



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Riina Tikkala

KIINTEISTÖN ILMANVAIHDON
TOTEUTUS MODICON M171-
LOGIIKALLA

Kohteena hevostalli

Tekniikka
2017

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Riina Tikkala
Opinnäytetyön nimi	Kiinteistön ilmanvaihdon toteutus Modicon M171-logiikalla, kohteena hevostalli
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	31 + 3 liitettä
Ohjaaja	Chavez Vega Santiago

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa Modicon M171-logiikalla toimiva ilmanvaihto hevostalliin. Toimeksiantajana toimi Automation T&N Oy. Työn tavoitteena oli perehtyä talliympäristön nykyvaatimuksiin ja selvittää Modicon 171-logiikan ja sen ohjelmointiohjelman SoMachine HVAC soveltuvuus talliympäristöön.

Ohjelmointikielenä käytettiin Structure Textiä (ST) sekä Function Block Diagramia (FBD), käyttöliittymä toteutettiin SoMachinen omalla työkalulla.

Lopputuloksena saatiin valmiiksi ohjelmoitu logiikka ohjaamaan EC-puhallinta ja sulkupeltejä parametrien mukaisesti. Logiikka pitää sisällään lämpötilan ja kosteuden seurannan, palohälytyksen ja CO2 säädön. Logiikkasovellus on liitettävissä laajempaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään Modbus-väylän avulla.

ABSTRACT

Author	Riina Tikkala
Title	Building Ventilation with Modicon M171-logic subject of horse stable
Year	2017
Language	Finnish
Pages	31 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Chavez Vega Santiago

The purpose of this thesis was to implemented horse stables ventilation system with Modicon M171 logic. This thesis was made for Automation T&N Ltd. The aim of the thesis was to study the current requirements of the horse stable environment and to find out Modicon 171 logic and SoMachine HVAC suitability for horse stable environment.

Structure Text (ST) and Function Block Diagram (FBD) were used as the programming language, the user interface was done using SoMachine's own tools.

The end result is pre-programmed logic to control the EC-fan and the shut-off dampers according to the parameters. The logic includes temperature and humidity monitoring, fire alarm and CO2 control. The logic application is attached to a larger building automation system via the Modbus.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
2	ILMANVAIHDON SUUNNITTELUN PERUSTEET JA PROSESSI.....	10
	2.1 Lait, määräykset ja ohjeet ilmanvaihdon suunnittelussa.....	10
	2.2 Tallin sisäilmasto ja sen vaikutukset hevosten terveyteen.....	10
	2.3 Hevosen lämmön ja kosteuden tuotto.....	12
	2.4 Ilmanvaihdon mitoitus.....	12
	2.5 Koneellinen poistoilmanvaihto ja korvausilma-aukot.....	13
3	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN VALINTA.....	14
	3.1 Ilmanjaon periaatteet.....	14
	3.2 Puhaltimien mitoitus ja valinta.....	14
4	YKSIKÖSÄÄTIMEN LAITTEISTO.....	16
	4.1 Modicon M171P.....	16
	4.2 SoMachine HVAC-ohjelmisto.....	16
	4.2.1 Connection.....	16
	4.2.2 Application.....	17
	4.2.3 User Interface.....	19
	4.2.4 Device.....	19
	4.2.5 Simulation.....	20
	4.3 Anturit.....	20
	4.3.1 Lämpötila- ja kosteusanturi.....	20
	4.3.2 Hiilidioksidilähetin.....	21
5	TALLIN ILMANVAIHTOKONEEN YKSIKÖSÄÄDIN.....	22
	5.1 Lämpötilan hallinta.....	22
	5.2 Kosteuden hallinta.....	22
	5.3 Hiilidioksidin mittaus.....	25
	5.4 Palohälytys.....	26
	5.5 Softan luonti.....	26
6	OPINNÄYTEYTYÖPROSESSI.....	28

