



# ILMANVAIHTOKONEEN YKSIKKÖSÄÄTIMEN TO- TEUTUS MODICON M171 - LOGIIKALLA

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Matti Savolainen			
Työn nimi Ilmanvaihtokoneen yksikkösäätimen toteutus Modicon M171 -logiikalla			
Päiväys	4.6.2016	Sivumäärä/Liitteet	36/8
Ohjaaja lehtori Heikki Laininen			
Toimeksiantaja Iisalmen Sähkö- ja Automaatiosuunnittelu Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön aihe oli ilmanvaihtokoneen yksikkösäätimen toteutus Schneider Electricin Modicon M171 Performance Blind -logiikalla. Työn toimeksiantajana toimi Iisalmen Sähkö- ja automaatiosuunnittelu Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä uuteen Modicon M171 -logiikkatuotepereheeseen ja SoMachine HVAC -ohjelmointiohjelmaan, sekä miten kyseinen logiikka soveltuu rakennusautomaatioon.</p> <p>Markkinoilla olevat kokonaisvaltaiset rakennusautomaatiojärjestelmät ovat yleensä liian järeitä ja arvokkaita pienehköihin kohteisiin. Työn alussa tavoitteeksi asetettiin saada toteutetuksi modulaarinen, helposti räätälöitävä ja nopeasti käyttöönotettava rakennusautomaatiojärjestelmä pienehköihin kohteisiin. Työn edetessä todettiin, että Modicon M171 -logiikka ja SoMachine HVAC -ohjelmointiympäristö eivät välttämättä sovellu kokonaisvaltaiseksi rakennusautomaatiojärjestelmäksi ja aihe rajattiin ilmanvaihtokoneen yksikkösäätimen toteutukseen. Työhön käytetystä ajasta suurin osa meni uuden ohjelmointiympäristön opetteluun, valvomon toteutukseen, sekä työssä käytettyjen komponenttien välisten yhteyksien kuntoon saamiseen ja testaukseen.</p> <p>Työn tuloksena saatiin toteutettua kohteena toimineen toimistorakennuksen ilmanvaihtokoneen yksikkösäädin. Yksikkösäätimen toiminta testattiin kohteeseen suunnitelluilla komponenteilla, kohteen ilmanvaihtokoneesta tehtiin ilmanvaihtokoneen säätökaavio ja yksikkösäätimen keskusta varten tehtiin piirikaaviot. Yksikkösäätimen keskuksen kokoonpano, asennus ja käyttöönotto jäivät tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.</p>			
Avainsanat Ohjelmoitava logiikka, ilmanvaihto, yksikkösäädin			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Matti Savolainen			
Title of Thesis Ventilation controller with Modicon M171 programmable logic controller			
Date	4 June 2016	Pages/Appendices	36/8
Supervisor Mr. Heikki Laininen, Lecturer			
Client Organisation Iisalmen Sähkö- ja automaatio suunnittelu Oy			
<p>Abstract</p> <p>The topic of this Bachelor´s thesis was to accomplish ventilation controller with Schneider Electric Modicon M171 PLC. The ventilation controller was commissioned by Iisalmen Sähkö- ja automaatio suunnittelu Ltd. The object of this Bachelor´s thesis was to learn about the new PLC product family Modicon M171 and the programming software SoMachine HVAC. It was also studied how suitable the Modicon M171 programmable logic controller is to work as building management system.</p> <p>Most of the building management systems on the market are too expensive and complex for rather small properties. The objective was to accomplish building management system for this purpose that is modular, easy to edit and fast to commissioning. While working on the project it started to feel that building management system was a bit too complex for the currently used PLC and programming software. The objective was redefined to accomplish ventilation controller.</p> <p>As a result, a ventilation controller was accomplished which is suitable for air supply unit of the specific office building. The behavior of the controller was tested with real hardware but the installation and commissioning of the controller was left out of this Bachelor´s thesis.</p>			
Keywords Programmable logic controller, PLC, ventilation, controller			

## KÄSITTEET

**HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning)** termillä tarkoitetaan rakennuksen lämmitykseen, ilmanvaihtoon ja jäähdytykseen liittyvää teknologiaa.

**Ilmanvaihto** tarkoittaa rakennuksen huoneilman laadun parantamista ja ylläpitämistä huoneen ilmaa vaihtamalla (Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, 2011)

**IO**:ta käytetään automaatiassa yleisnimityksenä logiikan analogia- ja digitaali- tuloille ja lähdöille.

**Laiteohjelmisto**, englanniksi Firmware, on laitteeseen asennettu ohjelmisto, joka ohjaa laitteen perustoimintoja.

**Väylä**llä tarkoitetaan automaatiassa yleensä vähälankaista johdotusta vaativaa ja sarjaliikennettä hyväksikäyttävää kommunikointitapaa vähintään kahden laitteen välillä. Tällaisia ovat muun muassa Modbus-, CAN- ja Profibus-väylät.

**Yksikkösäädin** on laite, joka toteuttaa sille asetetun säädön itsenäisesti.

## ESIPUHE

Opinnäytetyössä *Ilmanvaihtokoneen yksikkösäätimen toteutus Modicon M171 -logiikalla* pääsin perehtymään vuoden 2014 lopulla Schneider Electricin markkinoille tuomaan Modicon M171 -logiikkatuoteperheeseen, logiikkasuunnittelun vaiheisiin aina tarvesuunnittelusta ohjelmointiin, ilmastointitekniikkaan ja ilmastointikoneen toimintaperiaatteisiin. Täysin uuden ohjelmointiympäristön opettelu vaati todella paljon aikaa ja kärsivällisyyttä. Hankalin vaihe työssä oli löytää raja, mitä kyseisellä logiikalla pystyy toteuttamaan ja mitä ei.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Iisalmen Sähkö- ja automaatio suunnittelu Oy:lle. Haluan kiittää hallituksen puheenjohtajaa Petri Kärkkäistä työn mahdollistamisesta ja kehitysideoista sekä toimitusjohtajaa Mikko Murtolaa työn aiheesta ja kehitysideoista. Lisäksi haluan kiittää Savonia-ammattikorkeakoulun lehtori Heikki Lainista työn ohjauksesta.

Kuopiossa 4.6.2016

Matti Savolainen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	IISALMEN SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOSUUNNITTELU OY.....	8
3	ILMANVAIHTO .....	9
3.1	Sisäilmasto .....	9
3.2	Ilmastointijärjestelmä.....	10
3.3	Ilmastointikone.....	11
4	YKSIKKÖSÄÄTIMEN LAITTEISTO .....	13
4.1	Modicon M171 Performance Blind -logiikka .....	14
4.2	SoMachine HVAC -ohjelmisto .....	15
4.2.1	Connection development tool.....	15
4.2.2	Application development tool .....	15
4.2.3	User Interface development tool .....	18
4.2.4	Device development tool .....	18
4.2.5	Simulation development tool.....	19
4.3	Altivar 312 -taajuusmuuttaja .....	19
4.4	TEK NTC 10 -lämpötila-anturi .....	19
4.5	PEL 2500 -paine-erolähetin.....	20
5	TOIMISTORAKENNUKSEN ILMANVAIHTOKONEEN YKSIKKÖSÄÄDIN .....	21
5.1	Altivar 312 -taajuusmuuttajan ohjaus.....	21
5.2	Ilmanvaihdon säätö.....	24
5.3	Hälytykset ja häiriöt .....	27
5.4	Valvomo.....	28
5.4.1	Tuloilmakone .....	28
5.4.2	Poistoilmakone.....	29
5.4.3	Hälytykset .....	30
5.4.4	Asetukset .....	31
5.5	Yksikkösäätimen jatkokehitys.....	32
6	YHTEENVETO.....	34
	LÄHTEET .....	35
	LIITE 1: ILMANVAIHTOKONEEN SÄÄTÖKAAVIO .....	37
	LIITE 2: ILMANVAIHTOKONEEN YKSIKKÖSÄÄTIMEN PIIRIKAAVIO .....	40

## 1 JOHDANTO

Rakennusautomaatiolla on tärkeä merkitys kiinteistön talotekniikan hallinnassa ja kunnossapidossa. Automaatiolaitteiden hintojen laskiessa yhä useampaan kohteeseen on kannattavaa ja mielekästä hankkia jonkin tasoista rakennusautomaatiota. Kokonaisvaltaisella rakennusautomaatiojärjestelmällä voidaan hallita eri järjestelmien välisiä lukituksia esimerkiksi, ettei jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmä toimi yhtä aikaa, tallentaa trendejä ja antaa hälytyksiä vika- ja poikkeustilanteissa. Rakennusautomaatiolla voidaan myös säätää ilmanvaihtoa, lämmitystä tai jäähdytystä tarpeen mukaan, jolloin säävutetaan energiansäästöä. Markkinoilla olevat kokonaisvaltaiset rakennusautomaatiojärjestelmät ovat pienehköihin kohteisiin kuitenkin usein liian järeitä ja arvokkaita.

Perinteisellä päälle/pois-ohjatulla ilmanvaihtokoneella ei ole mielekästä toteuttaa tilakohtaista ilmanvaihtoa. Ilmanvaihdon ollessa päällä se toimii aina täydellä teholla ja kun yhden tilan peltejä säädetään, vaikuttaa se suuresti muiden tilojen ilmanvaihtoon. Ilmanvaihtokoneen automatisoinnilla saadaan puhallinnopeudet säädettyä siten, että tilakohtaisten peltien säätämällä ei ole suurta vaikutusta muiden tilojen ilmanvaihtoon.

Ilmanvaihtokoneen yksikkösäädin on itsenäinen kokonaisuus, joka ohjaa ilmanvaihtokoneen toimintaa. Yksikkösäädin voidaan kuitenkin tarvittaessa yhdistää rakennusautomaatiojärjestelmään, jolloin halutut toiminnot, esimerkiksi ilmanvaihdon tehostukset, voidaan ohjata rakennusautomaatiojärjestelmästä ja hälytykset koota keskitetysti rakennusautomaatiojärjestelmään.

Tässä opinnäytetyössä perehdytään Schneider Electricin Modicon M171 -logiikkatuoteperheeseen, joka on tarkoitettu HVAC-sovelluksiin. Tarkoituksena on saada aikaan modulaarinen ja helposti räätälöitävissä oleva ilmanvaihtokoneen yksikkösäädin Modicon M171 Performance Blind -logiikalla. Ilmanvaihtokoneen yksikkösäätimen tekemiseksi täytyy perehtyä sähkö- ja automaatio suunnittelun sekä ohjelmoinnin lisäksi myös ilmanvaihtotekniikan ja ilmanvaihtokoneen perusteisiin.

## 2 IISALMEN SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOSUUNNITTELU OY

Iisalmen Sähkö- ja automaatio suunnittelu Oy on vuonna 2002 perustettu yritys, jonka toimialana on sähkösuunnittelu, logiikkaohjelmointi, automaatio, tehdasautomaatio, automaatiojärjestelmät ja sähköautomaatio suunnittelu. Yritys sijaitsee Iisalmen teollisuuskylässä ja se työllistää tällä hetkellä kymmenisen henkilöä. Suurin osa Iisalmen Sähkö- ja automaatio suunnittelun asiakkaista on Pohjois-Savon teollisuusyrityksiä, mutta yritys tekee myös suunnittelua ja logiikkaohjelmointia ympäri maata sekä ulkomaille. (Iisalmen Sähkö- ja automaatio suunnittelu Oy, ei pvm)



### 3 ILMANVAIHTO

Ilmanvaihdolla tarkoitetaan ”huoneilman laadun ylläpitämistä ja parantamista huoneen ilmaa vaihtamalla (Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, 2011)”. Toiseen maailmansotaan asti Suomessa rakennusten ilmanvaihto tapahtui niin sanotusti luonnollisella ilmanvaihdolla ”hengittävien” rakenteiden ja vuotavien ikkunoiden kautta sekä tuulettamalla ikkunoita avaamalla. Suurin harppaus kohti nykyistä koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää tapahtui 1970-luvun puolivälin öljykriisin aikaan. Energian hinnannousun seurauksena pien- ja rivitalojen lämpöeristystä parannettiin ja ilmanvaihtojärjestelmiin kehitettiin poistoilman lämmön talteenotto-laite. (Sandberg, 2014)

Tavanomaisissa rakennuksissa ilmanvaihdon tavoitteet ovat ihmisen turvallisuus, terveellisyys ja viihtyisyys. Teollisuudessa ensisijainen tavoite on prosessin toiminnan tavoitteet ja vasta sen jälkeen työntekijöiden olosuhteiden tavoitteet. Ilmanvaihtojärjestelmä mitoitetaan siten, että saavutetaan riittävä ilman puhtaus. Kun ilmanvaihtojärjestelmään yhdistetään tuloilman jäähdytys, puhutaan *ilmastointijärjestelmästä*. Ilmastointijärjestelmän ilmavirran mitoitusperuste on yleensä jäähdytystehon tarve, sillä ilmanvaihdon vaatima ulkoilmavirta on useasti mitoitusilmavirtaa pienempi. (Sandberg, 2014)

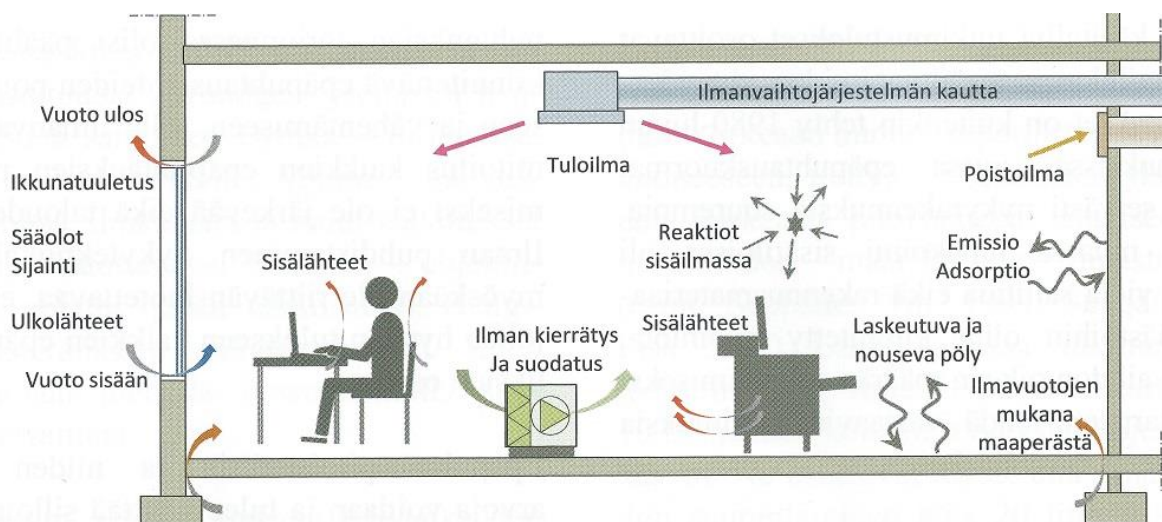
#### 3.1 Sisäilmasto

Sisäilmasto koostuu ihmisen terveyteen ja viihtyvyyteen rakennuksessa vaikuttavista fysikaalisista, kemiallisista tai mikrobiologisista tekijöistä. Tekijät jaotellaan perinteisesti lämpöoloihin ja sisäilman laatuun. Sopivat lämpöolot ovat tärkeä tekijä ihmisen viihtyisyyden kannalta ja niiden saavuttaminen on yksi syy sille, miksi rakennukset ovat nykyisen kaltaisia. Viihtyisyyden lisäksi lämpöolot vaikuttavat ihmisen terveyteen ja tuottavuuteen. (Sandberg, 2014)

Sisäilman laadulla on suuri merkitys ihmisen terveyteen, sillä ilman epäpuhtaudet aiheuttavat merkittäviä haittoja ihmisen terveydelle. Ihmiset viettävät noin 90 % ajastaan sisätiloissa hengittäen 15 – 20 m<sup>3</sup> sisäilmaa vuorokaudessa. Kuvassa (kuva 1) on esitetty eräitä tyypillisiä sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä. Ensisijainen huomio epäpuhtauksien torjunnassa on epäpuhtauslähteiden poistaminen. Kaikkia epäpuhtauslähteitä ei kuitenkaan voida poistaa, koska monet niistä ovat lähtöisin ulkoilmasta, ihmisestä tai muusta tilan käyttöön liittyvästä toiminnasta. Tästä syystä riittävä ilmanvaihto ja suodatus ovat oleellisia tekijöitä sisäilman laadun ylläpitämisessä. (Sandberg, 2014)

Sandbergin (Sandberg, 2014) useisiin tutkimuksiin perustuvien tulkintojen mukaan kielteiset terveysvaikutukset yleistyivät ja aistittu ilman laatu huononi, kun ilmanvaihto henkilöä kohden oli alle 10 l/s. Sairusrakennusoireiden esiintyvyys väheni ja ilmanlaatu parani usein, kun ilmanvaihtoa suurennettiin aina arvoon 20 l/s saakka. Sandbergin viittaamia tutkimuksia ovat muun muassa *Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints* (Milton;Glencross;& Walters, 2000) ja *Association of Ventilation Rates and CO2 Concentrations with*

*Health and other Responses in Commercial and Institutional Buildings. International Journal of Indoor Quality and Climate* (Seppänen;Fisk;& Mendell, 1999).

