeillä. Koska ohjaukset voivat olla joko sulkeutuvalla tai avautuvalla koskettimella, tarvitaan kytkin, jolla vaihdetaan kummalta koskettimelta, viesti tulee ledille. Näin ei tarvitse muuttaa itse kytkentää.

7.3 Toteutusvaihe

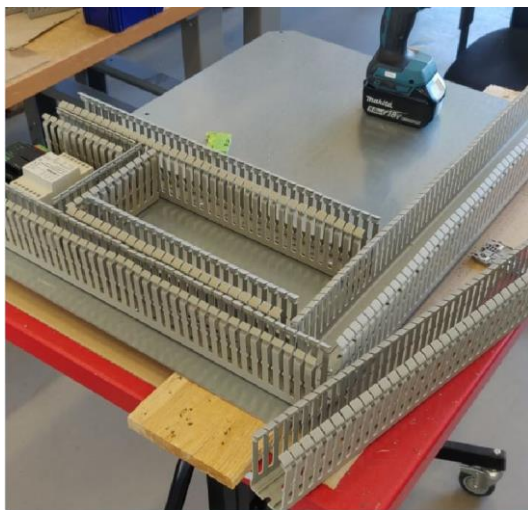
Toteutusvaihe aloitettiin pitämällä alihankkijan kanssa puhelinpalaveri testauslaitteistosta. Tässä palaverin annettiin työn toteutusta varten toimintaselostus suullisesti ja alihankkijalle lähetettiin kuvat sähköpostitse. Hänen kanssaan keskusteltiin mahdollisista vaihtoehdoista minkälaisiin kaappeihin/keskuksiin testauslaitteisto olisi hyvä rakentaa, ja mitä simulointikomponentteja olisi paras käyttää. Lopulta päädyttiin valitsemaan kaappi, jonka mitat olisivat 800 X 600mm. Kaapinkanteen tuli akryyli, jonka läpi näkee, mutta kaapin materiaali tulisi olla kevyt, jolloin valittiin muovinen kaappi.

Kotelon valittua pidettiin testauslaitteiston rakentajan kanssa kasvotusten palaveri, jonka tarkoituksena oli saada hänelle selkeä kuva laitteiston halutusta toiminnasta. Hänen kanssaan käytiin laite laitteelta läpi toiminnat ja käytiin vaatimukset, mitä sähkötyöturvallisuusvastaava asetti. Näitä vaatimuksia esimerkiksi oli: 230V erotus 24V:sta selkeästi, turvallisuuden kannalta sulake syöttöjännitteelle, kytkentäkaavioiden tekeminen. Keskustelujen jälkeen hän sai tarvittavat lähtötiedot laitteiston rakentamiseen ja kertoi aloittavansa kanteen tulevien komponenttien asentamisella, seuraavaksi sommitella ja laittaa paikalleen kaapin sisälle tulevat laitteet ja lopuksi kytkeä kaikki toimintaselostuksen mukaan.

Ensimmäisen rakennuspäivän jälkeen oltiin saatu kaikki kanteen tulevat komponentit paikalleen ja aloitettu kaappiin tulevien laitteiden sommittelu. Kuviosta 26 ja 27 näkee miltä laitteisto näytti siinä vaiheessa. Laitteistoon tehtiin pieni muutos poiketen sommitteluun suunnitelmasta. Tämä muutos oli, kun suunnitelmissa kotelonkansi aukesi toiseen suuntaan, joten tarvittiin kääntää laitteet toisinpäin ja pystykouru vaihdettiin saranapuolelle. Myös toinen muutos oli, kun muutamat komponentit käyttävät toimiakseen vaihtosähköä ja jotkut tasasähköä, asennettiin testauslaitteistoon kaksi eri jännitelähdettä.



Kuvio 26. Kotelon kansi ensimmäisen rakennuspäivän jälkeen



Kuvio 27. Sommittelu ensimmäisenä rakennuspäivänä

Laitteiston rakennusprojekti eteni hyvin. Suurimpana haasteena oli, kun laitteiston kotelon sisälle näkee akryylin läpi, niin kaapelien vienti kotelon kanteen piti toteuttaa huolellisesti. Kun kotelon sisällä tulevat komponentit olivat paikalla, niin aloitettiin kaapelointi. Tässä kohtaa käytiin vielä kosmeettisia keskusteluja kanteen tulevien kaapeleiden vedosta. Keskusteluissa päädyttiin siihen, että kaapelit vedetään

rivikerrallaan yhtä linjaa pitkin, ja mitään kaapeleita ei vedetä pystysuunnassa. Tällöin mahdollistetaan paras näkyvyys kotelon sisälle.