LÄHTEET.....	30
LIITTEET	

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Periaatekuva tallin ilmanvaihdosta	13
Kuva 2. Onnline CK-315C-kanavapuhallin	15
Kuva 3. Modicon M171P-logiikka	16
Kuva 4. I/O-luettelo	17
Kuva 5. Application-näkymä ja Function Block Diagram-esimerkki	18
Kuva 6. Application-näkymä ja Structure Text-esimerkki	18
Kuva 7. Näytön ja käyttöliittymän luonti User Interfacella	19
Kuva 8. Devicen pääikkuna	19
Kuva 9. KLU-100-kosteuslähetin	20
Kuva 10. HDU-hiilidioksidilähetin	21
Kuva 11. Ilman kosteussisällön x laskenta, function block	26
Kuva 12. Sähköpatterin ohjaus, oma function block	27
Kuva 13. Sähköpatterin ohjaus, local variables	27
Taulukko 1. Ilmanvaihdon mitoittaminen hevosen painon mukaan	12

LIITELUETTELO**LIITE 1.** KytKentäkuva**LIITE 2.** Johdotuskaavio**LIITE 3.** Tekniset tiedot Onnline CK 315 B**LIITE 4.** Laskentataulukko Excel, Entalpian laskeminen

LYHENTEET JA TERMIT

Absoluuttinen kosteus	Kuvaus, paljonko kuutiometrissä ilmaa on vettä grammoina.
Ammoniakki	Hevosen virtsasta sekä lannasta mikrobitoiminnan seurauksena erittyvä pistävänhajuinen kaasu.
EC	Electrically Commutated. Puhallin, jossa harjaton tasavirtamoottori.
Entalpia	Kostean ilman lämpösisältö.
HVAC	Heating, ventilating and air conditioning, ilmanvaihtojärjestelmä.
Kastepiste	Dewpoint, vesihöyryn maksimitila, jossa veden tiivistyminen eli kondensoituminen alkaa ja ilman suhteellinen kosteus on 100 %.
Kosteuspitoisuus	Kappaleessa olevan kosteuden massa tai tilavuus verrattuna kuivaan massaan tai tilavuuteen.
Modbus	Sarjaliikenneprotokolla, jonka avulla samaan verkkoon kytketyt laitteet voivat kommunikoida toistensa kanssa.
Puhkuri	Hevosen krooninen yliherkkyys pölyille.
Suhteellinen kosteus	Prosenttiluku, joka kertoo vesihöyryn määrän ilmassa suhteessa vesihöyryn maksimimäärään kyseisessä lämpötilassa.
Yksikkösäädin	Itsenäisesti toimiva säätölaite.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tutkia Modicon M171-logiikan ja SoMachine-ohjelman soveltuvuutta ilmastoinnin toteuttamiseen hevostallissa. Suunnittelukohdeena on kolmen hevosen talli, jossa on vesipiste, mutta ei pesukarsinaa. Tallissa on kolme 9 m² karsinaa käytävän toisella sivulla ja 18 m² käytävä. Varustehuone ja rehuvarasto sijaitsevat erillisessä rakennuksessa. Tallin sisäkorkeus on 3 m riittävän ilmanvaihdon toteuttamiseksi. Poistoilmapuhallin sijoitetaan käytävän päähän, jossa vesipiste sijaitsee. Korvausilma-aukot sulkupelteineen sijaitsevat käytäväosassa seinäpinnan ylärajassa. Ulko-oven viereen seinustalle tulee lämpöpatteri, jota ohjataan logiikalla.

Työn tilaajan, Automaatio T&N Oy:n toimialana on rakennusautomaatio. Yritys on perustettu vuonna 2007 Mustasaareen ja vuodesta 2015 saakka päätoimipiste on sijainnut Vaasan Runsorissa. Yrityksellä on toimipiste myös Kristiinankaupungissa. Työntekijöitä on tällä hetkellä 5.