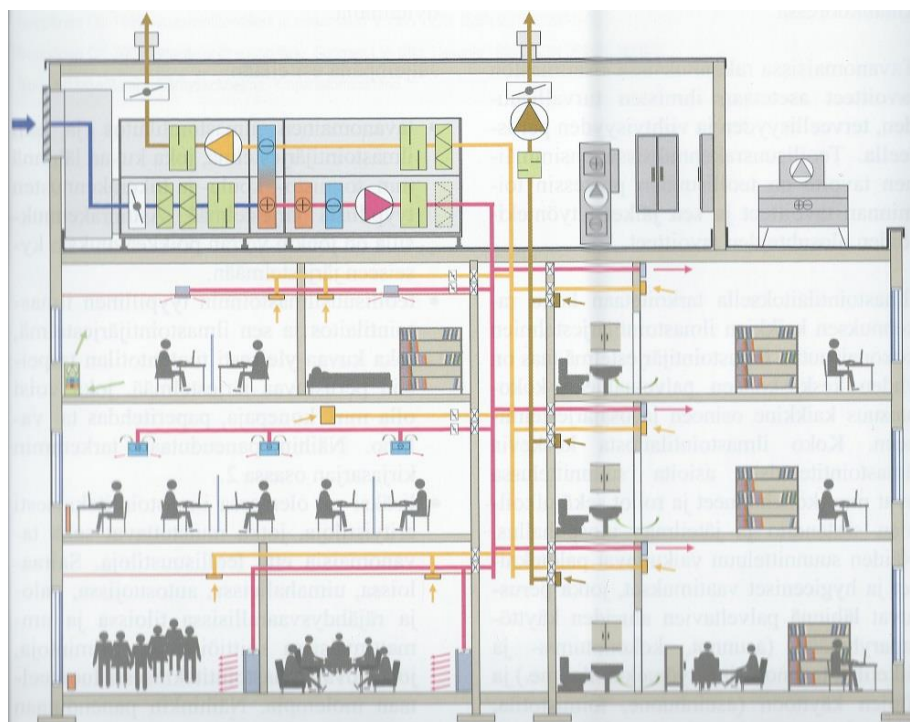


KUVA 1. Sisäilman epäpuhtauslähteitä ja ilman laatuun vaikuttavia tekijöitä (Sandberg, 2014)

### 3.2 Ilmastointijärjestelmä

Kuvassa (kuva 2) on esitetty tavanomainen ilmastointijärjestelmä. Järjestelmä koostuu

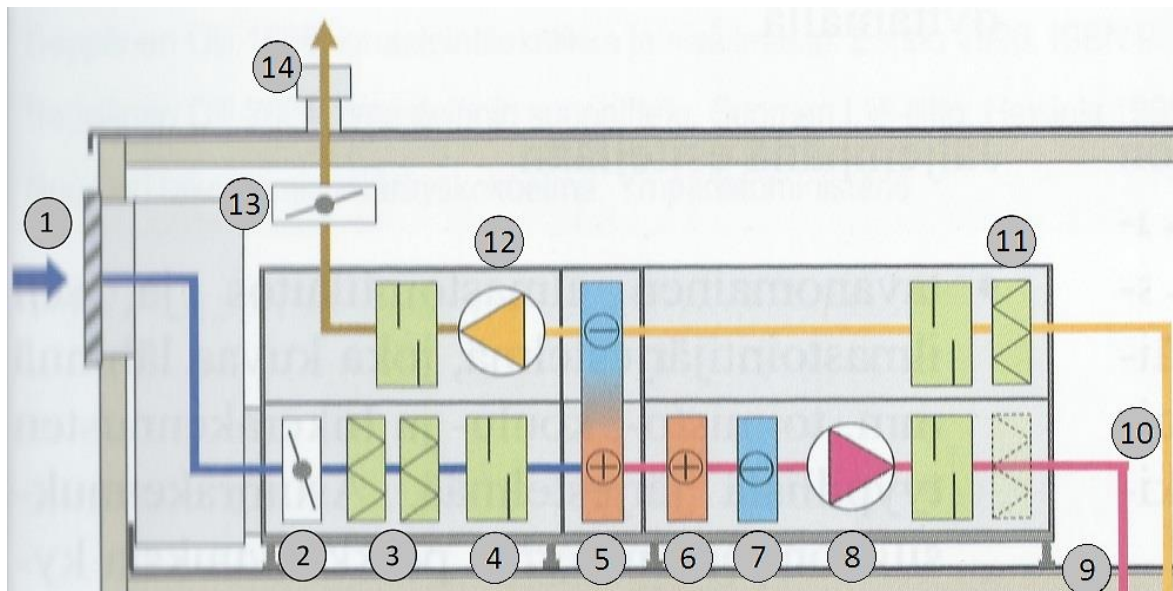
- keskusilmastointikoneesta
- sähköjärjestelmästä
- kanavistosta
- rakennusautomaatiojärjestelmästä
- huonelaitteista
- jäähdytysjärjestelmästä ja
- erillispuhaltimista
- lämmitysjärjestelmästä.



KUVA 2. Tavanomaisen ilmastointilaitoksen ilmastointijärjestelmä (Sandberg, 2014)

### 3.3 Ilmastointikone

Tavanomaisen keskusilmastointikoneen osat on esitetty kuvassa (kuva 3). Jätettäessä jäähdytyspatteri (7) pois voidaan puhua keskusilmastointikoneesta. Kone pyritään sijoittamaan palveltavien tilojen yläpuolelle, koska se on paloteknisesti turvallisin ratkaisu. (Sandberg, 2014)



KUVA 3. Tavanomainen keskusilmastointikone (Sandberg, 2014)

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. Ulkoilma                                    | 7. Jäähdytyspatteri               |
| 2. Sulkupelti (ulkoilmapelti)                  | 8. Tuloilmapuhallin               |
| 3. Suodatin tai suodattimet (tuloilmasuodatin) | 9. Tuloilma                       |
| 4. Äänenvaimennin                              | 10. Poistoilma                    |
| 5. Poistoilman lämmön talteenotto (LTO)        | 11. Suodatin (poistoilmasuodatin) |
| 6. Lämmityspatteri                             | 12. Poistoilmapuhallin            |
|  | 13. Sulkupelti (jäteilmapelti)    |
|  | 14. Jäteilma                      |

Ilmastointikone voidaan jakaa kahteen osaan, tuloilmakoneeseen ja poistoilmakoneeseen. Ulkoilma (1) tuodaan ulkoilma-aukon ja lämpöeristetyyn ulkoilmakammion kautta ilmastointijärjestelmään siten, etteivät lumi ja vesi pääse järjestelmään. Ulkoilmapelti (2) on auki koneen käydessä. Tuloilmasuodattimella (3) poistetaan ulkoilman epäpuhtauksia mahdollisimman hyvin. Äänenvaimennin (4) pienentää ulkoilma-aukon kautta etenevää puhallinmelua. Poistoilman lämmön talteenotossa (5) saadaan poistoilman lämmöstä suurin osa hyödynnettyä tuloilman lämmityksessä. (Sandberg, 2014)

Lämmityspatterilla (6) lämmitetään tuloilmaa haluttuun lämpötilaan. Lämmityspatteri voi olla sähköpatteri tai yleisemmin kaukolämpöverkkoon liitetyissä rakennuksissa omalla kiertovesipumpulla varustettu vesikiertoinen lämmityspatteri. Jäähdytyspatterilla (7) tuloilmaa saadaan jäähdytettyä ja tarvittaessa kuivattua haluttuun olosuhteeseen. (Sandberg, 2014)

Tuloilmapuhaltimella (8) ilma saadaan liikkeelle. Tulo- ja poistoilmapuhaltimien (12) nopeuksia muuttamalla saadaan rakennuksen ilmanvaihto säädettyä halutulle tasolle. Tuloilma (9) johdetaan tuloilmakanavan kautta huonetiloihin. Poistoilma (10) taas on huonetiloista poistoilmakanavan kautta johdettua ilmaa poistoilmakoneelle. Poistoilmasuodattimella (11) poistetaan poistoilman epäpuhtauksia mahdollisimman hyvin koneen hygienian ja mahdollisen vuotoilman tuloilmapuolelle siirtymisen takia. Poistoilmapuhaltimella (12) ilma saadaan liikkeelle ja se käynnistyy tuloilmapuhaltimen mukaan. Jäteilmapelti (13) on auki, kun kone on käynnissä ja jäteilma (14) johdetaan ulos jäteilma-aukon kautta siten, ettei se pääse takaisin ulkoilma-aukkoihin tai avattavien ikkunoiden kohdalle. (Sandberg, 2014)

#### 4 YKSIKÖSÄÄTIMEN LAITTEISTO

Schneider Electric toi vuoden 2014 lopulla markkinoille uuden HVAC-järjestelmiin (Heating, Ventilating and Air Conditioning) suunnatun Modicon M171 -tuoteperheen. Vuonna 2015 tuoteperhe sai uuden lippulaivamallin Modicon M172. Kuvassa (kuva 4) on esitetty tuoteperheen ohjelmoitavat logiikat suorituskyvyn ja skaalautuvuuden perusteella.

Modicon M171 -tuoteperhe vaikuttaa uudelleen brändätyltä Eliwellin vuonna 2010 julkaisemalta FREE Way -tuoteperheeltä. Tammikuussa 2014 Schneider Electric osti Invensys-yhtiön (Schneider Electric, b) jonka mukana Eliwell siirtyi myös Schneider Electricille. Tuoteperheiden dokumentit ja käyttöohjeet vaikuttavat logoa vaille identtisiltä.

Modicon M171 optimized -sarja on tuoteperheen pienin malli pieniin ja kompakteihin laitteisiin. Modicon M171 performance -sarja soveltuu monimutkaisempiin sovelluksiin sisältäen enemmän tehoa, IO:ta ja sisäänrakennetun web-serverin. Modicon M172 performance -soveltuu isoihin järjestelmiin tarjoten vielä lisää tehoa ja skaalautuvuutta. (Schneider Electric, 2016b)



KUVA 4. Modicon M171/M172 tuoteperheen ohjelmoitavat logiikat (Schneider Electric, 2016a)

#### 4.1 Modicon M171 Performance Blind -logiikka

Modicon M171 Performance -sarja sisältää viisi eri logiikkavaihtoehtoa (kuva 5). Kolme ensimmäistä ovat keskukseen (DIN-kiskoon) asennettavia malleja ja kaksi viimeistä upotettavia tai eriliseen asennuskehyykseen asennettavia. Suurin ero keskukseen asennettavien ja upotettavien mallien välillä on IO:n määrässä. Keskukseen asennettavat mallit sisältävät runsaasti IO:ta, kun taas upotettavissa on vain muutama analogiatuloa. Upotettavissa malleissa on taas integroituna TCP/IP-liitäntä ja keskukseen asennettavissa se on saatavilla lisämodulina.



KUVA 5. Modicon M171 Performance -sarjan logiikkavaihtoehdot (Schneider Electric, 2016b)

Logiikkaa valittaessa päädyttiin Modicon M171 Performance -sarjaan, koska valvomo haluttiin tehdä web-pohjaisena ja komponentteja tilattaessa (kesäkuu 2015) M172 -sarjaa ei ollut vielä saatavilla. Malleista päädyttiin Blind-malliin (TM171PBM27R), eli näytöttömään, keskukseen asennettavaan versioon. Paikallinäytölle ei arvioitu olevan tarvetta, koska valvomo tehtäisiin web-pohjaisena ja ilmanvaihtokoneen antureita (9-10 kpl) varten oli tarvetta usealle analogiatulolle.



KUVA 6. Modicon M171 Ethernet-lisämoduuli (Schneider Electric, c)

Valittu malli sisälsi:

- 9 digitaalituloa
- 6 analogiatuloa
- 7 digitaalilähtöä
- 5 analogialähtöä
- liittimen CAN-väylää varten ja
- liittimen RS 485-väylälle Modbus-liikennöintiä varten.

Logiikan lisäksi tilattiin Ethernet-lisämoduuli (TM171AETH) (kuva 6), jotta web-pohjaiseen valvomoon päästään käsiksi kohteen sisäverkosta ja IO-hajautusyksikkö (TM171EP14R) loppuja antureita varten. Ethernet-lisämoduuli liitetään suoraan logiikan kylkeen. IO-hajautusyksikkö liittyy logiikkaan taas CAN-väylää pitkin.



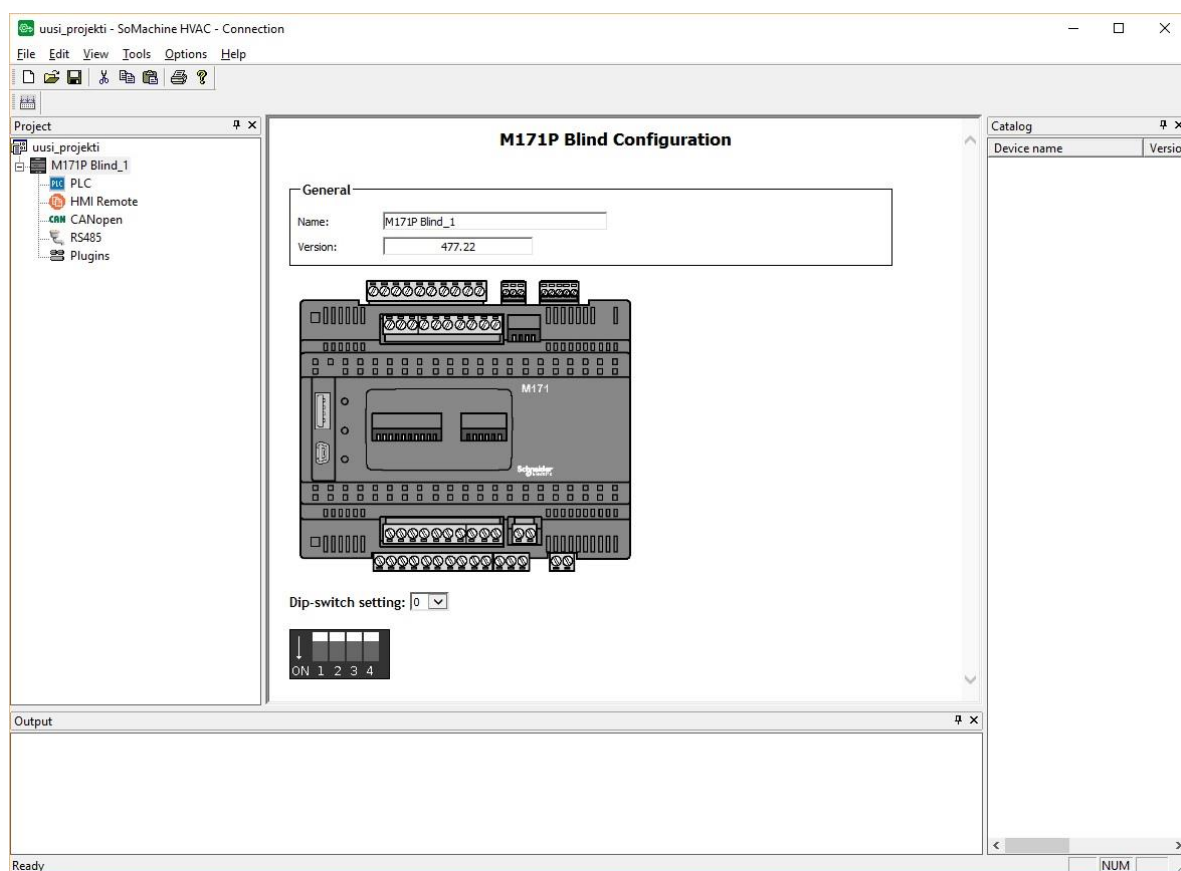
KUVA 7. Modicon M171 IO-hajautusyksikkö (Schneider Electric, 2016b)

## 4.2 SoMachine HVAC -ohjelmisto

SoMachine HVAC -ohjelmisto koostuu viidestä ohjelmasta: Application, Connection, Device, User Interface ja Simulation development tool.