Kotelon kaapeloinnin valmistuttua asentajan kanssa käytiin vielä varmistukseksi läpi miten kaapelointi toteutetaan moduuleille. Lisäksi asentajan kanssa otettiin puheeksi, että 230 V komponenttien päälle pitäisi laittaa kosketussuoja, ettei niihin päästä käsiksi muuten kuin työkaluilla. Heillä oli valmiina muovin käsittely- ja kaiverruskone, jolla pystyttäisiin tekemään tämäntyyppinen suoja.

Neljäntenä rakennuspäivänä laitteiston kaikki kytkennät oltiin saatu valmiiksi. Kuvioista 28 ja 29 näkee lopputulokset kytkennöistä, ja laitteistoon oltiin lisätty aikaisemmin puhuttu jännitesuoja. Tämän suojan jälkeen viimeinen vaihe oli tehdä laitteistolle standardin mukaiset testaukset (kts. liite 2). Alihankkijan kanssa puhuttiin näistä testeistä ja samalla nousi esiin laitteiston CE-merkinnän hankinta. Alihakkija sanoi, että heidän kauttaan tule laitteistoon CE-merkintä, kun he saavat sen testattua. Alihankkijalla oli EU sertifikaattiluvat antaa CE-merkintä, jolla he vakuuttavat laitteiston toimivuuden (kts. liite 3). Lisäksi heidän kauttaan tule laitteiston kytkentäkaaviot, jotka esitetty liitteessä 4.



Kuvio 28. Valmiiksi kytketty testauslaitteisto

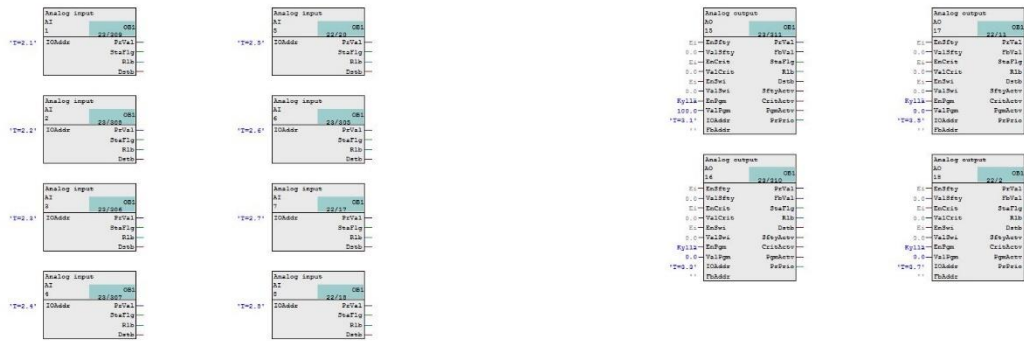


Kuvio 29. Kansikuva testauslaitteistosta

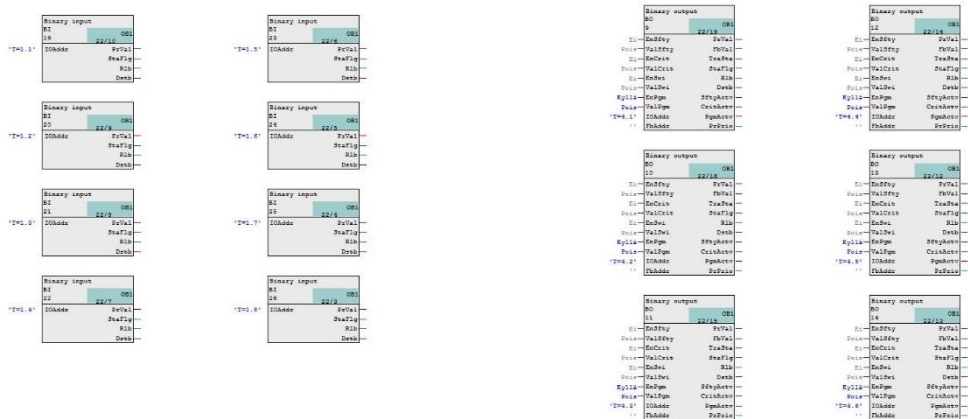
7.4 Laitteiston testaus ja toiminnan varmistus