Pääasiakkaita ovat kunnat ja yritykset. Toiminta-alue on laaja, käsittäen koko vanhan Vaasan läänin alueen, aina Kokkolasta Seinäjoelle ja Vaasasta Kristiinankaupunkiin.

Automaatio T&N Oy:n palveluihin kuuluu ilmanvaihdon ja lämmityksen säätölaitteiden myynti, asennus ja huolto.

2 ILMANVAIHDON SUUNNITTELUN PERUSTEET JA PROSESSI

Tallin ilmanvaihto on yksi tärkeimmistä, mutta myös pohjoisen sijaintimme vuoksi yksi ongelmallisimmista huomioon otettavista asioista talliympäristössä. Toteutukseen vaikuttavat sisä- ja ulkoilman lämpötilaero sekä kosteusvaihtelu.

Raikkaan ilman saanti hevosille tulisi taata, mutta ilma ei saisi jäähtyä tallia kovempienkaan pakkasten aikana. Tallin sisäilman laadulla on suora vaikutus hevosen hengitysteihin ja terveyteen. Talviaikaan hevonen on usein suurimman osan päivästä tallissa ja se asettaa lisähaasteita sisäilman kosteuden hallinnalle. Tehokkaalla ja oikeinmitoitetulla ilmanvaihdolla voidaan lyhentää virusten, bakteerien sekä pölyhiukkasten leijunta-aikaa talli-ilmassa. Etenkin rehuista ja kuivikkeista irtaantuvat homepölyhiukkaset ovat haitallisia hevosen keuhkoille. Pitkäaikainen altistus niille saattaa johtaa keuhkorakkuloiden toimintakyvyn heikentymiseen ja hengitystieongelmiin tai pahimmillaan parantumattoman sairauden, puhkurin, kehittymiseen.

2.1 Lait, määräykset ja ohjeet ilmanvaihdon suunnittelussa

Hevostallin suunnittelua ja rakentamista ohjaa Suomen lakiin kirjatut eläinsuojelulainsäädännön hevosten pidolle asettamat määräykset sekä lisäksi rakentamismääräyskokoelma, joka pitää sisällään määräyksiä ja ohjeita. Eläinsuojelumääräyksissä käsitellään eläinlajikohtaisesti eläinmääriä, tilavuutta, ikkunapinta-alaa, melua ja sisäilmastoa.

Myös hevostallin ilmanvaihdolle on laissa määritelty laatuvaatimukset. Hevoskohtaiselle ilmanvaihdolle on määritelty arvot ja ilmanvaihto on suunniteltava siten, ettei ilman virtausnopeus ylitä sallittuja raja-arvoja. Haitallisille kaasuille ja epäpuhtauksille on määritelty raja-arvot sekä sisälämpötilalle minimi-alaraja. /10,11/.

2.2 Tallin sisäilmasto ja sen vaikutukset hevosten terveyteen

Tallin optimaalinen sisälämpötila on 5-10 astetta. Pari astetta kylmempikään tila ei ole pahitteeksi, mikäli lämpötila pysyy suurin piirtein vakiona ympäri vuorokauden.

Lämmitetyn eläinsuojan lämpötila ei saisi kuitenkaan laskea alle 2°C. Optimaalista lämpötilaa korkeampi sisälämpötila lisää hevosen virtsasta erittyvää ammoniakkin määrää. Lisälämmön tarve on talvisin kylminä päivinä, hevosten ulkoillessa ja tallin ollessa tyhjä. Lisälämmityksellä voidaan myös säätää tarvittaessa sisäilman kosteutta pienemmäksi. Hevosella on erinomainen lämmöntuottokyky ja se on otettava huomioon ilmanvaihdon suunnittelussa. Lämpöä syntyy jatkuvasti aineenvaihdunnan ja ruoansulatuksen yhteydessä, lisäksi siihen vaikuttaa hormonitoiminta. Hevosella kokonaislämmöntuotto on painosta (500-800 kg) riippuen keskimäärin 650-960W +20 °C lämpötilassa ja lukema sisältää myös hevosesta haihtuvan kosteuden mukana tulevan lämmön.