### 4.2.1 Connection development tool

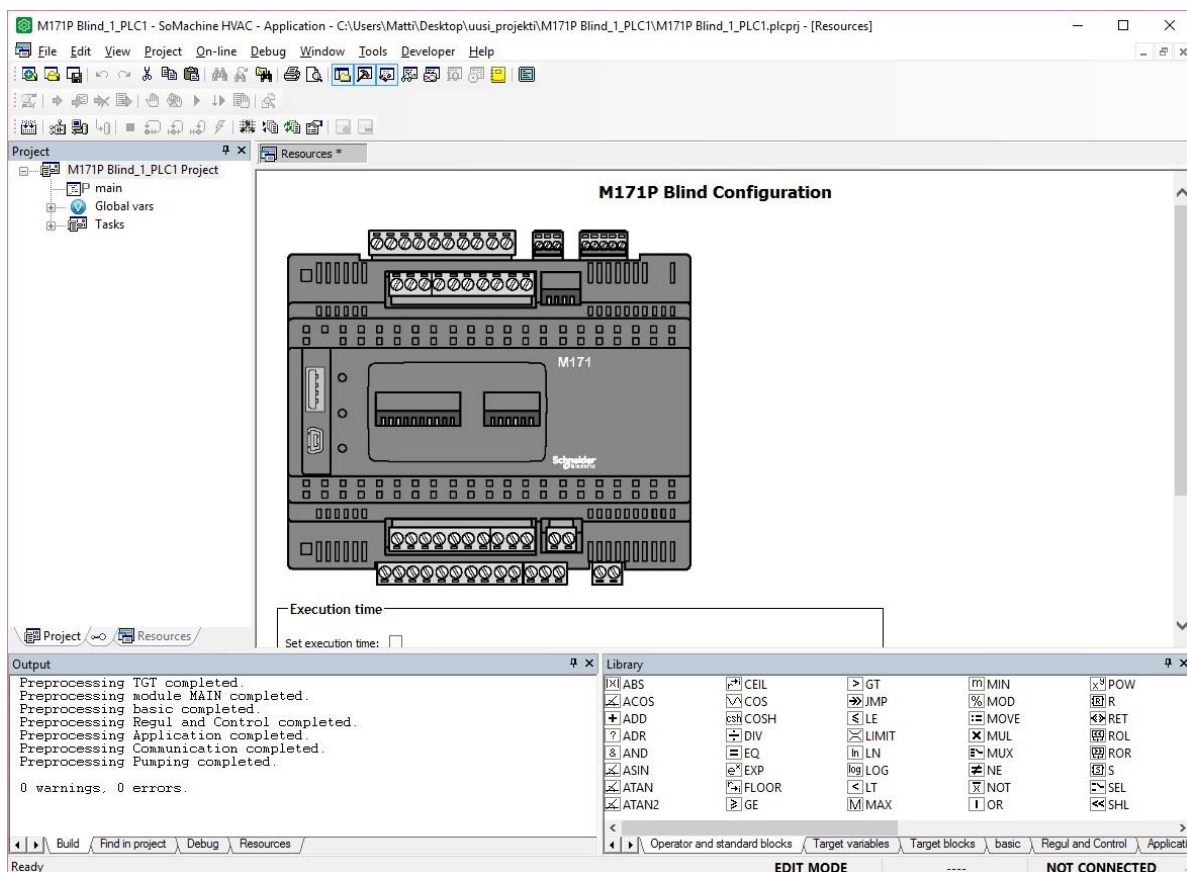
Uusi projekti aloitetaan luomalla laitekongfiguraatio (hardware) Connection development tool -ohjelmalla. Projekti kannattaa heti aluksi tallentaa projektia kuvaavalla nimellä, jolloin kaikki projektiin kuuluvat tiedostot tallentuvat projektille annetun nimen mukaiseen kansioon. Tämän jälkeen projektiin lisätään käytettävä logiikka, esimerkiksi M171P Blind, jonka jälkeen näkymä on kuvan (kuva 8) mukainen. Näkymästä päästään siirtymään loppuihin sovelluksiin.



KUVA 8. Connection-ohjelman näkymä logiikan lisäyksen jälkeen

### 4.2.2 Application development tool

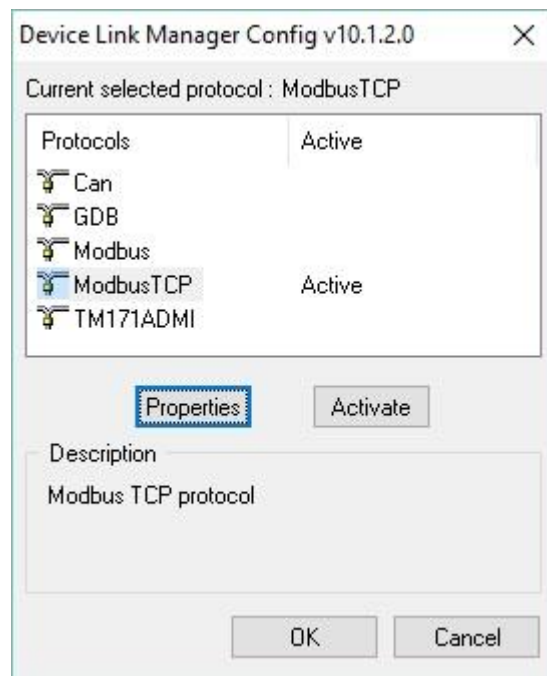
Logiikkaohjelmointi tapahtuu Application development tool -ohjelmalla. Uuden ohjelman saa helposti luotua painamalla hiiren oikealla painikkeella PLC kohdalla ja valitsemalla *Open with Application*. Käyttäjältä kysytään luotavan ohjelman nimeä, minkä jälkeen Application-ohjelma käynnistyy. Application-ohjelman perusnäkyminen on kuvan (kuva 9) mukainen.



KUVA 9. Application-ohjelman perusnäky




Ohjelman lataus logiikkaan vaatii yhteysasetuksien asettamista oikeiksi. Yhteysasetukset voidaan määrittää valitsemalla *On-line*-valikosta kohta *Set up communication...* Jos logiikkaan on tarkoitus yhdistää Ethernetin välityksellä, valitaan kuvan (kuva 10) mukaisesti *ModbusTCP* aktiiviseksi *Activate*-painikkeella, minkä jälkeen määritetään protokollan asetukset *Properties*-painikkeella avautuvasta ikkunasta. Oletus IP-osoite M171P-logiikalla on **10.0.0.100**.

Tietokoneen IP-osoitteen on myös oltava samassa IP-avaruudessa logiikan kanssa. Helpoiten tämä tapahtuu asettamalla tietokoneen IP-osoite verkkoasetuksista samaan IP-avaruuteen logiikan kanssa esimerkiksi **10.0.0.101**. Tietokone ja logiikka täytyy yhdistää toisiinsa joko suoraan RJ45-kaapelilla tai saman lähiverkon kautta.



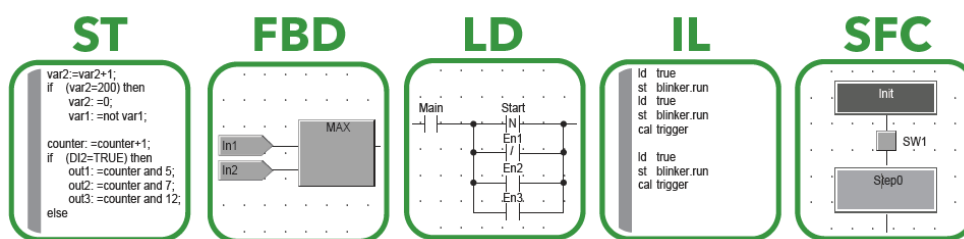
KUVA 10. Logiikan ja PC:n välisen protokollan määrittäminen



Ohjelman lataamiseksi logiikkaan täytyy vielä yhdistää joko *On-line*-valikosta löytyvällä *Connect*-painikkeella tai työkalurivin -painikkeella ja ohjelman täytyy käännyä (compile). Lataus tapahtuu -painikkeella. Jos ohjelmaa ei ole käännetty erikseen -painikkeella, yritetään ohjelmaa kääntää ennen latausta ja jos kääntäminen epäonnistuu, ohjelman lataus keskeytyy.

Ohjelmaan voi luoda uusia ohjelmalohkoja (program), funktiolohkoja (function block) ja funktioita (function). Ohjelmalohkot voidaan asettaa suoritettavaksi yhteen neljästä erilaisesta ohjelman kierrosta (tasks), esimerkiksi main-ohjelmalohko voidaan asettaa suoritettavaksi jatkuvasti taustalla (background) ja init-ohjelmalohko suoritettavaksi kerran jokaisessa logiikan käynnistyksessä (init).

Uutta ohjelma- tai funktiolohkoa luodessa täytyy valita yksi viidestä ohjelmointikielystä (kuva 11), jota lohkon ohjelmointiin haluaa käyttää. Kieliä ovat IL (Instruction List), FBD (Function Block Diagram), LD (Ladder), ST (Structured Text) ja SFC (Sequential Function Chart). Funktioiden ohjelmointiin voidaan käyttää SFC:tä lukuun ottamatta muita edellä mainittuja. (Schneider Electric, 2014)



KUVA 11. SoMachine HVAC tukemat ohjelmointikieliset (Schneider Electric, 2014)

Muuttujia luodessa täytyy tietää niiden käyttötarkoitus. Muuttujia on globaaleja ja lokaaleja, sekä Modbus-objekteissa käytettäviä *EEPROM*-parametreja ja *Status*-muuttujia.


Globaaleita muuttujia voidaan tallentaa niin sanottuun pysyvään (retain) muistiin, jolloin kyseiset muuttujat säilyttävät arvonsa sähkökatkon jälkeen. Pysyvä muistialue täytyy valita käsin globaalien muuttujan osoitteeksi ja sen pituus on tuplasana (double word). Pysyvän muistin osoite on %MD102.x, jossa x on luku välillä 0...99. Ohjelmassa muuttujan *Attribute*-arvoksi voi valita *Retain*, jolloin muuttujan pitäisi tallentua pysyvään muistiin, mutta ainakin SoMachine HVAC versiota 2.0 käytettäessä, muuttujan kirjoitettaessa tulee käänösvirhe ohjelmaa käännettäessä. *EEPROM*-parametreja voidaan käyttää esimerkiksi, kun muuttujaa halutaan kirjoittaa toiselta logiikalta. Valvomossa voidaan näyttää sekä *EEPROM*-parametreja että *Status*-muuttujia.

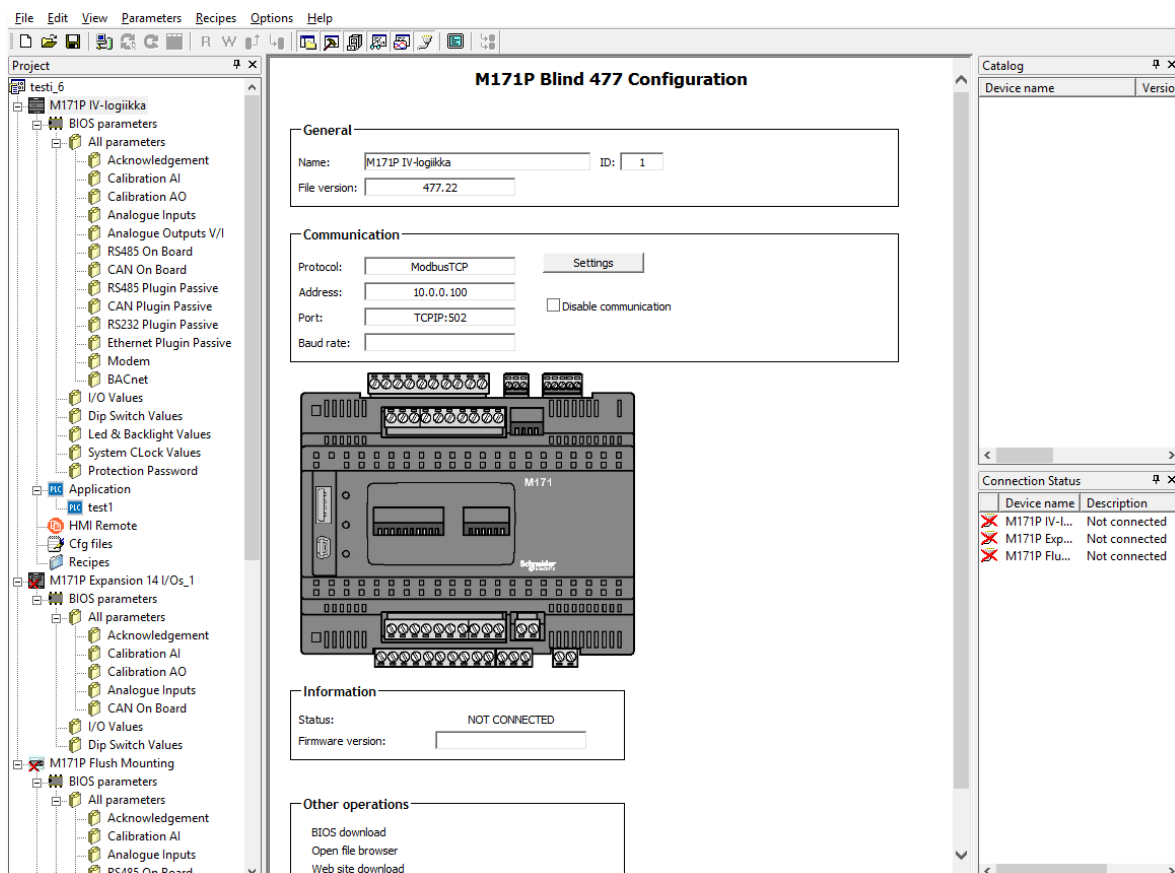
Web-pohjaisen valvomon sivut voidaan yksinkertaisimmillaan tehdä lisäämällä taulukkosivuja *Resources*-välilehden alta löytyvään *Web Site*-puuhun. Taulukkosivulle valitaan sivupohja (Site Template) ja lisätään halutut *EEPROM*-parametrit ja *Status*-muuttujat, sekä miten ne halutaan taulukkosivulla esitettävän. Sivut generoidaan *Developer*-valikon alta löytyvällä *Build Web site*-painikkeella. SoMachine HVAC -ohjelma luo *web*-kansion projektihakemiston logiikka-kansion alle, mihin generoidut tiedostot tallentuvat.

### 4.2.3 User Interface development tool



Paikallisnäytöllä varustettujen logiikoiden näyttö ja etänäytöt ohjelmoidaan *User Interface Development Tool*-ohjelmalla. Uusi näytön ohjelma voidaan luoda Connection-ohjelmasta vastaavalla tavalla kuin PLC-ohjelman luotiin, eli painamalla *HMI* kohdalla oikeaa hiiren painiketta ja valitsemalla *Open with User Interface*. Näytön ohjelmointiin ei perehdytä tässä opinnäytetyössä, koska kohteeseen ei tullut etänäyttöä, eikä logiikassa ollut näyttöä.

### 4.2.4 Device development tool

Device development tool -ohjelmalla voidaan muun muassa ladata koko projekti siihen liittyviin logiikoihin ja näyttöihin, päivittää logiikan laiteohjelmisto (firmware), ladata valvomon web-sivut logiikkaan ja muuttaa logiikan parametreja. Kun laitekonfiguraatioon (hardwareen) tehdään muutoksia Connection-ohjelmalla, on muutokset ladattava niitä koskeviin laitteisiin Device-ohjelmalla. Laitteiston muutokset on hyvä olla käännettynä Connection-ohjelman -painikkeesta ennen latausta. Device-ohjelma voidaan käynnistää Connection-ohjelman *Tools*-valikosta valitsemalla *Open with Device*. Yhteysasetukset voidaan asettaa *Settings*-painikkeen (kuva 12) takaa avautuvasta ikkunasta, vastaavasti kuin Application-ohjelman yhteysasetukset luvussa 4.2.2.



KUVA 12. Device-ohjelman perusnäky

Laitteisiin yhdistetään työkalurivin -painikkeella ja projekti ladataan -painikkeella kaikkiin yhdistettyihin laitteisiin. *web*-kansio ladataan logiikkaan *Web site download*-painikkeella. *Open file browser*-painikkeella voidaan avata FTP-yhteys logiikkaan, jolla voidaan siirtää tiedostoja logiikan ja tietokoneen välillä. Siirrettäviä tiedostoja voivat olla esimerkiksi käsin muokatut web-sivut.

#### 4.2.5 Simulation development tool

Simulation-ohjelmalla voidaan simuloida logiikan toimintaa tietokoneella ilman fyysistä logiikkaa. Tässä työssä ei perehdytty *Simulation development tool*-ohjelmaan, koska ohjelman testaus voitiin suorittaa oikealla logiikalla.

#### 4.3 Altivar 312 -taajuusmuuttaja

Schneider Electricin Altivar 312 -taajuusmuuttaja (kuva 13) on kompakti taajuusmuuttaja 0,18 kW – 15 kW moottoreille. Mallit 1,1 kW:iin asti on saatavilla niin 1- kuin 3-vaihesyötöllä, isommat mallit vain 3-vaihesyötöllä. Taajuusmuuttajan ohjaus tapahtuu IO:lla tai väylällä. Jos ohjaus tapahtuu väylän kautta, saatavilla on myös malli ilman IO:ta. Taajuusmuuttajassa on integroituna CANopen- ja Modbus-väylät ja lisämoduulilla saatavissa myös DeviceNet- ja Profibus-väylät. (Schneider Electric, a)



KUVA 13. Altivar 312 -taajuusmuuttaja

#### 4.4 TEK NTC 10 -lämpötila-anturi

TEK NTC 10 (kuva 14) on Produalin valmistama lämpötila-anturi ilmanvaihtokoneen kanavalämpötilojen mittaukseen. Sauvan päässä on NTC-termistorielementti, jonka nimellisresistanssi 25 °C lämpötilassa on 10 kΩ. KytKentäkotelo on lämmönkestävää muovia ja sisältää ruuviliittimet kytkentäjohtoa varten. Asennus tehdään poraamalla sauvan mentävä reikä sopivaan kohtaan pyöreää tai kantikasta kanavaa, johon anturi asennetaan. Laippa kiinnitetään esimerkiksi porakärkiruuveilla kanavaan ja sauvan pituus säädetään sopivaksi. NTC 10 vaatii sille sopivan analogiatulon joka tukee NTC 10 vastusta.