Laitteiston testaus suoritettiin kahdessa vaiheessa, jotka olivat I/O-pisteiden -ja kirjasto-ohjelman testaus. I/O-pisteiden testauksessa katsottiin jokainen I/O-piste ja varmistettiin niiden oikeanlainen toiminta (kts. kuvioita 30 ja 31). Testaukset alkoivat lupaavasti, kun katsottiin binäärilähtöjen ja analogilähtöjen toimintaa. Binäärilähdöt toimivat suunnitelmien mukaisesti ja analogilähdöt toimivat kyllä, mutta niissä pitää huomioida se, että jokainen mittalaite antaa pienen mittausrvirheen, ja tässä tapauksessa mittausrvirhe oli kahdessa mittarissa $\pm 0,1$ V. Tulosten testaamisessa huomattiin, muutama ongelmakohta, ja nämä ongelmakohdat olivat, että mitkä parametrit asetetaan analogitulolle, ja binääritulot olivat päällä vaikka niiden ei pitäisi olla. Parametrien selvittämisessä valittiin anturityypiksi vastus, jonka maksimi suuruus on 2500Ω , ja nousukäyrää muuttamalla saatiin analogiarvo olemaan sopivalla käyttöväliillä. Analogiarvon sopiva käyttöväli on $-35-65 \text{ }^\circ\text{C}$, koska ulkolämpötila erittäin harvoin menee alle $-35 \text{ }^\circ\text{C}$ ja yli $50 \text{ }^\circ\text{C}$ nestettä lämmityspiirissä ei käytetä, joten tuo sopiva käyttöväli. Binääritulosten ongelman ratkaisu oli yksinkertainen, kun suunnitelmia tehdessä ei otettu huomioon, että TXM.16D tulot tarvitsevat potentiaalivapaan viestin. Tämän ongelman korjaamiseen tarvittiin tehdä pieniä muokkauksia kytkentöihin ja lisätä rele sulkeutuvalla kärjellä. Kytkentöjä

muokattiin niin, että TXM.16D syöttää itse pientä jännitettä, joka kulkee releen koskettimien läpi. Relettä ohjataan 24 V, joka kulkee kytkimen läpi aktivoimaan releen, jolloin binääritulo aktivoituu samalla kun kytkintä kääntää. Näiden ongelmanratkaisujen jälkeen voitiin todeta, että kaikki tulot ja lähdöt toimivat ongelmitta.



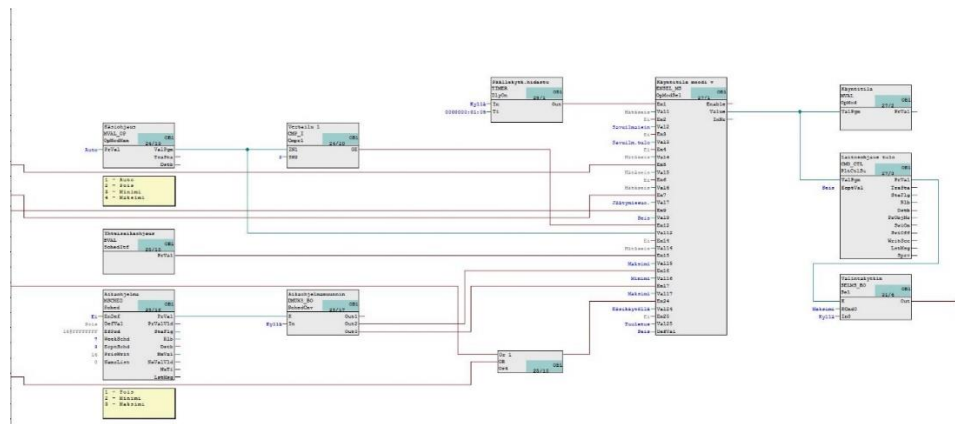
Kuvio 30. Ohjelma analogitulojen ja -lähtöjen testaukseen