Yksi talli-ilmassa esiintyvä epäpuhtaus on ammoniakki. Sitä vapautuu talli-ilmaan lannasta ja virtsasta ja sen määrä talli-ilmassa tulisi olla alle 5 ppm. Ammoniakille on määritelty ylärajaksi 10 ppm. Ammoniakin määrään talli-ilmassa voidaan vaikuttaa ilmanvaihdolla, lämpötilalla sekä kuivikemateriaalilla. Turvekuivitus sitoo vähemmän ammoniakkia kuin esimerkiksi puupohjaiset kuivikkeet. Liiallinen ammoniakki talli-ilmassa altistaa hevoset infektioille heikentämällä keuhkojen värekarvojen toimintaa.

Hiilidioksidia syntyy talliin hevosten hengitysilmosta, lannasta sekä rehuista. Tallissa hiilidioksidipitoisuuden pitäisi pysytellä lähellä ulkoilman hiilidioksidimäärää 385 ppm, eli 0,03 %. Hiilidioksidin määrää voidaan käyttää ilmanvaihdon mitoitukseen, sillä sen pitoisuus kasvaa suorassa suhteessa talli-ilmassa olevien muiden epäpuhtauksien kanssa. Mikäli ilmanvaihdon teho on riittävä poistamaan liiallisen hiilidioksidin, se on riittävä poistamaan myös muut haitalliset kaasut talli-ilmosta. Hiilidioksidiarvolle määritelty maksimiarvo on 3500 ppm.

Ammoniakin ja hiilidioksidin lisäksi myös orgaaninen pöly on ilman epäpuhtaus. Orgaanista pölyä leviää talli-ilmaan hevosista hilseen, mikrobien ja karvan muodossa sekä kuivikkeiden ja rehujen hiukkasista. Rehu ja kuivikkeet saattavat sisältää myös homepölyä. Orgaaniselle pölylle määritelty maksimiarvo on 10 milligrammaa per kuutiometri. /10,11,12,14/

2.3 Hevosen lämmön ja kosteuden tuotto

Hevonen käyttää keskimäärin 80 000 litraa ilmaa levossa vuorokauden aikana ja lisää hengityksen ja eritteiden kautta sekä ihon läpi ilman kosteutta tallin sisäilmaan keskimäärin 500 g tunnissa. Myös sääolosuhteet ja pesukarsina vaikuttavat ilman kosteuteen. Suositeltu tallin ilmankosteus on 55-65 %. Sopivan ilmankosteuden ylläpitäminen talliympäristössä on vaikeaa, mikäli tuloilmaa ei voida lämmittää millään. Syynä tähän on se, että talli-ilma noudattaa pääasiassa ulkoilman kosteuspiitoisuutta. Kosteus saattaa myös tiivistyä rakenteisiin, ilmanvaihtokanaviin ja ilmas-
tointilaitteeseen, mikä lisää riskiä homeisiin. Liiallinen sisäilman kosteus on tuuletettava tallista pois. Kuiva sisäilma taas lisää pölyjen ja muiden epäpuhtauksien määrää talli-ilmassa. Tallin sisäkorkeus ja ilmatila vaikuttavat tallin ilmanlaatuun. Mitä pienempi kuutiolavuus, sitä suurempi tarve tehokkaalle ilmanvaihdolle. Hevoskohtainen ilmatila suositusten mukaan on 45-50 m³. /10,11,12,18/