KUVA 14. Produal TEK NTC 10 -lämpötila-anturi (Produal Oy, 2006)

Asennus tehdään poraamalla sauvan mentävä reikä sopivaan kohtaan pyöreää tai kantikasta kanavaa, johon anturi asennetaan. Laippa kiinnitetään esimerkiksi porakärkiruuveilla kanavaan ja sauvan pituus säädetään sopivaksi. NTC 10 vaatii sille sopivan analogiatulon joka tukee NTC 10 vastusta.

#### 4.5 PEL 2500 -paine-erolähetin

PEL 2500 (kuva 15) on Produalin valmistama paine-erolähetin ilmanvaihtokoneen paineiden ja paine-erojen mittaamiseen. PEL 2500 -paine-erolähtetimen mitta-alue, aikavakio ja lähtöviesti voidaan valita DIP-kytkimien avulla. PEL 2500 -paine-erolähetin vaatii toimiakseen käyttöjännitteen ja se sisältää sekä 0...10 V jännitelähdön että 4...20 mA virtalähdön.

Kanavapaine voidaan mitata kytkemällä (+)-paineliitäntä (kanavassa ylipaine) tai (-)-paineliitäntä (kanavassa alipaine) kanavaan ja vapaaksi jäävä paineliitäntä esimerkiksi ulkoilmaan.

Suodattimen etu- ja takapuolen paine-ero saadaan mitattua yhdistämällä (+)-paineliitäntä suodattimen etupuolelle ja vastaavasti (-)-paineliitäntä suodattimen takapuolelle.



KUVA 15. Produal PEL 2500 -paine-erolähetin (Produal Oy, 2014)

## 5 TOIMISTORAKENNUKSEN ILMANVAIHTOKONEEN YKSIKÖSÄÄDIN

Ilmanvaihtokoneen yksikkösäätimen suunnittelu aloitettiin IO-pisteiden laskennalla. Ilmanvaihtokoneen kannalta kiinnostavia analogisia mittauksia ovat ulkoilman, lämmityspatterin tulo puolen, tuloilman, poistoilman ja jäteilman lämpötilat sekä tuloilmakanavan ylipaine, poistoilmakanavan alipaine ja tulo- ja poistoilmasuodattimen ylitse vaikuttavat paine-erot.

Puhaltimien käytöt tehtiin alustavasti taajuusmuuttajilla, joita ohjattiin Modbus-väylällä. Nykyisin uusien ilmanvaihtokoneiden puhaltimet ovat kuitenkin usein EC-puhaltimia, joita voidaan ohjata jänniteviestillä, virtaviestillä tai Modbus-väylällä. Vaikka Modicon M171 Performance -logiikka sisältää kaikki edellä mainitut ohjaustavat, EC-puhaltimien ohjaus kannattaisi tässä tapauksessa tehdä jännite- tai virtaviestillä, koska tällöin ohjelmaa ei tarvitse muuttaa EC-puhaltimien merkin tai mallin vaihtuessa. Huonot puolet Modbus-väylään verrattuna ovat johdotuksen hieman suurempi tarve ja hälytyksen yksilöivän tiedon puute. Hälytyksestä saadaan vain päällä/pois-tieto EC-puhaltimen hälytyskärjeltä.

Huurteensulatuksen ohjaus voidaan toteuttaa lämmönsiirtimen sisällä vaikuttavan lämpötilan, valonsäteen avulla tapahtuvan huurtumisen tunnistuksen tai jäteilman lämpötilan perusteella (Sandberg, 2014). Tässä kohteessa huurteensulatuksen ohjaus on tarkoitus toteuttaa jäteilman lämpötilan perusteella, joten lämmönsiirtimen lämpötilamittausta tai valosädettä ei tarvita.

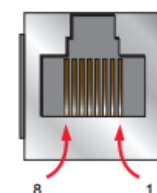
Logiikan digitaalituloon voitaisiin lisäksi liittää painonappi ilmanvaihdon tehostusta varten. Painonappia painamalla saataisiin aikaan kahden tunnin ajastintoiminto, jonka aikana ilmanvaihtoa tehostetaan aikaohjelman ulkopuolella. Toiminto tulee tarpeeseen esimerkiksi jäätäessä ylitöihin toimistoajan ulkopuolella. Muita digitaalituloja voisivat olla esimerkiksi palohälytys, jolloin ilmanvaihtokone sammutettaisiin. Yksi logiikan digitaalilähtö potentiaalivapaalla koskettimella tarvitaan hälytyskärjeksi esimerkiksi mahdollista rakennusautomaatiotajärjestelmää varten.

### 5.1 Altivar 312 -taajuusmuuttajan ohjaus

Aluksi haluttiin saada yhteys logiikan ja taajuusmuuttajien välillä toimimaan ja testatuksi. Schneider Altivar 312 -taajuusmuuttajia (myöhemmin ATV312) päätettiin alustavasti ohjata Modbus-väylän ylitse, koska SoMachine HVAC sisälsi valmiit lohkot ATV312:n ohjausta varten. ATV312:n väyläliitin oli kuvan (kuva 16) mukainen RJ45-naarasliitin. Kaapelina logiikan ja ATV312 välillä käytettiin T-568B kytkentäistä suoraa RJ45-laitekaapelia, joka katkaistiin ja kuorittiin sopivasta kohtaa. RJ45-liitin kytkettiin ATV312:n väyläliittimeen, toisen pään sininen piuha (Pin 4) kytkettiin logiikan RS485-väylän (+)-liittimeen ja sini-valkoinen piuha (Pin 5) (-)-liittimeen. (+)- ja (-)-liittimien välille kytkettiin lisäksi 120 Ω päätevastus.

Pin out of the ATV312 RJ45 Connector

View from underneath



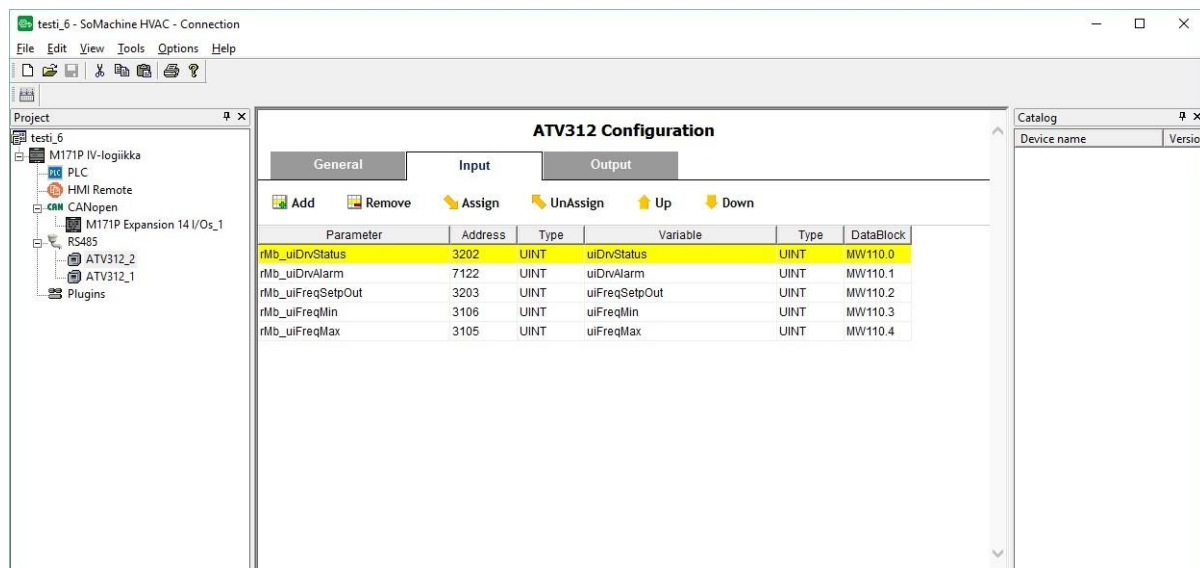
Pin	Signal
1	CANopen signal reserved
2	CANopen signal reserved
3	CANopen signal reserved
4	D1 Modbus signal
5	D0 Modbus signal
6	Not connected
7	VP (1)
8	Common Modbus signal

(1) Supply for RS232 / RS485 converter or a remote terminal

KUVA 16. ATV312 väyläliitäntä (Schneider Electric, 2009b)

*Connection*-ohjelmasta RS485-väylä määritettiin Modbus Masteriksi, nopeudeksi  $19\,200 \frac{\text{bit}}{\text{s}}$  ja sarjaliikennetilaksi E81 (parillinen pariteetti, 8 bittiä, 1 stop bitti). Väylälle lisättiin ATV312-Modbus-objekti jonka asetuksista määritettiin sille yksilöllinen Modbus address ja Node number. Esimerkiksi tuloilmapuhaltimelle asetettiin Modbus address arvoon 2 ja Node number arvoon 2. Tulopuhaltimen taajuusmuuttajan asetukset asetettiin samaksi kuin edellä mainitut, poikkeuksena Node number, jota käytetään vain ohjelman puolella.

ATV312-Modbus-objekti sisältää 5 tuloa ja 4 lähtöä. Tulot ja lähdöt ajatellaan logiikan puolelta, eli tulot ovat ATV312-taajuusmuuttajan lähettämää tietoa logiikalle ja lähdöt logiikan lähettämää tietoa ATV312-taajuusmuuttajalle. Objekti sisältää tulot DrvStatus, DrvAlarm, FreqSetpOut, FreqMin ja FreqMax sekä lähdöt FreqSetp, Cmd, TimeOut, TimeOutStop. Kuvassa (kuva 17) näkyvät objektin tulot (Parameter), jotka on linkitetty logiikan muuttujiin (Variable). Taajuusmuuttajan lähettämät tiedot päivittyvät siis kyseisiin logiikan muuttujiin, esimerkiksi logiikan muuttuja uiFreqSetpOut sisältää taajuusmuuttajan taajuuden oloarvon.



KUVA 17. ATV312-Modbus-objektin sisääntulojen linkitys logiikan muuttujiin

Muuttujat on pitänyt luoda jo logiikkaohjelman puolella, jotta linkitys voidaan tehdä. Muuttujat luodaan *Resources*-välilehden *EEPROM Parameters* tai *Status variables* alle. Tässä tapauksessa on käytetty Status variables -muuttujia (kuva 19).

```

0021  /**
0022  * Tulopuhaltimen taajuusmuuttajan ohjaus
0023  */
0024  tulopuhallin(
0025      command := tulopuhallin_en,
0026      direction := FALSE,
0027      usinodenr := 2,
0028      freqSetp := tulopuhallin_PID_aout,
0029      r_drvAlarm := uiDrvAlarm,
0030      r_drvStatus := uiDrvStatus,
0031      r_freqMax := uiFreqMax,
0032      r_freqMin := uiFreqMin,
0033      r_freqSetpOut := uiFreqSetpOut,
0034      reset := kuittaus_pulssi.q
0035  );
0036
0037  uicmd := tulopuhallin.w_cmd;
0038  uifreqsetp := tulopuhallin.w_freqSetp;
0039  uitimeout := tulopuhallin.w_timeout;
0040  uitimeoutstop := tulopuhallin.w_timeoutStop;
0041  tulopuhallin_state := tulopuhallin.state;

```

KUVA 18. *tulopuhallin*-olion suoritus

Logiikkaohjelman globaaleihin muuttujiin on luotu uusi *tulopuhallin*-olio itse tehdystä *tamu\_ATV312Modbus*-funktiolohkosta. Lohko on käytännössä vain kapsuloitu *ATV312ModbusCom*-funktio lohko, jotta ohjelmakoodia ei tarvitsisi tältä osin muuttaa, jos väylä muuttuu toiseksi vaan uutta väylää varten voidaan luoda uusi funktio lohko samoilla parametreilla. *tulopuhallin*-oliolle annetaan parametreina kuvan (kuva 18) mukaiset tiedot ja muuttujat ja oliolta luetaan taajuusmuuttajalle lähetettävät käskyt ja taajuusohjeet.

The screenshot displays a software development environment with a 'Status Variables' table and an output window. The table lists 27 status variables with columns for #, Address, Name, Device type, Application type, Size, Default value, Min, Max, Scale, Offset, Unit, Format, AccessLevel, and Read only. The output window shows warnings about writing unsigned values into signed variables.

#	Address	Name	Device type	Application type	Size	Default value	Min	Max	Scale	Offset	Unit	Format	AccessLevel	Read only
1	8960	uiDrvStatus	Unsigned 16-bit	UINT					1	0			Always visible	True
2	8961	uiDrvAlarm	Unsigned 16-bit	UINT					1	0			Always visible	True
3	8962	uiFreqSetpOut	Unsigned 16-bit	UINT					1	0			Always visible	True
4	8963	uiFreqMin	Unsigned 16-bit	UINT					1	0			Always visible	True
5	8964	uiFreqMax	Unsigned 16-bit	UINT					1	0			Always visible	True
6	8965	uicmd	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	True
7	8966	uifreqsetp	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	True
8	8967	uifreqout	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	True
9	8968	uifreqstop	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	True
10	8970	watchdog_bmi	Boolean	BOOL					1	0			Always visible	True
11	8969	lv_en	Boolean	BOOL					1	0			Always visible	False
12	8971	rlc_antari	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	False
13	8972	reset	Boolean	BOOL					1	0			Always visible	False
14	8973	tulopuhallin_en	Boolean	BOOL		True			1	0			Always visible	False
15	8974	poistopuhallin_en	Boolean	BOOL		True			1	0			Always visible	False
16	8990	uikolampotila	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	False
17	8991	tulosuodatin_PD	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	False
18	8992	tulolampotila_LTO_jalkeen	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	False
19	8993	tulopeili_asento	Boolean	BOOL		True			1	0			Always visible	False
20	8994	poistopeili_asento	Boolean	BOOL		True			1	0			Always visible	False
21	8995	tulolampotila	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	False
22	8996	lammityspaten_psailla	Boolean	BOOL					1	0			Always visible	False
23	8997	poistolampotila_LTO_enne	Signed 16-bit	INT		0			1	0			Always visible	False
24	8998	poistolampotila	Signed 16-bit	INT		0			1	0			Always visible	False
25	8999	poistosuodatin_PD	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	False
26	9000	tulosuodatin_PD_halyaset	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	False
27	9001	poistosuodatin_PD_halyaset	Signed 16-bit	INT					1	0			Always visible	False
28	0000	tulosuodatin_haly	Boolean	BOOL		False			1	0			Always visible	False

The output window shows the following warnings:

```

TAMU_ATV312MODBUS(15FB:TAMU) - warning G1798: V_TIMEOUT => Writing an unsigned value into a signed variable
TAMU_ATV312MODBUS(15FB:TAMU) - warning G1798: V_TIMEOUTSTOP => Writing an unsigned value into a signed variable
MAIN(25) - warning G1797: TULOPUHALLIN_FREQSETP => Writing a signed value into an unsigned variable
MAIN(27) - warning G1798: UICMD => Writing an unsigned value into a signed variable
MAIN(50) - warning G1797: POISTOPUHALLIN_FREQSETP => Writing a signed value into an unsigned variable
MAIN(55) - warning G1798: POISTO_UICMD => Writing an unsigned value into a signed variable
7 warnings, 0 errors.

```

KUVA 19. Logiikkaohjelman Status variables -muuttujia

*ATV312ModbusCom*-funktio lohkon käyttäminen helpottaa taajuusmuuttajan ohjausta, koska se mahdollistaa taajuusmuuttajan ohjauksen käyttäjätasoisilla parametreilla. Taajuusmuuttajan ohjaukseen lohkolle annetaan siis vain taajuusmuuttajan käyntilupa (command), suunta (direction), yksilöivä osoite (usinodenr), haluttu taajuus (freqSetp) ja häiriön kuittaus (reset). *ATV312*-taajuusmuuttajan ohjauksen muodostus löytyy *Altivar 312 Communication variables manual*-dokumentista (Schneider Electric, 2009a, ss. 10, 12, 16).

*ATV312ModbusCom*-funktio lohko tarjoaa myös käyttäjätasoisempia tila-, hälytys- ja häiriötietoja taajuusmuuttajalta. Tilatietoa käytetään hyväksi valvomossa, jossa puhallin näkyy vihreänä, kun se on toiminnassa, valkoisena sen ollessa pysähdyksissä ja punaisena häiriön ollessa päällä. *ATV312ModbusCom*-funktio lohkon kuvaus löytyy kokonaisuudessaan dokumentista *SoMachine HVAC - Application Function HVAC Library Guide* (Schneider Electric, 2015, ss. 71-86).

## 5.2 Ilmanvaihdon säätö

Ilmanvaihdon säätö tapahtuu tulo- ja poistoilmapuhaltimien nopeutta säätämällä. Koska tavoitteena on mahdollistaa huonekohtainen säätö huonekohtaisten tulo- ja poistoilmapeltien avulla, säädetään puhaltimien nopeudet siten, että tulo- ja poistoilmakanavien paineet pysyvät niille annetuissa asetusarvoissa. Asetusarvo muodostuu ilmanvaihtosuunnittelijan määrittämän ulkoilmavirran mukaan. Ilmanvaihtoasentaja tekee tarvittavat säädöt tilakohtaisille tulo- ja poistoilmaventtiileille, jonka jälkeen ilmanvaihtoasentaja mittaa millä asetusarvolla riittävä ulkoilmavirta syntyy.