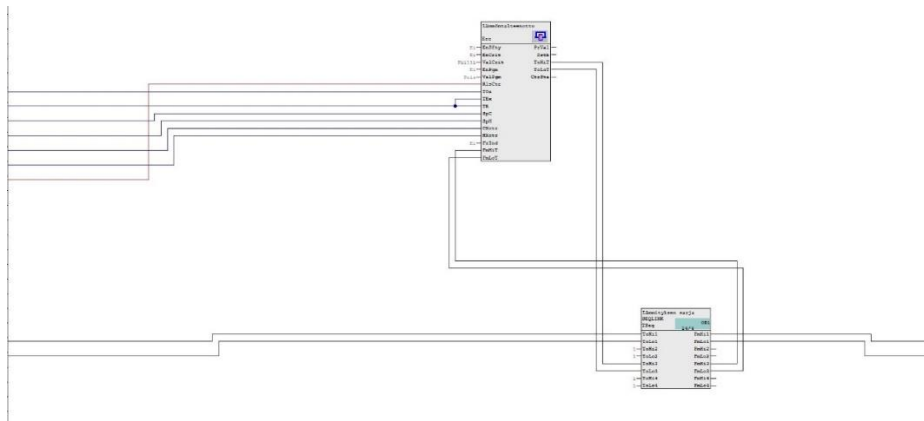
Kuvio 31. Ohjelma digitaalitulojen ja -lähtöjen testaukseen

I/O-pisteiden testausten jälkeen aloitettiin testaamaan kirjasto-ohjelmistoa. Tähän valittiin olemassa olevan kohteen ohjelma yhdestä ilmanvaihkokoneesta. Tätä valmista ohjelmaa tuli muokata hieman, että I/O-pisteiden määrä riitti. Ohjelmasta

karsittiin pois pisteitä, jotka eivät olleet olennaisia koko ohjelman toimintaan. Näitä pisteitä olivat pääosin yksittäisiä mittauksia, jotka eivät vaikuttaneet ohjelman säätöihin. Kuvioista 32 - 36 näkee valmiiksi muokatun ohjelman, jota käytettiin testauksissa. Kun kaikille pisteille oltiin asetettu osoite ja ohjelmaa karsittu voitiin tehdä testaukset ohjelman toiminnasta. Näihin testeihin kuului esim. ulkolämpötilan vaikutus koko ohjelman toimintaan, puhaltimien toiminta, jäätymissuojan testaus ja pumpun indikoinnin vaikutus koko ohjelmaan. Ulkolämpötilan muuttuessa korkeammaksi ohjautui lämmityspatterin venttiili pienemmälle, ja tämän näki laitteistossa olevasta mittarista, että 4V ohjaus alkoi tippumaan, kunnes saavutettiin 0V. Laskemalla tulo -tai poistopainearvoa saatiin puhaltimien säädöt nousemaan ja laskemaan. Jäätymissuojaa testatessa laskettiin ohjelmassa lämmityspatterin lämpötilaa alle 7°C, jolloin puhaltimet sammuiivat ja patterin venttiiliohjaus ohjautui täysin auki ja tämän tilan poistamiseksi tarvittiin kuitata jäätymissuojahälytys, jonka jälkeen laitteisto jatkoi normaalia toimintaansa. Laitteisto toimi moitteettomasti kaikista mahdollisista testeistä.



Kuvio 32. Testatun ilmanvaihokoneenohjelman ensimmäinen sivu



Kuvio 36. Testatun ilmanvaihtokoneenohjelman viides sivu

Testauksien jälkeen voitiin todeta, että laitteisto toimi, mutta laitteiston toiminta tuli vielä näyttää käyttäjille ja kuunnella heidän mielipiteensä. Laitteiston toimintaa seurasi kokenein työntekijä, ja hän halusi nähdä kaikki mitä oltiin testattu. Hänen kanssaan, kun testit oltiin käyty läpi, niin hänellä oli yksi lisäys laitteistoon. Tämä lisäys oli, että lisättäisiin laitteiston sisälle yksi Ethernet kaapeli prosessorin PX10 porttiin, jonka kautta prosessoriin voidaan ladata uusi Firmware, sillä kun pitää testata ohjelmaa eri Firmwarella, tulee Firmware versio voida vaihtaa mahdollisimman helposti. Tämän lisäyksen jälkeen hänkin päätyi samaan lopputulokseen, että laitteisto on toimiva.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja rakennuttaa testaus- ja simulointilaitteisto Siemens Osakeyhtiölle. Testaus- ja simulointilaitteisto suunniteltiin käyttäjien tarpeiden mukaan, jolloin laitteiston tuli pystyä toteuttamaan mahdollisimman monta käyttäjiltä tullutta vaatimusta.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin toimiva laitteisto, jolla uudet ja vanhat työntekijät voivat testa ohjelmointia. Laitteisto kattaa kaiken olennaisen mitä tarvitaan yksinkertaisen ilmastointikoneen tai muun osakokonaisuuden testaamiseen. Tulokset