Puhaltimien nopeusohjeet säädetään ohjelmassa *PIDAdvanced*-funktiolohkolla, joka vastaa PID-säädintä. PID-lohko säätää lähtöään siten, että mitattu oloarvo vastaa asetusarvoa. Tässä tapauksessa puhaltimen taajuusmuuttajan taajuusohjetta säädetään kunnes kanavapaineen oloarvo vastaa asetusarvoa. PID-lohko kasvattaa lähtöään, kun oloarvon ja asetusarvon erosuure on positiivinen, eli asetusarvo on suurempi kuin oloarvo ja vastaavasti pienentää lähtöään, kun erosuure on negatiivinen. Lähdön muutosnopeus riippuu PID-lohkon  $K_p$  (vahvistus) ja  $T_i$  (integraiva osa) -arvoista. Arvot täytyy antaa PID-lohkolle ja ne voidaan määrittää esimerkiksi kokemukseräisesti. Normaalisti säädön tulisi olla melko hidas, jotta esimerkiksi ulko-ovesta kulkemisella ei olisi suurta vaikutusta puhallinnopeuksiin, mutta toisaalta taas riittävän nopea, jotta huonekohtaisten peltien säätöön reagoidaan järkevässä ajassa.

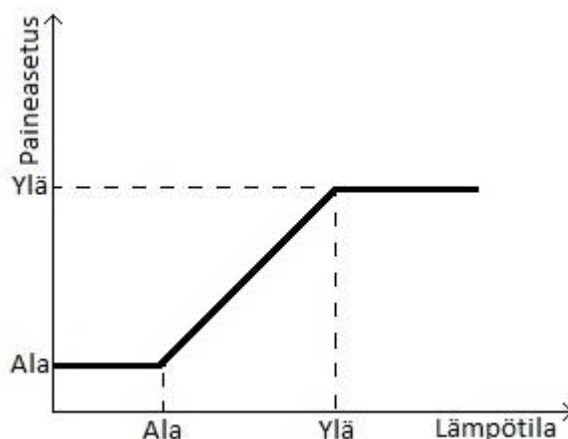
Edellä mainittujen parametrien lisäksi PID-lohkolle asetetaan lähtöarvon minimi- ja maksimirajat. Lohko antaa myös häiriö- ja hälytyskoodin virhetilanteista. Häiriötilanteessa PID-lohko asettaa lähdön arvoksi 0. Jotta PID-lohko alkaa jälleen toimimaan, täytyy häiriön poistua ja lohko kuitata Reset-parametrilla. *PIDAdvanced*-funktiolohkon kuvaus löytyy dokumentista *SoMachine HVAC - Application Function HVAC Library Guide* (Schneider Electric, 2015, ss. 263-274).

PID-lohkon paineohjeen haluttiin muuttuvan lineaarisesti lämpötilan mukaan. Kovalla pakkasella ilmanvaihtoa pienennetään, jolloin vedon tunne ja lämmitysenergian tarve vähenee. Lineaarinen skaalaus onnistuu kaavalla

$$f(x) = C + (D - C) \frac{x - A}{B - A} \quad 1$$

jossa suljettu väli  $[A, B]$  skaalataan lineaarisesti suljetulle välille  $[C, D]$  (Rahul, 2013). Paineohjeen skaalauksessa ulkolämpötilan mukaan  $x$  saa arvokseen ulkolämpötilan, joka rajoitetaan halutulle suljetulle välille  $[A, B]$ .  $C$  on paineohjeen minimiarvo ja  $D$  paineohjeen maksimiarvo. Skaalaus on siis kuvion (kuvio 1) mukainen.





KUVIO 1. Paineohjeen skaalaus lämpötilan mukaan

Lineariskaalauksesta tehtiin oma *linear\_scale*-funktio (kuva 20) ja sen ohjelmointiin käytettiin ST-ohjelmointikieltä. Funktiolle määritettiin paikallinen muuttuja *temp\_in*, tulomuuttujat *in*, *in\_min*, *in\_max*, *out\_min*, *out\_max*. Funktion paluuarvo kirjoitetaan muuttujaan *linear\_scale*. Funktiossa rajataan tarvittaessa sisääntulon *in* arvo välille [*in\_min*, *in\_max*], jonka jälkeen paluuarvoon kirjoitetaan kaavan 1 mukainen tulos.

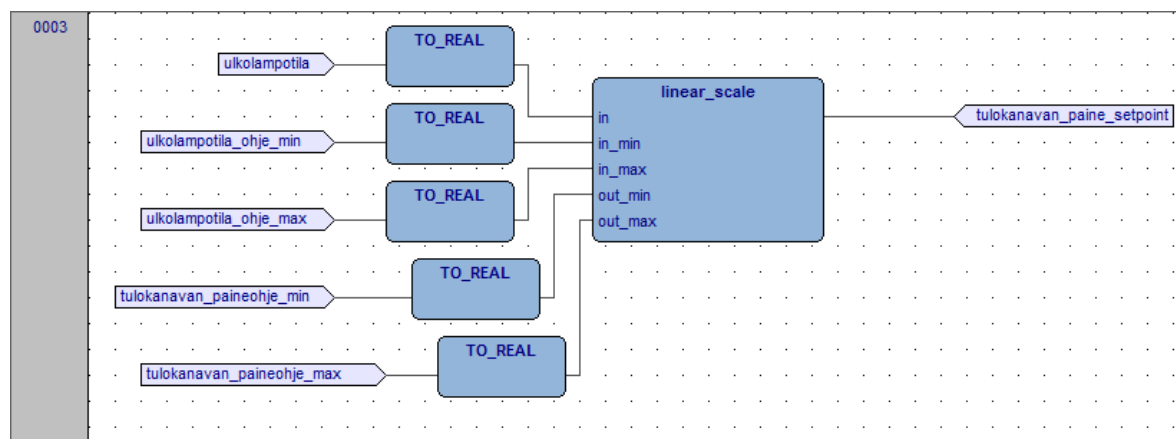
```

0001 temp_in := in;
0002
0003 IF temp_in < in_min THEN
0004   temp_in := in_min;
0005 ELSIF temp_in > in_max THEN
0006   temp_in := in_max;
0007 END_IF;
0008
0009 linear_scale := out_min + (out_max - out_min) * ((temp_in - in_min) / (in_max - in_min));
0010

```

KUVIA 20. *linear\_scale*-funktion koodi

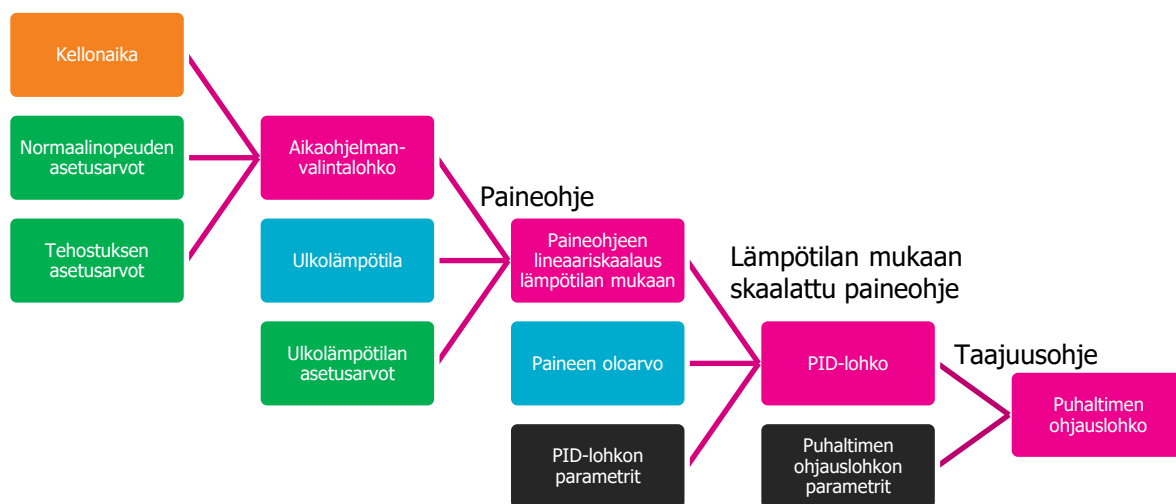
Kuvassa (kuva 21) on esitetty *linear\_scale*-funktioikutsu, jossa tuloilmakanavan paineohje skaalataan kuvion (kuvio 1) mukaisesti. Ohjelmointikielenä on käytetty FBD:a. *ulkolampotila*-muuttuja on nimensä mukaisesti ulkolämpötilan mittausarvo, loput neljä sisääntulojen muuttujaa valvomosta (luku 5.4.4) asetettavia asetusarvoja ja *tulokanavan\_paine\_setpoint*-muuttuja on tuloilmapuhaltimen PID-lohkolle vietävä asetusarvo.

KUVIA 21. *linear\_scale*-funktion kutsu tuloilmakanavan paineohjeen määrittämiseksi

Ilmanvaihdon ohjaukseen haluttiin myös aikaohjelma. Logiikan varsin rajallisen pysyvän (retain) muistin (100 muuttujaa) vuoksi aikaohjelma tehtiin koskemaan vain yleisesti arkipäiviä. Ilmanvaihtoa saadaan tehostettua arkipäivinä haluttuun aikaan ja muuna aikana, kun ilmanvaihdolle ei ole tarvetta, sitä pienennetään. Tehostuksen aloitus- ja lopetusajan voi valita tunnin tarkkuudella ja ne tallentuvat logiikan pysyvään muistiin aikaleimoina (timestamp).

Lohkokaaviossa (kuvio 2) on esitetty puhaltimen ohjaukseen liittyvä ohjelma. Muotojen taustavärit tarkoittavat seuraavaa:

- oranssi, logiikan kellonaika
- vihreä, valvomosta asetettavat asetusarvot
- sininen, mittaus (logiikan analogiasisääntulo)
- vaaleanpunainen, funktio tai funktiolohko
- musta, ohjelmaan määritetty vakio



KUVIO 2. Lohkokaavio puhaltimen ohjaukseen liittyvästä ohjelmasta

### 5.3 Hälytykset ja häiriöt

Yksikkösäätimeen ohjelmoitiin suodattimien tukkeutumista ilmaiseva paine-erohälytys ja tulo- sekä poistoilmapuhaltimen taajuusmuuttajahäiriö. Suodattimien paine-erohälytys aktivoituu, kun paine-ero suodattimen yli kasvaa yli annetun asetusarvon. Taajuusmuuttajahäiriö tulee suoraan *ATV312ModbusCom*-funktiolohkolta, jos taajuusmuuttaja on häiriössä tai väyläyhteys taajuusmuuttajaan katkeaa.

Hälytykset näkyvät tällä hetkellä vain web-valvomossa, jossa ne on eritelty aktiivisiksi hälytyksiksi ja hälytyslokiksi. Tavoitteena oli saada hälytykset myös tekstiviestinä GSM-modeemin kautta. GSM-modeemi olisi ollut saatavana optiona kohteisiin, joissa ei ole toista järjestelmää hälytysten lähetykseen. GSM-modeemin yhdistämiseksi logiikkaan olisi kuitenkin tarvittu RS232-lisämoduuli, eikä sen yhdistäminen ole enää mahdollista, koska lisämoduulipaikka on varattu jo Ethernet-lisämoduulille. Vaihtoehtoisia tapoja tekstiviestihälytykselle olisivat erillinen GSM-pohjainen ilmoituksensiirtolaite, jota ohjattaisiin logiikan lähtöjen avulla tai Modbus-väylän ylitse hälytykset lukeva laite, joka sisältää GSM-modeemin.

Logiikan lähtöjen avulla toimivan laitteen voisi ohjelmoida siten, että yksi lähdöistä tarkoittaa hälytystä (suodattimen paine-ero) ja toinen häiriötä (taajuusmuuttajahäiriö). Hälytys on siis ilmoitus viasta, joka ei kuitenkaan pysäytä koneen toimintaa, kun taas häiriössä jokin koneen toiminnoista on pysähtynyt.

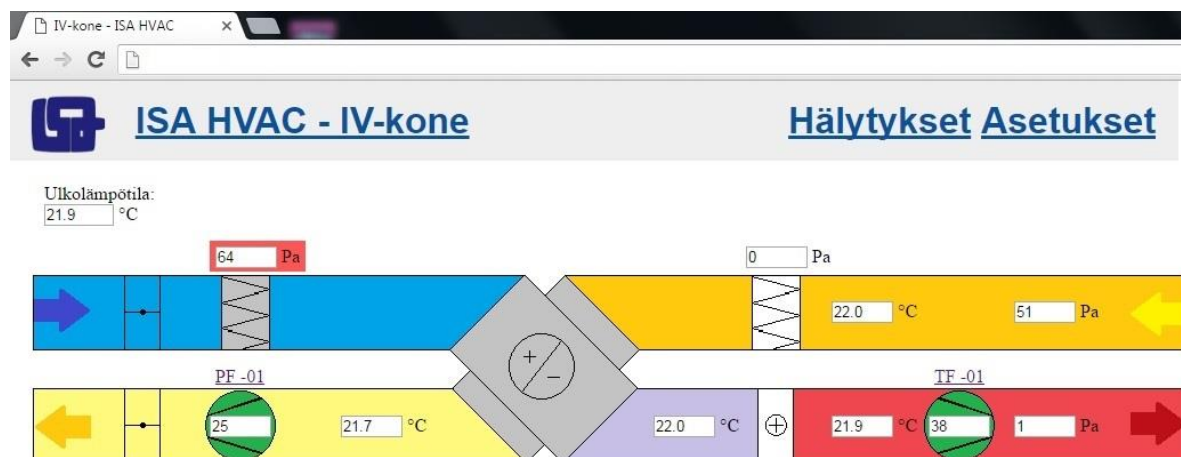
Hälytyslokin tallentaminen logiikan muistiin ja hälytysten vieminen web-valvomoon ohjelmoitiin itse. Omat haasteensa asetti logiikan vähäinen muuttujien pysyvä muisti (100 muuttujaa). Jokaista hälytyslokin riviä varten tarvitaan kaksi muuttujaa, toinen itse hälytykselle ja toinen aikaleimalle, milloin hälytys on esiintynyt. Aikaleiman toteutuksesta ei löytynyt valmista funktiota, joten se päätettiin tehdä itse. Jälkikäteen huomattiin, että valmis funktio olisi saattanut löytyä logiikkakirjaston sijaan BACnet-objekteista.

Hälytykset tallennetaan tuplasana (double word) -tyyppiseen muuttuajaan, jonka pituus on 32 bittiä. Jokainen bitti vastaa tiettyä hälytystä, eli erilaisia hälytyksiä saadaan 32 kappaletta. Aktiivisille hälytyksille on yksi muuttuja, jossa aktiivisen hälytyksen bitti saa arvon 1 ja kun hälytys ei ole aktiivinen arvon 0.

Hälytyslokissa jokaisella rivillä on oma muuttuja aikaleimaa ja hälytystä varten. Hälytys muuttujassa vain hälytystä vastaava bitti saa arvon 1 ja muut 0. Jos useita hälytyksiä tulee samaan aikaan, kirjoitetaan ne hälytyslokiin eri riveille.

## 5.4 Valvomo

Web-pohjainen valvomo ohjelmoitiin käyttäen HTML, CSS ja JavaScript -kieliä. Valvomosta haluttiin hyvin kuvaava ja informatiivinen, minkä takia SoMachine HVAC -ohjelmointiohjelman tarjoamia valmiita sivupohjia ei voitu käyttää. Valvomon perusnäky on esitetty kuvassa (kuva 22). Perusnäky-  
män ilmanvaihtokoneen esitystapa poikkeaa hieman kohteen todellisesta ilmanvaihtokoneesta, mutta komponentit ja niiden sijainnit ilmanvaihtokoneessa vastaavat kuvaa. Valvomoon yhdistäminen vaatii oikean käyttäjätunnuksen ja salasanan luvattoman käytön hankaloittamiseksi.



KUVA 22. Ilmanvaihtokoneen valvomon perusnäky

Perusnäkyssä (kuva 22) näkyvät kaikkien ilmanvaihtokoneessa käytettyjen mittausten arvot, toimilaitteiden tilat, hälytykset ja puhaltimien pyörimisnopeudet. Ruutukaappaus on otettu kaikki anturit liitettynä logiikkaan, mutta ohjelman testaus vaiheessa, jolloin anturit ja taajuusmuuttajat ei olleet kiinni ilmanvaihtokoneessa. Seuraavissa alaluvuissa on esitetty valvomon osat ilman virtaussuunnassa.

### 5.4.1 Tuloilmakone

Ulkoilman tulo on esitetty tumman sinisellä nuolella. Ulkoilmapelti on kuvattuna auki-asennossa ja vaikka kohteessa ei ole sähköisesti ohjattavaa ulkoilmapeltiä, on ohjelmaan tehty varaus pellin asennotunnistukselle ja pellin asennon näyttämiseksi valvomossa.

Ulkoilmasuodatin näkyy harmaalla ja paine-ero sen ylitse punaisella pohjalla. Tämä tarkoittaa, että ulkoilmasuodattimen paine-ero on ylittänyt sille asetetun hälytysrajan ja kyseessä on ulkoilmasuodattimen paineen ylärajahälytys. Suodatettu ulkoilma kulkee lämmön talteenoton, tässä tapauksessa ristivirtauskennon, lävitse. Ulkoilma lämpenee lämmön talteenottona toimivassa ristivirtauskennossa ja lämpenemistä on esitetty ilman värin muuttumisella sinisestä violettiin.