vastasivat sitä, mitä toimeksiantajan kanssa oltiin suunniteltu. Laitteistoa ruvetaan jatkokehittämään lähitulevaisuudessa vielä pidemmälle, jonka jälkeen laitteistoa voidaan sovittaa muihin Suomen Siemensin konttoreihin. Merkittävimpänä tuloksena koko laitteistossa on tarpeiden kartoitus ja niiden pohjalta sovellettu suunnitelma, koska siinä tuli ottaa huomioon komponenttien yhteensopivuus Siemensin laitteiston kanssa. Laitteiston kaikkia vaatimuksia ei pystytty toteuttamaan, joten laitteistoon jätettiin tilaa mahdollisille jatkokehityksille.

Työssä onnistuttiin kartoittamaan käyttäjien tarpeet ja soveltaa kartoituksissa esiintyneitä vaatimuksia suunnitelmassa, jotta laitteiston tuloja ja lähtöjä voitiin ohjata selkeästi. Soveltaminen suunnitelmissa avasi uusia mahdollisuuksia ja samalla pystyttiin kehittämään uusia ideoita laiteiston jatkokehitykseen.

Työn aikana ilmeni este laitteistoa suunnitellessa, joka oli keksiä, miten tuloja ja lähtöjä voidaan simuloida. Kaikki komponentit eivät olleet niin yksinkertaisesti kytkettävissä moduuleihin. Digitaalilähdöt toimivat ainostaan suoraan ilman suurempia muokkauksia, mutta kaikissa muissa tuli soveltaa. Digitaalitulojen kanssa huomattiin, kun tutkittiin tarkemmin datalehteä jossa sanottiin, että moduuli toimii potenttiovapaana. Analogitulojen simuloimiseen käytettiin potentiometrejä, joiden arvoja voidaan rajata ja skaalata sopimaan käyttötarkoitukseen. Analogilähtöjä haluttiin esittää digitaalisella näytöllä, mutta semmoisen löytäminen oli hankalaa, joka toimi oikealla alueella. Luettua datalehtiä huomattiin, että ei tarvitse käyttää yleisessä käytössä olevaa AC-lähtöä vaan voitiin käyttää DC-lähtöä.

Testaus- ja simulointilaitteistoa voidaan hyödyntää uusien työntekijöiden koulutuksessa, yleisesti työntekijöiden laadunvarmentamisessa sekä kouluissa opiskelijoiden opetusmateriaalina.

Laitteiston suunnittelussa ja toteutuksessa oltiin huomioitu mahdollisuus jatkokehitykseen. Kaapin sisälle jätettiin tilaa riviliittimille ja lisä moduleiden asentamiselle. Näitä voidaan hyväksikäyttää irrotettavien liitoslaitteiden liittämisessä olemassa olevaan laitteistoon niinsanoittuina lisäosina. Irrotettavia liitoslaitteita pohdittiin jo kartoitusvaiheessa, kun joitain osia ei voitu mahduttaa tähän

laitteistoon tai ne eivät olleet välttämättömiä suurimpien tarpeiden ohella. Ensimmäisenä liitoslaite ideana oli kotelo jolla on mahdollisuus testata palopeltien ja palopeltimoottoreiden tilatietoja, sekä niihin liittyviä ohjelma ratkaisuita. Toinen liitoslaiteidea oli integroida Siemensin uusi käyttöpaneeli laitteistoon, jolloin pystyttäisiin kouluttamaan työntekijöitä sen käytössä. Syynä siihen miksi tässä vaiheessa käyttöpaneelia ei lisätty laitteistoon oli, että käyttöpaneelia käyttäessä tarvitsee ohjelmaan lisätä tietyt pisteet, ja kun haluaa vain testata ohjelman toimivuuden ilman käyttöpaneelia nämä puuttuvat pisteet tuottavat turhia haittoja.

Lähteet

Automaatioyksiköt modulaarinen sarja. 2012. Datalehti. Siemens HIT verkkosivu. Viitattu 9.3.2019.

<https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=BPZ%3aPXC100-E.D>, Documents, Datasheet

Desigo CC system description Version 3.0. 2018. Datalehti. Siemens Osakeyhtiö. Datalehti Siemensin Sharepointista. Viitattu 17.3.2019.

Desigo Insight valvomon käyttö, V6.0. 2016. Käyttöohje. Siemens Osakeyhtiö. Käyttöohje Siemensin Sharepointista. Viitattu 12.3.2019.

Digitaaliset tulomodulit TXM1.8D TXM1.16D. 2007. Datalehti. Siemens HIT verkkosivu. Viitattu 9.3.2019.

<https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=BPZ%3aTXM1.16D>, Documents, Datasheet

Härkönen, P., Liedes, R., Mikkola, J., Piikkilä, V., Pusa, K., Sahala, A., Sahlstén, T., Sandström, B., Sirviö, A., Spangar, T. & Sulku, J. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähkötieto ry

Jokiniitty, R. 2019. Järjestelmäasiantuntija. Siemens Osakeyhtiö. Haastateltu 7.3.2019

Kauhaniemi, Juhani. 2018. PX tuotepäällikkö. Siemens Osakeyhtiö. Haastateltu 5.2.2019

Lehtonen, M. 2019. Talotekniikkapäällikkö. NCC. Haastateltu 14.2.2019

Liedes, R., Piikkilä, V., Sahala, A., Sahlstén, T. & Sulku, J. 2017. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. Espoo: Sähkötieto ry.

Piikkilä, V., Sahlstén, T. 2017. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. Espoo: Sähkötieto ry.

Rantapaju, N. 2018. Koja Oy Future ++ Mitoitusohjelma v2019-10-31, Koja Oy

Relemodulit TXM1.6R TXM1.6R-M. 2007. Datalehti. Siemens HIT verkkosivu. Viitattu 9.3.2019.

<https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=BPZ%3aTXM1.6R>, Documents, Datasheet

Rytkönen, V. 2019. Järjestelmäasiantuntija. Siemens Osakeyhtiö. Haastateltu 7.3.2019

TX Open RS232/485 modules (TXI2.OPEN, TXI2-S-OPEN). 2019. Datalehti. Siemens HIT verkkosivu. Viitattu 9.3.2019.

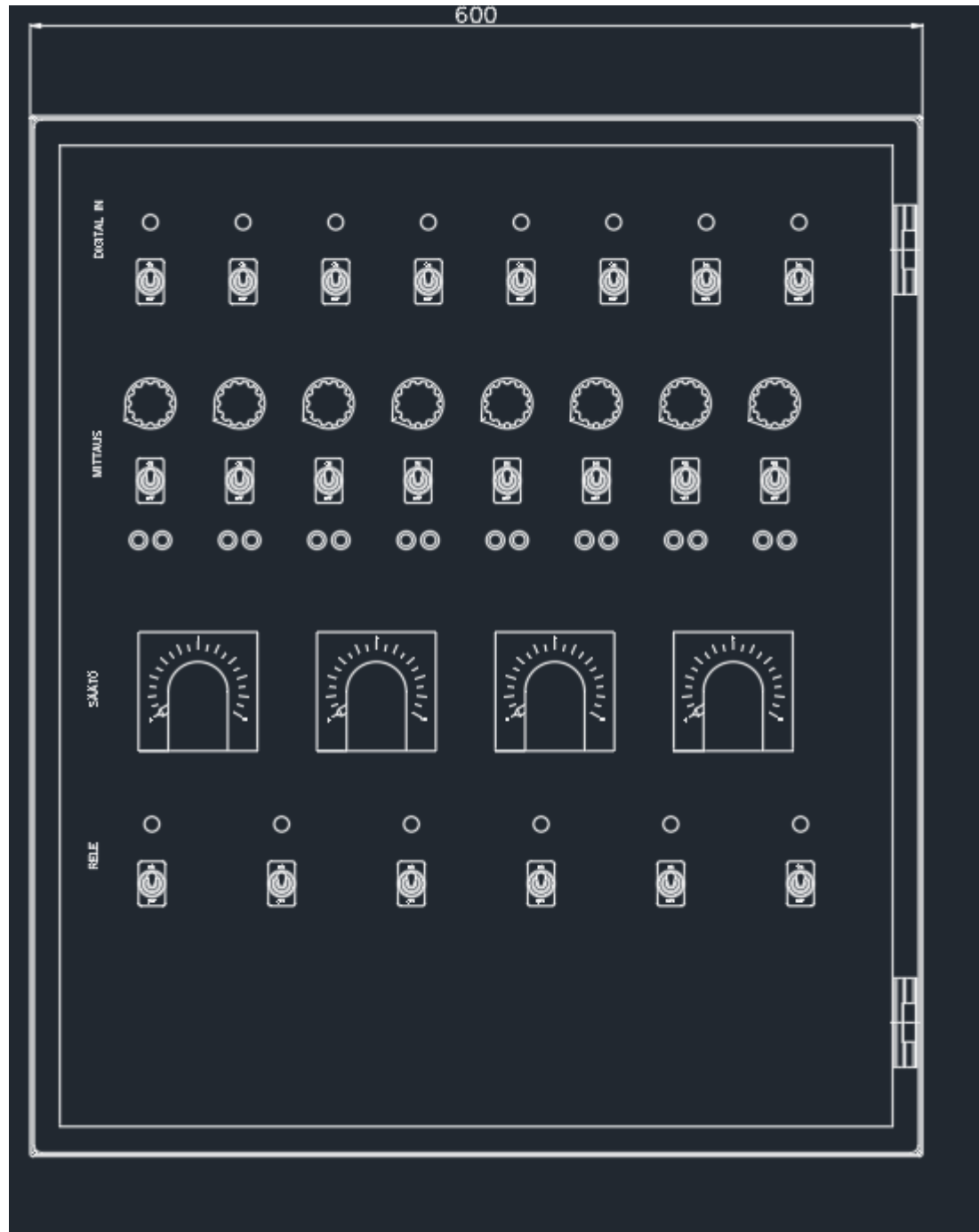
<https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=S55661-J120>, Documents, Datasheet