Ristivirtauskennon jälkeen on lämpötilanmittaus ja tämän jälkeen tuloilman lämmitykseen käytettävä lämmityspatteri. Kohteen ilmanvaihtokoneessa lämmityspatterina on sähkövastus, joka toimii erillisen termostaatin ohjaamana. Ohjelmassa on varaus sähkövastuksen ohjaukselle ja esitys valvomoon,

mutta varsinaisen ohjauksen toteutus puuttuu. Ohjaus voisi tapahtua lämmityspatterin jälkeisen lämpötila-anturin ja sille asetetun asetusarvon perusteella. Jos ilmanvaihtoa halutaan käyttää tilan lämmitykseen, on asetusarvoa muutettava ohjelmallisesti esimerkiksi PID-säätimellä siten, että poistoilman lämpötila pysyy sille asetetussa arvossa. Ilman lämpenemistä on jälleen esitetty värin muuttumisella violetista punaiseksi.

Tuloilmapuhallin näkyy vihreänä sen pyöriessä ja luku kertoo sen pyörimisnopeuden prosentteina nimellishopeudesta, kun käytetään 50 Hz puhaltimilla. Taajuusmuuttajia ohjataan taajuusohjeella, joten prosentit saadaan 50 Hz puhaltimilla helposti kertomalla taajuusohje kahdella. Puhaltimen väri muuttuu punaiseksi sen ollessa häiriössä ja valkeaksi, kun puhallin on ohjattu pois päältä. Puhallinta klikkaamalla saadaan esiin puhaltimen asetukset, joista puhallin voidaan käynnistää tai pysäyttää. Kyseiselle sivulle voidaan tulevaisuudessa koota lisää puhallinkohtaisia asetuksia.

Viimeinen tuloilman mittaus on tuloilmapuhaltimen jälkeinen painemittaus, jonka perusteella säädetään tuloilmapuhaltimen pyörimisnopeutta. Tuloilman virtaus ilmanvaihtokoneesta tuloilmakanavaan on esitetty punaisella nuolella.

#### 5.4.2 Poistoilmakone

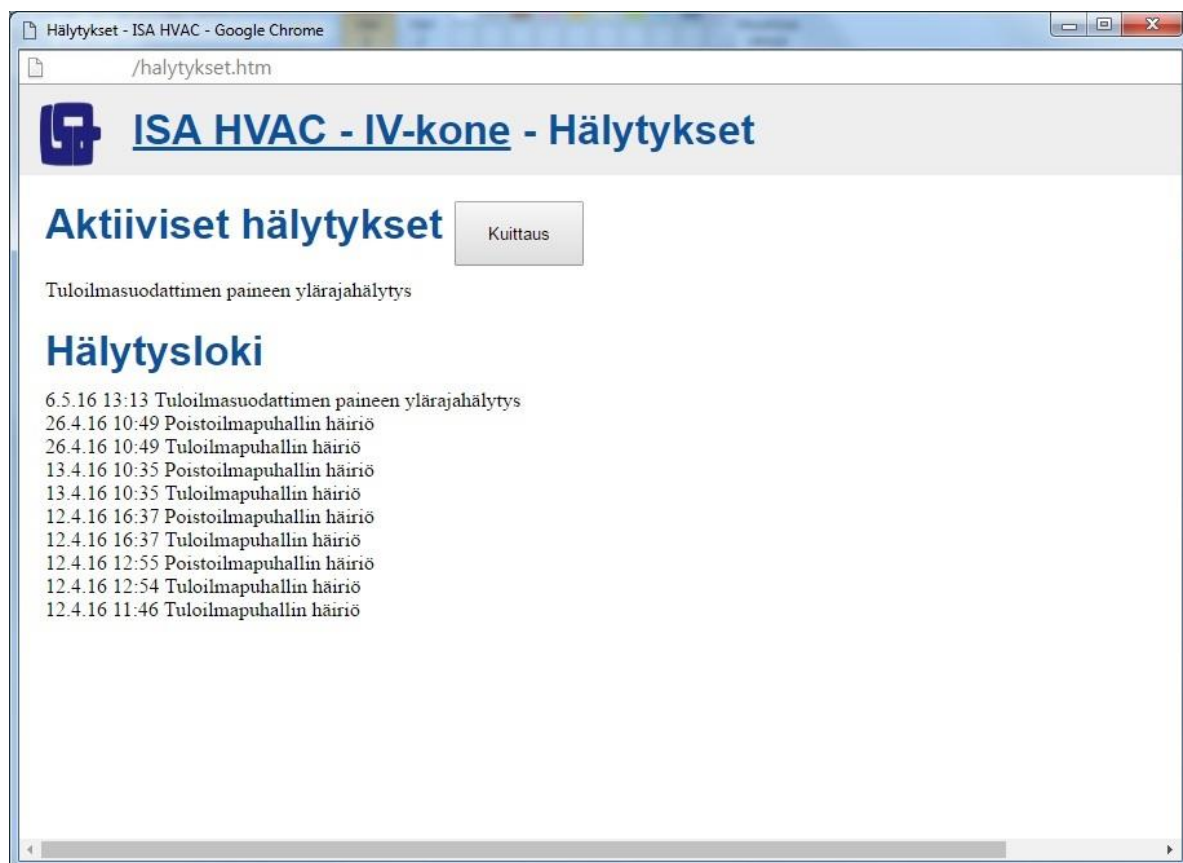
Poistoilman virtaus poistoilmakanavasta poistoilmakoneeseen on esitetty vaalean keltaisella nuolella. Poistoilman painemittaus on ensimmäinen mittaus poistoilmakoneessa ja sen perusteella säädetään poistoilmapuhaltimen pyörimisnopeutta. Poistoilman lämpötila mitataan ennen poistoilmasuodatinta. Poistoilmasuodatin näkyy valkeana, joka ilmaisee, ettei paine-erohälytys ole käynyt päällä. Poistoilmasuodattimen paine-erohälytys toimii ulkoilmasuodattimen tapaan ja paine-eroanturin arvo näkyy poistoilmasuodattimen piirrosmerkin yläpuolella.

Poistoilma kulkee ristivirtauskennon lävitse ja sen viilenemistä kennossa ilmaistaan tumman keltaisen värin muuttumisella vaalean keltaiseksi. Kennon jälkeistä lämpötilamittausta käytetään myös tuloilmapuhaltimen ohjaukseen. Kun jäteilman lämpötila on riittävän matala, pysäytetään tuloilmapuhallinta sopivin väliajoin ristivirtauskennon huurteen sulatukseksi.

Poistoilmapuhallin toimii vastaavasti kuin tuloilmapuhallin ja sitä klikkaamalla saadaan näkyviin poistoilmapuhaltimen asetukset. Jäteilmapelti on kuvattu auki-asennossa ja sille on tehty samat varaukset ohjelmaan, mitä ulkoilmapellille. Jäteilman virtausta ulkoilmaan kuvataan tumman keltaisella nuolella.

### 5.4.3 Hälytykset

Iltanvaihtokoneen yksikkösäätimen hälytykset on jaettu kuvan (kuva 23) mukaisesti aktiivisiin hälytyksiin ja hälytyslokiin. Aktiivisissa hälytyksissä näkyvät kaikki päällä käyneet hälytykset, joita ei ole kuitattu. Hälytyslokissa näkyy kymmenen viimeistä päällä käynyttä hälytystä uusimmasta vanhimpaan. Aktiivisten hälytyksien kuittaamiseen on "Kuittaus"-painike. Hälytykset-sivusta saadun palautteen perusteella käyttöliittymää voitaisiin selkeyttää jättämällä vain hälytysloki, jossa eri taustaväreillä esitetäisiin aktiiviset ja kuitatut hälytykset. Luvussa 0 on esitetty hälytysten toiminta.



KUVA 23. Valvomon hälytykset-sivu

## 5.4.4 Asetukset

Asetuksista (kuva 24) määritetään ilmanvaihtokoneen yleiset asetukset ja hälytysrajat. Asetukset-sivu on suojattu salasanalla. Ensimmäisenä voidaan asettaa ulkolämpötilalle ala- ja yläarvo, jonka mukaan paineohjetta säädetään. Ilmanvaihdon säädöstä on kerrottu enemmän luvussa 5.2. Seuraavana näkyvät tulo- ja poistoilmakanavan hetkelliset paineohjeet, joihin PID-lohkoilla ohjatut puhaltimet pyrkivät painemittausten oloarvot saamaan.

Tehostukselle ja normaalinopeudelle annetaan tulo- ja poistoilmakanavien paineohjeiksi ala- ja yläarvot joiden mukaan PID-lohkon hetkelliset paineohjeet lasketaan. Tehostusaika voidaan valita tunnin tarkkuudella ja tehostus toimii arkipäivinä. Tehostusaika voidaan valita tarvittaessa alkamaan myös lopetusajan jälkeen, jolloin ilmanvaihtoa tehostetaan yön ylitse. Esimerkiksi kuvan (kuva 24) tapauksessa tehostus alkaa kello 15 ja loppuu seuraavana päivänä kello 14.

Hälytysrajoiksi on ohjelmoitu vain tulo- ja poistoilmasuodattimien paine-eron ylärajahälytys. Hälytysrajojen valinta olisi hyvä tehdä kokeellisesti esimerkiksi lukemalla paine-eroantureiden lukemat kun suodattimet ovat likaiset ja tehostus on päällä sekä mahdollisimman lähellä paineohjeen yläarvoa. Jos hälytysraja valitaan normaalinopeuden ollessa päällä, ylittyy hälytysraja todennäköisesti puhtaillakin suodattimilla kun tehostus käynnistyy.

The screenshot shows a web browser window titled "Asetukset - ISA HVAC - Google Chrome" with the URL "/asetukset.htm". The page content is as follows:

### Asetukset - ISA HVAC - IV-kone - Asetukset

#### Asetusarvot

	Ala-arvo	Oloarvo	Yläarvo
Ulkolämpötila (°C):	-17.0	0.0	30.0
Tulokanavan paineohje (Pa):	47.2		
Poistokanavan paineohje (Pa):	57.2		

#### Tehostus

	Ala-arvo	Yläarvo
Tulokanavan paineohje (Pa):	40	60
Poistokanavan paineohje (Pa):	50	70

#### Normaalinopeus

	Ala-arvo	Yläarvo
Tulokanavan paineohje (Pa):	10	20
Poistokanavan paineohje (Pa):	15	25

#### Aikaohjelmat

	Aloitus	Lopetus
Tehostusaika:	15	14

#### Hälytysrajat

	Alaraja	Yläaraja
Tulosuodattimen paine-ero:	10	
Poistosuodattimen paine-ero:	10	

On the right side of the page, there is a graph titled "Paineasetus" (Pressure Setpoint) with "Lämpötila" (Temperature) on the x-axis. The graph shows a horizontal line at a low pressure level until a point labeled "Ala" (Lower limit), after which the pressure setpoint increases linearly until it reaches a point labeled "Ylä" (Upper limit), where it becomes horizontal again.

KUVA 24. Valvomon asetukset-sivu

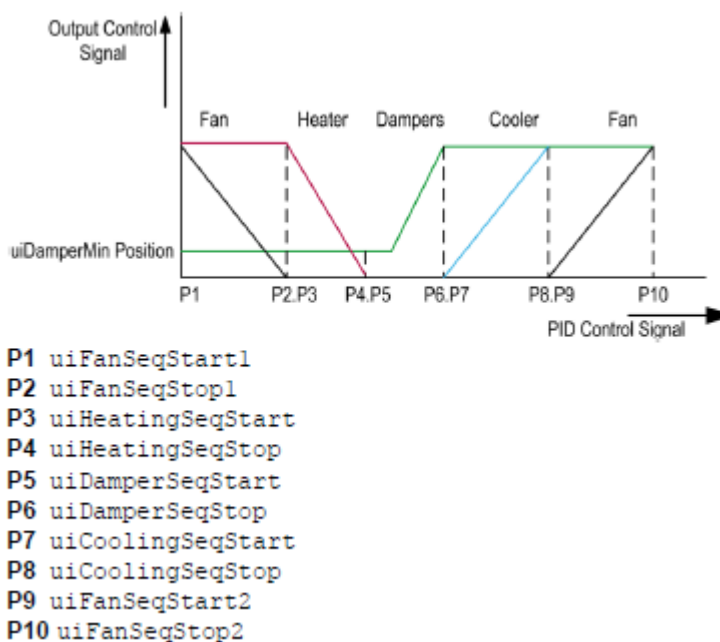
## 5.5 Yksikkösäätimen jatkokehitys

Ilmanvaihtokoneen yksikkösäätimen jatkokehittämiseksi ohjelmaan voitaisiin lisätä luvussa 5 esitetty painonapilla kytkeytyvä ajastintoiminto ilmanvaihdon tehostukselle aikaohjelman ulkopuolella. Samaisen toiminnon voisi lisätä myös napiksi web-valvomon perusnäkyymään. Tehostuksen aikaohjelmia voisi olla yksi enemmän ja aikaohjelmasta saisi huomattavasti geneerisemmän lisäämällä valintaruudut jokaiselle viikonpäivälle. Tällöin esimerkiksi arkipäivisin kahdessa vuorossa ja lauantaisin yhdessä vuorossa toimivan kohteen ilmanvaihdon saisi toimimaan järkevästi. Viikonpäiväkohtaisten aikaohjelmien tekeminen olisi suotavaa, mutta vähäisen pysyvän muistin johdosta se on hankalaa. Kahden aikaohjelman toteutus vaatisi vain muutaman pysyvän muistin muuttujan lisää.

Valvomon asetukset-sivulle tulisi lisätä ristivirtauskennon huurteensulatuksen käyntiaika sekä lämpötila, milloin huurteensulatus kytkeytyy päälle. Myös koko ilmanvaihtokoneen oikea toiminta olisi hyvä varmistaa vielä kokeneelta ilmastointisuunnittelijalta, koska täysin yksiselitteistä toimintaselostusta ilmanvaihtokoneen toimintaan ei ollut.

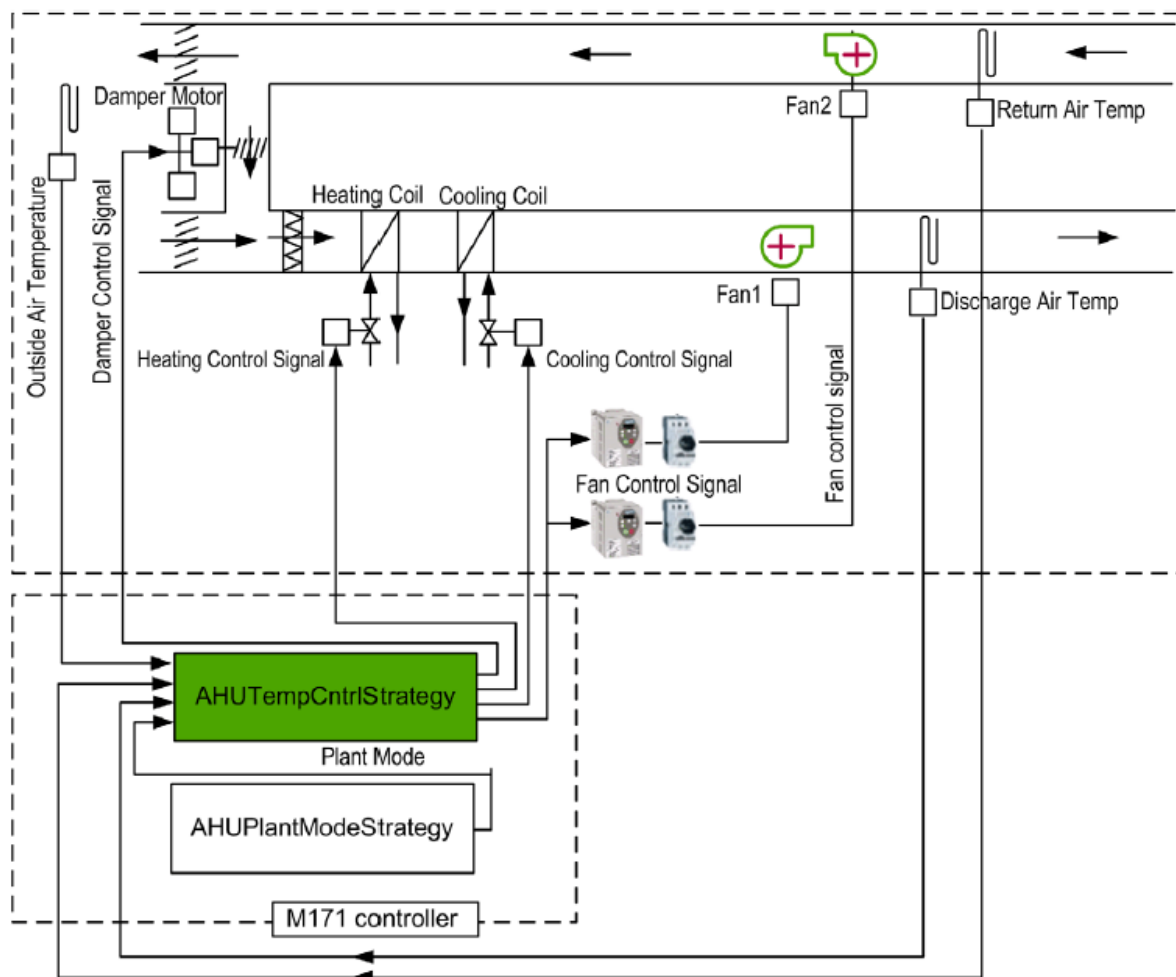
Yksikkösäätimen toiminnan voisi laajentaa koskemaan myös ilmastointikonetta. SoMachine HVAC -ohjelma tarjoaa useita valmiita lohkoja erilaisiin sovelluksiin, joista ilmastointikoneeseen soveltuvia ovat *AHUPlantModeStrategy* ja *AHUTempCntrlStrategy*, jotka liittyvät kuvan (kuva 26) mukaisesti toisiinsa. Lohkoihin tutustuttiin työtä tehdessä, mutta ne sivutettiin soveltumattomina kohteen ilmanvaihtokoneen ohjaukseen, sillä *AHUTempCntrlStrategy*-lohkon toiminta perustuu tuloilman lämpötilan säätöön, mutta kohteessa ei kyseistä toimintaa haluttu.