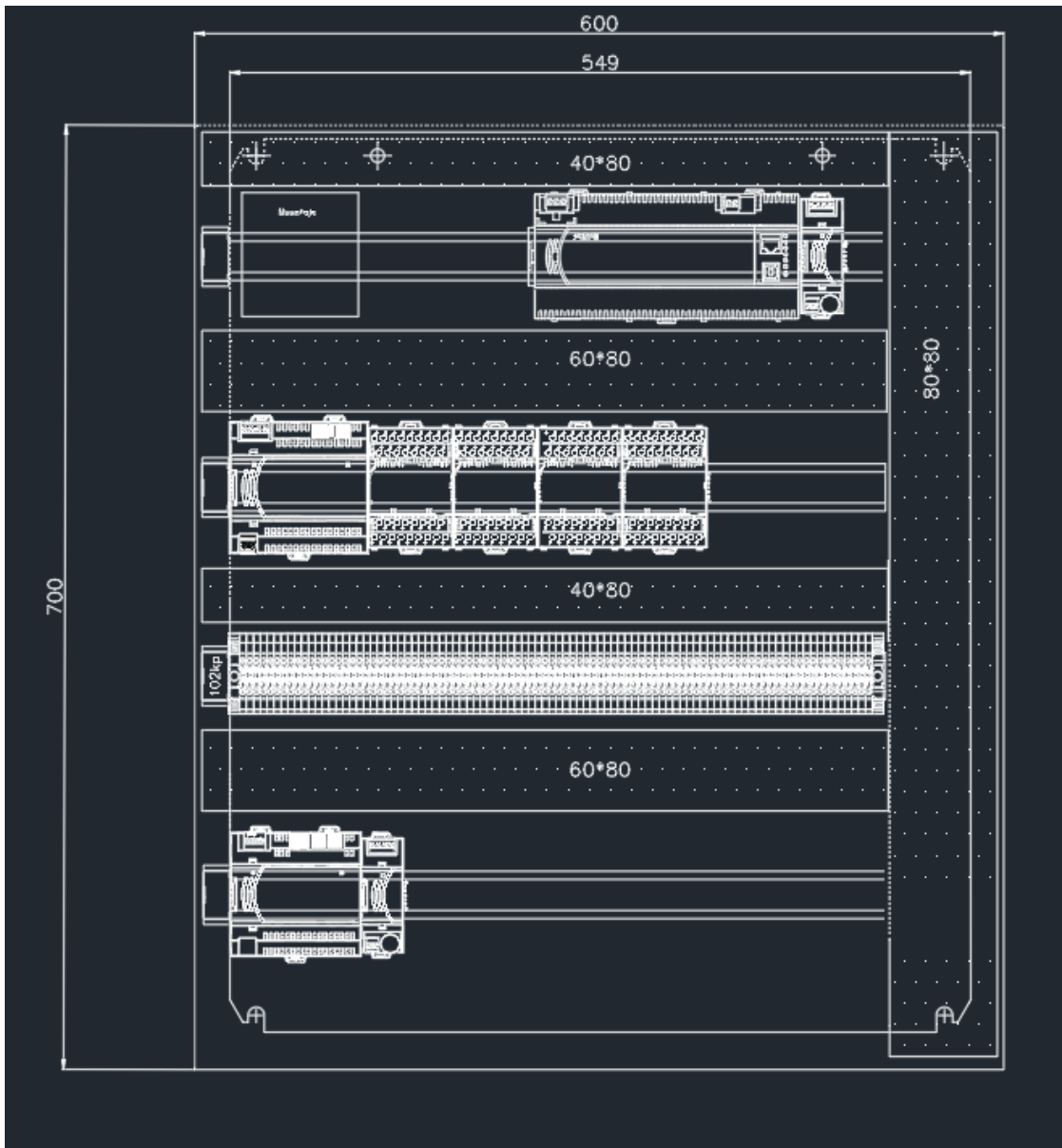
Universaalimoduulit TXM1.8U TXM1.8U-ML. 2007. Datalehti. Siemens HIT verkkosivu. Viitattu 9.3.2019.

<https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=BPZ%3aTXM1.8U>, Documents, Datasheet

Liitteet

Liite 1. Suunnitelma testauslaitteiston





Liite 2. Tarkastuspöytäkirja



TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Päiväys 22.03.2019
Tilaaaja Siemens Osakeyhtiö
Projekti FAB 34, VAK-4 T (4511065226)
Tuote Siemens alakeskus 600x800x210
Vak-tunnus VAK4-PXC100
Sarjanumero 160100
Positiotieto -

Aistinvarainen tarkistus

Kalustus

- Laitetyypit
- Laitteiden järjestys
- Laitteiden virta-/tehoarvot
- Kojeiden jännitearvot

Suojaus

- Kosketussuojaus
- Tiiveys

Sähköinen koestus

Kytkenät

- 24 VAC virtapiirit
- 230 VAC virtapiirit
- 400 VAC virtapiirit
- 24 VDC virtapiirit
- 12 VDC virtapiirit
- Mittaritesti

Maadoitukset

- Runko
- Merkit
- TE-kisko
- PE-kisko

Tarvikkeet

- Kiinnitystarvikkeet
- Piirustustasku
- Avain
- Läpiviennit

Mittaukset

- Eristysvastusmittaus U=500V

550 MΩ

Kytkenät

- Johtimien poikkipinnat
- Liitokset
- Johdinmerkinnät

Sisteys

- Keskus puhdistettu

Piirustukset

- Muutokset merkitty

Tekijä VAK tuotanto VAK tuotanto

Tarkastaja Sami Silvennoinen

Huomautukset

Liite 3. CE-merkinnän sertifikaatti

EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus

Me

JIS-Automation Oy
Vesalantie 16
33960 Pirkkala
0103278730
info@jis-automation.fi

vakuutamme yksinomaan omalla vastuulla, että seuraava tuote

Laitte: Valvonta-alakeskus
Tuotemerkki: VAK
Malli/tyyppi:
230VAC/24V

täyttää

pienjännitedirektiivin (LVD) 2006/95/EY,
sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevan EMC-direktiivin 2004/108/EY

vaatimukset sekä on seuraavien harmonisoidujen standardien sekä teknisten eritelmien mukainen:

LVD: SFS-EN 61439-1 Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset
SFS-EN 61439-2 Pienjännitekeskukset. Osa 2: Ammattikäyttöön tarkoitetut keskukset
(jakokeskukset)

EMC: SFS-EN 61439-1 Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset
SFS-EN 61439-2 Pienjännitekeskukset. Osa 2: Ammattikäyttöön tarkoitetut keskukset
(jakokeskukset)

CE-merkinnän kiinnittämivuoden kaksi viimeistä numeroa: 19

Pirkkala 1.1.2019

Valmistaja:
JIS-Automation Oy



Mikko Laitila, tuotantojohtaja