Kuvassa (kuva 25) on esitetty *AHUTempCntrlStrategy*-lohkon toimintaa. *PID Control Signal* säätyy tuloilman lämpötilan ja sille asetetun asetusarvon perusteella. Lohkoon voidaan syöttää myös poistoilman ja ulkoilman lämpötila erilaisia kompensointeja varten.



KUVA 25. *AHUTempCntrlStrategy*-lohkon toiminta





KUVA 26. HVAC-kirjaston ilmastointikoneen lohkon kytkeytyminen ilmastointikoneeseen (Schneider Electric, 2015)

*AHUTempCntrlStrategy*-lohkon toimintaan liittyy myös kuvan (kuva 26) mukaisesti *palautusilma*, eli poistoilmaa johdetaan takaisin tuloilmaan. Suomessa palautusilman käyttäminen on vähäistä uudisrakennusten tavanomaisissa tiloissa poistoilman lämmön talteenoton hyvän tehokkuuden vuoksi. Huonosti toteutettuna ja käytettynä palautusilma huonontaa sisäilman laatua, esimerkiksi säädettäessä minimi ulkoilmavirrat liian pieneksi tai käytettäessä liian pientä palautusilman suodatustasoa (Sandberg, 2014).

Ilmastointikoneen yksikkösäätimen yhteydessä *AHUPlantModeStrategy*- ja *AHUTempCntrlStrategy*-lohkoihin kannattaisi perehtyä, koska niissä on mietitty paljon ilmastointikoneen toiminnallisuutta valmiiksi, kuten koneen toiminta palohälytyksen sattuessa tai tuloilman lämpötilan laskiessa liian alas. Suurin kysymys lohkojen käytössä lienee se, miten lohkot toimivat ilman palautusilmapeltiä.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada toteutettua modulaarinen ja helposti räätälöitävissä oleva ilmanvaihtokoneen yksikkösäädin Modicon M171 Performance Blind -logiikalla (myöhemmin M171-logiikka). Työ koostui suurimmaksi osaksi ohjelmoinnista sekä uuteen ohjelmointiympäristöön ja logiikkatuoteperheeseen perehtymisestä. Yksikkösäätimen toiminta testattiin kohteeseen suunnitelluilla antureilla ja taajuusmuuttajilla. Kohteen ilmanvaihtokoneesta tehtiin säätökaavio ja yksikkösäätimen keskukselta piirikaaviot (liitteet 1 ja 2), mutta varsinainen keskuksen kasaus, sekä yksikkösäätimen asennus ja käyttöönotto jäi opinnäytetyön ulkopuolelle. Työssä tutustuttiin myös ilmastointitekniikan ja ilmastointikoneen perusteisiin.

Työn tuloksena saatiin toteutettua ilmanvaihtokoneen yksikkösäädin M171-logiikalla, mutta lopputulema ei ole ainakaan hyvin nopeasti räätälöitävissä. Tavoitteet asetettiin hieman liian korkealle M171-logiikalle, joka vaikuttaisi soveltuvan paremmin hieman yksinkertaisemmän käyttöliittymän toteutukseen tai puhtaasti laitevalmistajille, joilla ohjelmaa ja valvomoa ei tarvitse joka kerta räätälöidä vaan samoilla osilla varustettuihin koneisiin käy sama ohjelma.

Yksikkösäätimen lisäksi opinnäytetyössä saatiin tuntumaa siitä, mitä M171-logiikalla pystyy järkevästi toteuttamaan ja millaisiin sovelluksiin se ei välttämättä ole sopiva. Ilmanvaihto- ja ilmastointikoneiden modernisointikohteisiin, jotka poikkeavat tässä työssä esitetystä toimistorakennuksen ilmanvaihtokoneesta, vaatii kohtalaisen paljon aikaa valvomon muokkaukseen ja mahdollisten kohteeseen valmiiksi asennettujen eri merkkisten taajuusmuuttajien ohjauslohkojen tekemiseksi ohjelmaan. Tuotekehitykseen käytetty aika tietää kustannuksia, joita ei todennäköisesti yksittäisen koneen modernisoinnilla saada katetuksi. Jos koneiden modernisointeja on vähän ja kaikki niistä vaativat ohjelman muutoksen, ei kyseinen toiminta ole kannattavaa. Lisäksi useiden eri ohjelmaversioiden hallinta ja ylläpito on hankalaa ja paljon aikaa vievää.

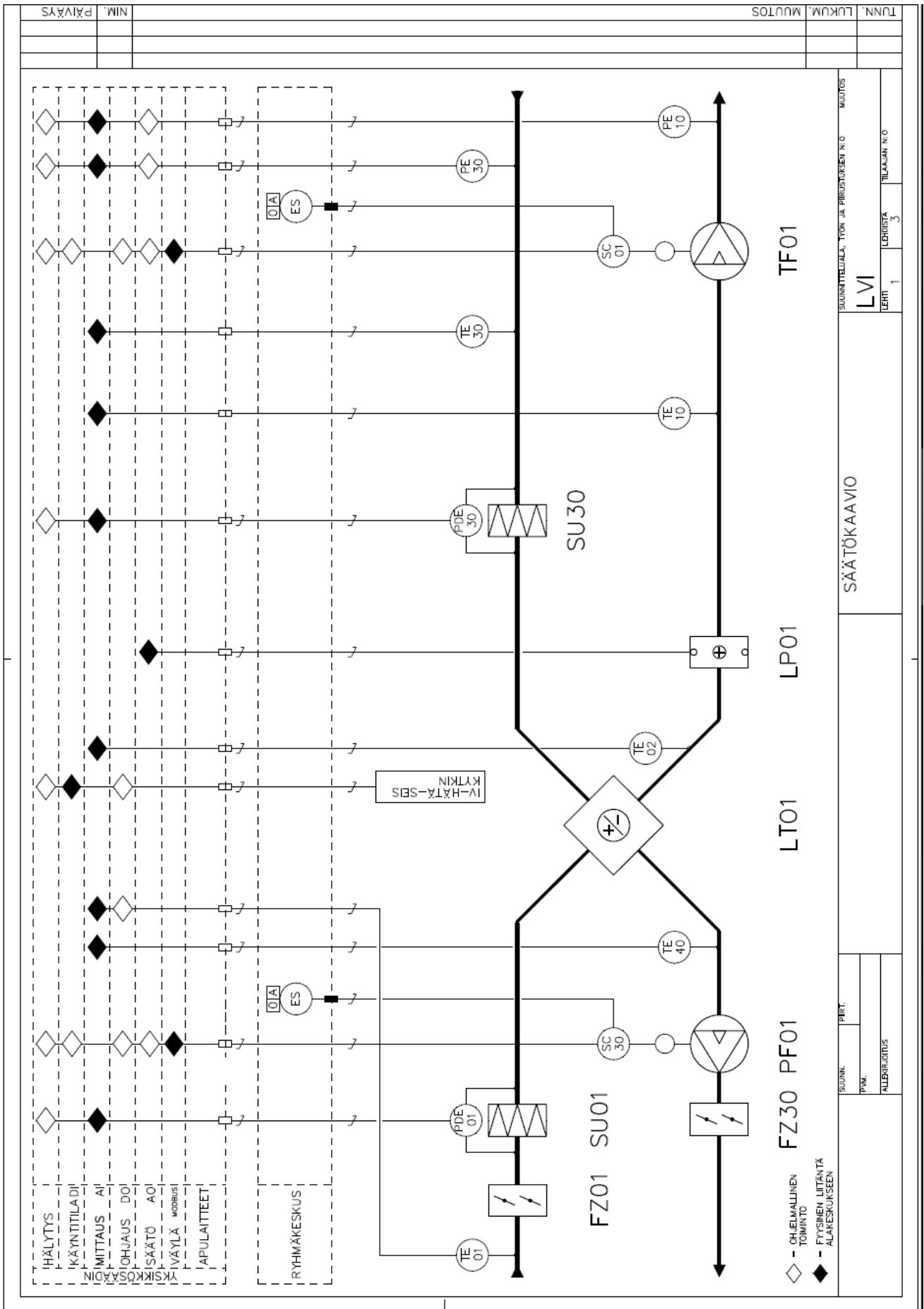
Modernisointien sijaan parempi kohde tehdyille yksikkösäätimelle olisi alkaa tekemään uusia ilmastointi- tai ilmanvaihtokoneita yhteistyössä jonkun paikallisen LVI-liikkeen kanssa. Yksikkösäädin tulisi laajentaa toimimaan ilmastointikoneissa, mutta tällä saataisiin aiemmin mainittu laitevalmistajia koskeva hyöty, että ohjelmaa ei tarvitse muuttaa jokaisen koneen välillä.

## LÄHTEET

- Iisalmen Sähkö- ja automaatio suunnittelu Oy. (ei pvm). *Etusivu*. Haettu 15. 05 2016 osoitteesta Iisalmen Sähkö- ja automaatio suunnittelu Oy: <http://tehdaspalvelu.isas.fi/>
- Milton, D. K.; Glencross, M.; & Walters, M. D. (2000). Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints. Teoksessa *Indoor air* (ss. 212-221). Boston: Harvard School of Public Health. Noudettu osoitteesta <http://e-co.uk.com/Recirc-Milton2000.pdf>
- Produal Oy. (28. 09 2006). *TEK NTC 10*. Haettu 03. 05 2016 osoitteesta Produal: <http://www.produal.fi/folders/Files/Tekniset%20esitteet/TEKNTC10a.pdf>
- Produal Oy. (12. 09 2014). *PEL 2500*. Haettu 03. 05 2015 osoitteesta Produal: [http://www.produal.fi/folders/Files/Tekniset%20esitteet/PEL2500\\_fi.pdf](http://www.produal.fi/folders/Files/Tekniset%20esitteet/PEL2500_fi.pdf)
- Rahul. (23. 02 2013). *Range scaling problem*. Haettu 11. 05 2016 osoitteesta Stackexchange - Math: <http://math.stackexchange.com/questions/43698/range-scaling-problem>
- Sandberg, E. (2014). *Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät*. Tampere: Tammerprint.
- Schneider Electric. (17. 04 2009a). *ATV312 Communication variables manual*. Haettu 10. 05 2016 osoitteesta Schneider Electric: <http://www.schneider-electric.com/download/em/en/details/2569897-ATV312-Communication-variables-manual>
- Schneider Electric. (04 2009b). *Modbus communication manual*. Haettu 03. 05 2016 osoitteesta Schneider Electric: [http://download.schneider-electric.com/files?p\\_File\\_Id=755964462&p\\_File\\_Name=ATV312\\_Modbus\\_manual\\_EN\\_BBV52816\\_01.pdf](http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=755964462&p_File_Name=ATV312_Modbus_manual_EN_BBV52816_01.pdf)
- Schneider Electric. (17. 09 2014). *SoMachine HVAC Software, Programming Guide*. Haettu 18. 05 2016 osoitteesta Schneider Electric: <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-selector/62420-modicon-m171-m172>
- Schneider Electric. (10 2015). *SoMachine HVAC Application Function HVAC Library Guide*. Haettu 10. 05 2016 osoitteesta Schneider Electric: <http://www.schneider-electric.com/cn/en/download/document/EIO0000002057-EN>
- Schneider Electric. (03 2016a). *Modicon M171/M172 logic controllers, and software*. Haettu 29. 04 2016 osoitteesta Schneider Electric: <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-download/62420-modicon-m171-m172>
- Schneider Electric. (29. 04 2016b). *Modicon M171/M172 Presentation*. Haettu 10. 05 2016 osoitteesta Schneider Electric: <http://www.schneider-electric.com/en/product-range/62420-modicon-m171-m172>
- Schneider Electric. (a). *Altivar 312*. Haettu 11. 05 2016 osoitteesta Schneider Electric: <http://www.schneider-electric.com/en/product-range/2656-altivar-312>
- Schneider Electric. (b). *Invensys is now Schneider Electric*. Haettu 29. 04 2016 osoitteesta Schneider Electric: <http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/former-brands/invensys/invensys.page>
- Schneider Electric. (c). *TM171AETH*. Haettu 29. 04 2016 osoitteesta Schneider Electric: [http://eshop.schneider-electric.com/product.aspx?org=21&lang=1&dist=276&prod\\_id=TM171AETH](http://eshop.schneider-electric.com/product.aspx?org=21&lang=1&dist=276&prod_id=TM171AETH)
- Seppänen, O. (2008). *Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto*. Anjalankoski: SOLVER palvelut Oy.
- Seppänen, O.; Fisk, W.; & Mendell, M. (1999). Association of Ventilation Rates and CO2 Concentrations with Health and other Responses in Commercial and Institutional Buildings. *International Journal of Indoor Quality and Climate*.

Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. (2011). *D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma*. Haettu 27. 04 2016 osoitteesta Rakennustieto: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/106518.html.stx>

LIITE 1: ILMANVAIHTOKONEEN SÄÄTÖKAAVIO



TUNN.	LUKUM.	MUUTOS

SUUNNITTELUKÄYTTÖ- JA PIIRUSTUKSEN N.º		MUUTOS
LVI		
LEHTI	1	LEHDISTÄ N.º 3
SÄÄTÖKAAVIO		

SUUNN.	PIIR.
PYM.	
ALIBRITUS	

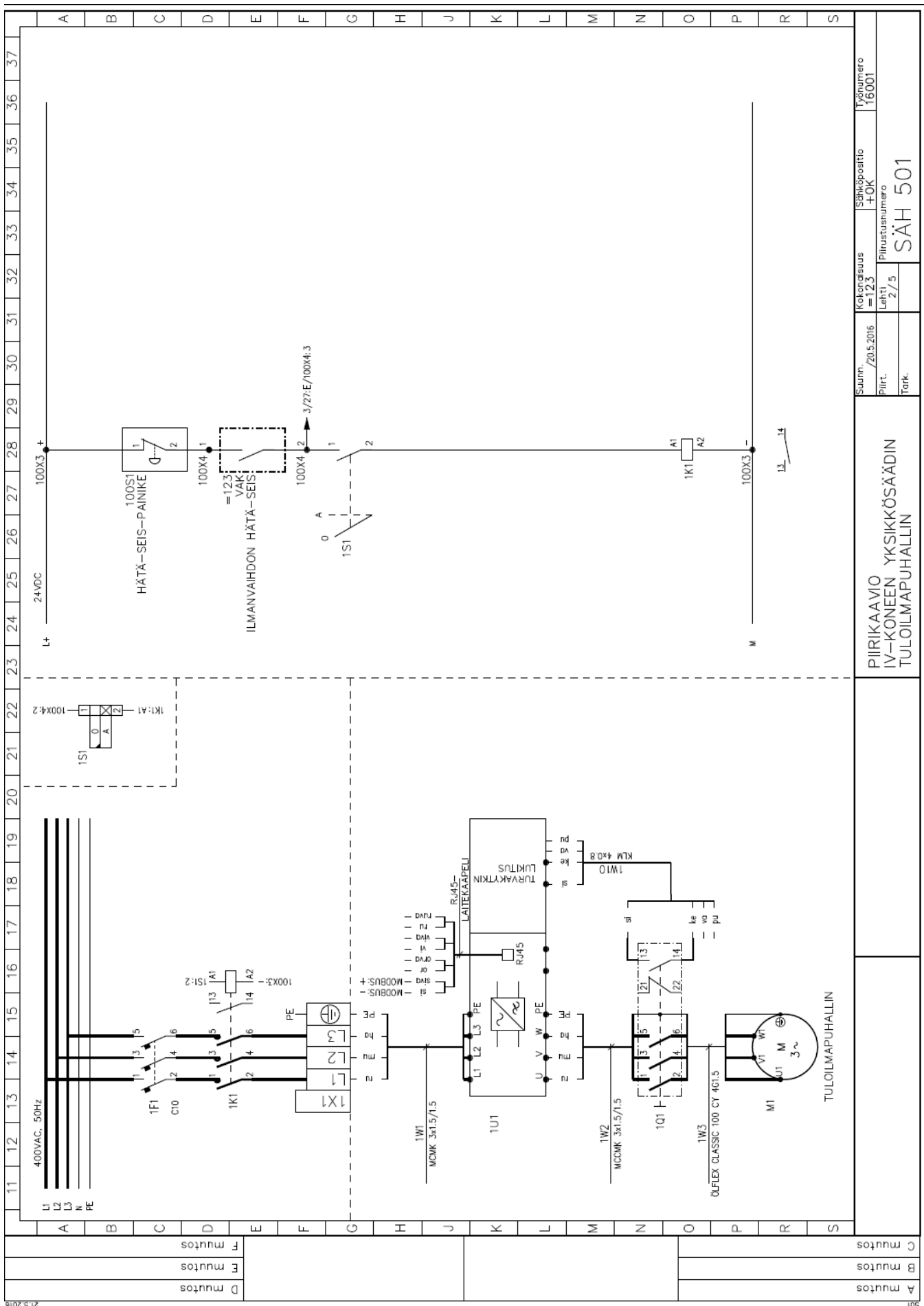
SÄÄTÖKAAVIO		
-------------	--	--

				TUNN.			
				LUKUM.			
				MUUTOS			
				SUUNNITTELUKÄS. TYÖN JA PIRUSTURPESKIN N:O		MUUTOS	
				LVI			
				LEHTI 2		TILAAJAN N:O	
				LEHDISTÄ		3	
				<b>SÄÄTÖKAAVIO</b>			
				SUUNN.		PIIRIT.	
				TYÖN.			
				ALUEKIRJITUS			
<p><b>TOIMINTASELOSTUS</b></p> <p>1. RYHMÄKESKUSLUKITUKSET</p> <p>2. OHJELMALLISET LUKITUKSET</p> <p>TULOILMAPUHALLIN TF01 JA POISTOILMAPUHALLIN PF01 KÄYVÄT RINNAN.</p> <p>3. OHJAUKSET</p> <p>KOJEEN VUOROKAUTISIA KÄYNTIAIKOJA OHJATAAN SÄÄTÖJÄRJESTELMÄN AIKAOHJELMAN MUKAAN.</p> <p>4. TOIMINTA KOJEEN KÄYDESSÄ</p> <p>PAINELÄHETTIMIEN PE10 JA PE30 MITTAUKSIEN PERUSTEELLA PIDETÄÄN PAINESÄÄTÖJÄRJESTELMÄN ASETUSARVOSSAAN TULO- JA POISTOILMAKANAVASSA.</p> <p>5. TOIMINTA KOJEEN SEISONTA-AIKANA</p> <p>6. VAROTOIMINNOT</p> <p>LÄMPÖTILAN TE10 YLITÄESSÄ (PALOVAARA-ASETUS +50°C) ASETUSARVON PYSÄHTYVÄT PUHALTIMET TF01 JA PF01 JA TAPAHTUU HÄLYTYS.</p> <p>PAINETTAESSA IV-HÄTÄ-SEIS -PAINIKETTA PYSÄHTYVÄT KAIKKI PUHALTIMET JA LISÄKSI TAPAHTUU HÄLYTYS.</p>							

LAITETUNNUS	NIMITYS	VAIKUTUSALUE	SIJAINTI	TEKNISET ARVOT	NYKYI- NEN	HANKII/ ASENTAA	HUOM.	TUNN. LUKUM. MUUTOS	NIM. PÄIVÄYS
TE01	ULKILMAN LÄMPÖTILA			KANAVAAN					
TE02	TULOILMAN LÄMPÖTILA			KANAVAAN					
TE10	TULOILMAN LÄMPÖTILA			KANAVAAN					
TE30	POISTOILMAN LÄMPÖTILA			KANAVAAN					
TE40	JÄTEILMAN LÄMPÖTILA			KANAVAAN					
PE10	KANAVISTON PAINE			0...2500 Pa					
PE30	KANAVISTON PAINE			0...2500 Pa					
PDE01	PAINE-EROLÄHETIN			0...2500 Pa					
PDE30	PAINE-EROLÄHETIN			0...2500 Pa					
FZ01	ULKOILMAPELTI								
FZ30	POISTOILMAPELTI								
SC01	KIERROSNOPEUDEN SÄÄDIN			PORTAATON					
SC30	KIERROSNOPEUDEN SÄÄDIN			PORTAATON					
LVI				SÄÄTÖKAAVIO					
SUUNNITTELOLA, TYÖN JA PIIRUSTUKSEN N:O				LVI					
LEHJÄN N:O				LEHJÄN N:O		3		3	
SUURI.		PIIRI.							
PVM.									
ALUEKARTTA									







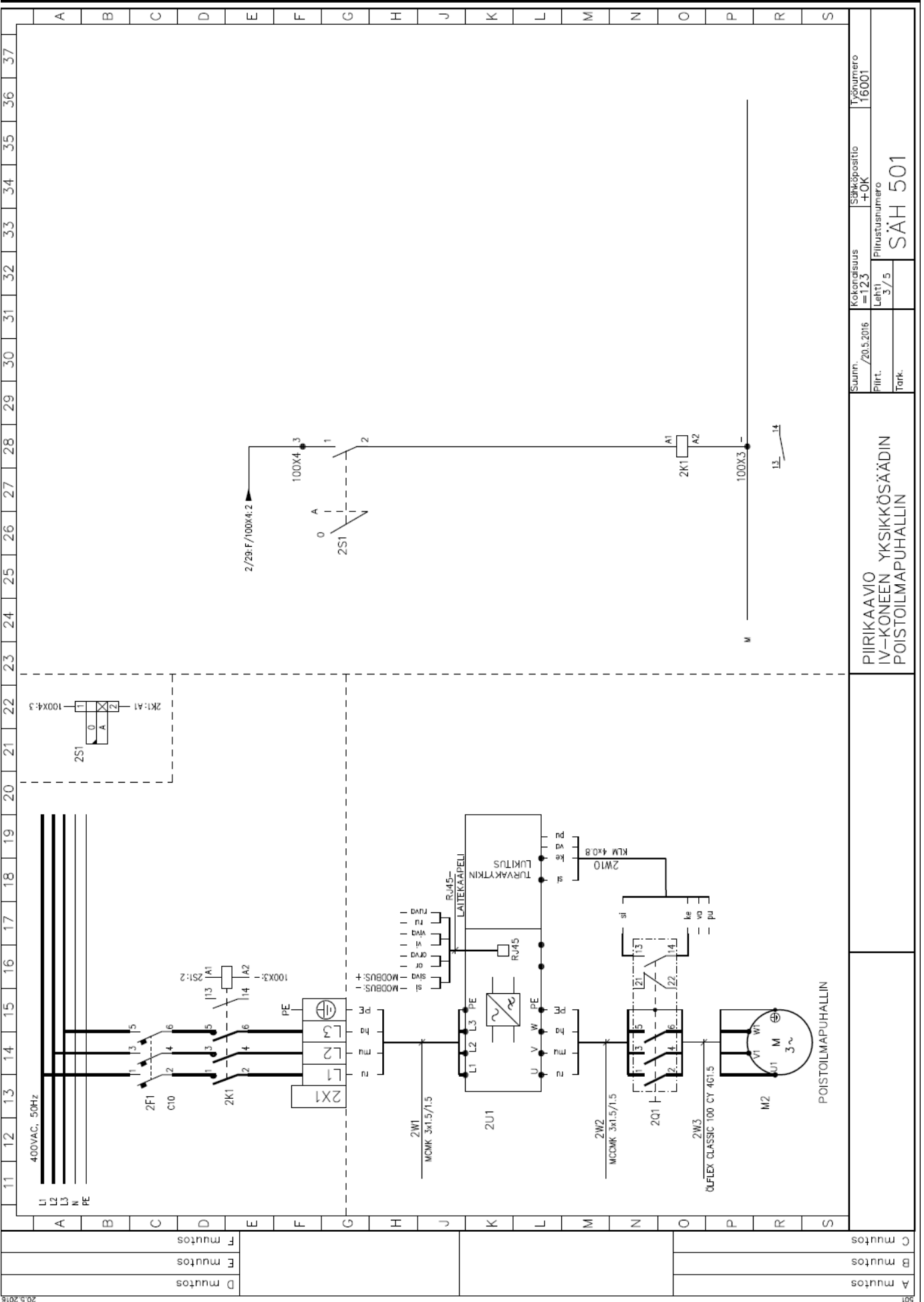
21.5.2016

A muutokset	
B muutokset	
C muutokset	
D muutokset	
E muutokset	
F muutokset	

PIIRIKAAVIO  
IV-KONEEN YKSIKKÖSÄÄDIN  
TULOILMAPUHALLIN

Suunn. /20.5.2016	Kokonaisuus =123	Sähkösuostio +OK	Tönnörymero 16001
Piirt.	Lehti / 2/5	Piirustusnumero	
Tark.			

SÄH 501

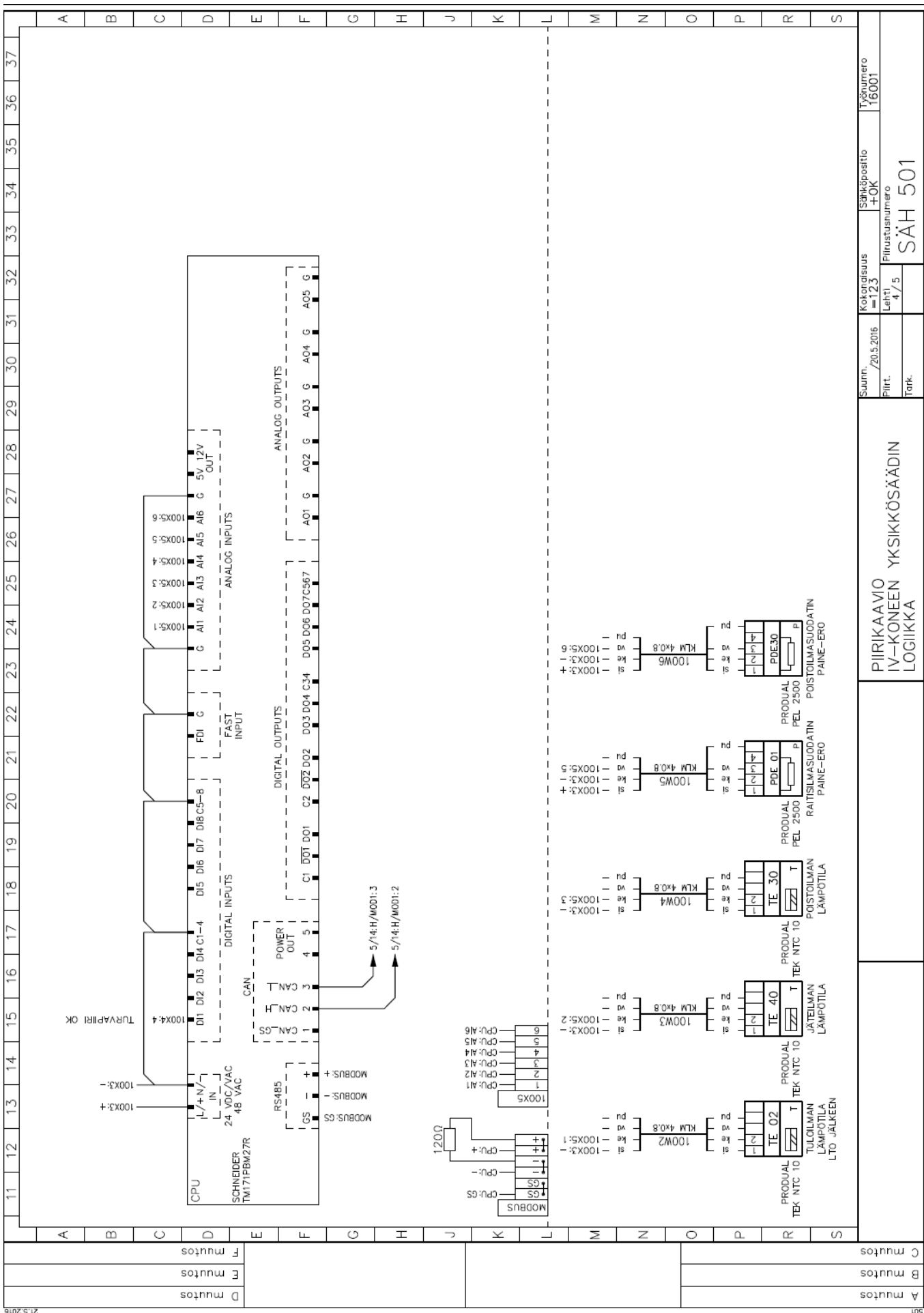


PIIRIKAAVIO  
IV-KONEEN YKSIKÖSÄÄDIN  
POISTOILMAPUHALLIN

Suunn. /20.5.2016	Kokonaissuus = 12,3	Sähköspositio +OK	Tuotenumero 16001
Piirt.	Lehti / 3 / 5	Piirustusnumero	
Tark.			

SÄH 501

A muutoks	
B muutoks	
C muutoks	
D muutoks	
E muutoks	
F muutoks	

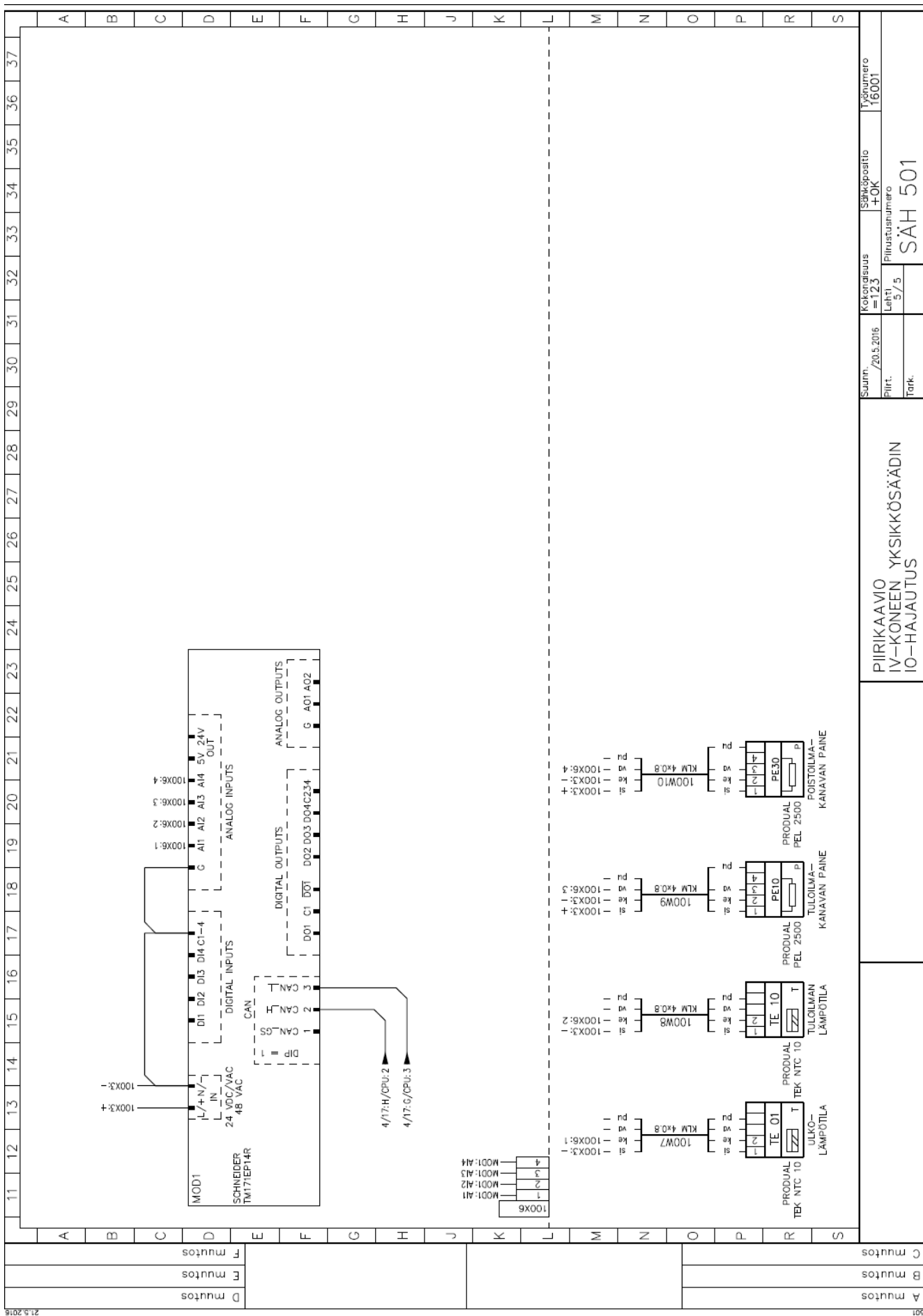


21.5.2016

Suunn. /20.5.2016		Kokonaissuus =123	Sähköpostio +OK	Tönnönumero 16001
Piirt.	Tark.	Lehti 4/5	Piirustusnumero	SÄH 501

PIIRIKAAVIO  
IV-KONEEN YKSIKKÖSÄÄDIN  
LOGIIKKA

A muutokset	
B muutokset	
C muutokset	



PIIRIKAAVIO  
IV-KONEEN YKSIKKÖSÄÄDIN  
IO-HAJAUTUS

Suunn.	/20.5.2016	Kokonaisuus	=123	Sähköpöytä	+OK	Työnumero	16001
Piirt.		Lehti	57/5	Piirustusnumero			
Tark.							SÄH 501

A	muitos	
B	muitos	
C	muitos	
D	muitos	
E	muitos	
F	muitos	