2.4 Ilmanvaihdon mitoitus

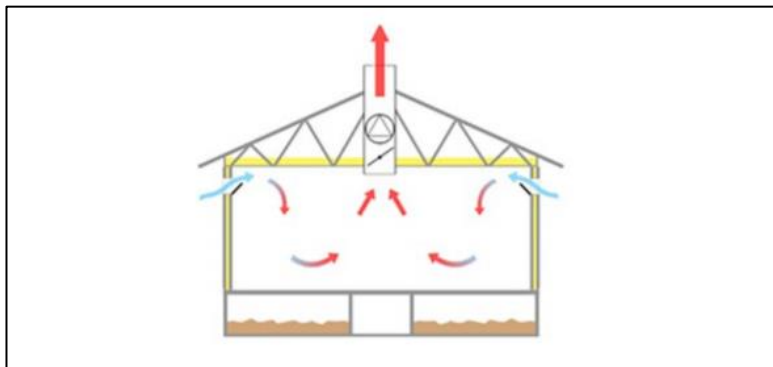
Minimi-ilmanvaihto määräytyy tallin sisäilman suhteellisen kosteuden sekä kaasujen poistotarpeen perusteella, minimimitoituksena suositellaan 50 m³ tunnissa/hevonen. Maksimi-ilmanvaihto taas on säädettävä tallin lämpötilan mukaan, mitoitustapaperusteena voidaan käyttää 350 m³ tunnissa/hevonen. Minimisuositus ilmanvaihdolle on 3-4 kertaa tunnissa, mutta ulkoilman lämpötilan noustessa, tarve ilmanvaihtokerroille lisääntyy. Sään ollessa kuuma ja kostea, suositellaan ilmanvaihtoa jopa yli 10 kertaa tunnin aikana. Ilmanvirtaus ei saa kuitenkaan missään olosuhteissa ylittää hevosenpitoalueella 0,25 metriä sekunnissa. /10,12,18/

Taulukko 1. Ilmanvaihdon mitoittaminen hevosen painon mukaan /18/.

Hevosen paino (kg)	Minimi ilmanvaihto (m ³ /h) CO ₂ ≤3500 ppm	Maksimi ilmanvaihto (m ³ /h)
< 400	40	230 ... 320
400 ... 500	45	250 ... 340
> 500	50	270 ... 380

2.5 Koneellinen poistoilmanvaihto ja korvausilma-aukot

Ilman vaihtumattomuus lisää sisäilman kosteutta ja homevaurioita. Tämä kosteus on ilmanvaihdolla tuuletettava ulos. Puhallin tai puhaltimet parantavat huomattavasti sisäilman laatua. Koneellisen ilmanvaihdon toiminta perustuu poistoilmapuhaltimiin, joiden tehtävänä on poistaa epäpuhdas ilma tilasta. Korvausilmaluukkujen kautta virtaa tilalle ulkoa ilmavirtaus. Ilmavirran määrää tallissa säädetään poistoilmapuhallinta, tulo- sekä korvausilmaventtileitä tai -luukkuja säätämällä (**Kuva 1.**).



Kuva 1. Periaatekuva ilmanvaihdosta /11/.

Aukkojen eteen suositellaan käytettävän ohjauslevyjä ohjaamaan korvausilman kohti kattoa ja sieltä talli-ilmaan, jolloin aukoista tuleva ilma ei aiheuta hevosille vetoa. Paras ratkaisu olisi tuoda korvausilma karsinan sijaan käytävälle katonrajaan koko käytävän pituudelta. Veden tiivistyminen ikkunoihin kertoo riittämättömästä ilmanvaihdosta. /11,12,18/.

3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN VALINTA

Ilmanvaihtojärjestelmiä ovat koneellinen tulo-poistoilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto ja painovoimainen eli luonnollinen ilmanvaihto /11/.

Tässä työssä ilmanvaihtojärjestelmäksi haluttiin koneellinen poistoilmanvaihto.

3.1 Ilmanjaon periaatteet

Tehokas ilmanvaihto edellyttää, että tilaan saadaan riittävästi raikasta ilmaa. Kun ilmanvaihtoa suunnitellaan, tärkeintä olisi miettiä, kuinka tuloilma saadaan tasaisesti jaettua tallin sisäilmaan ja miten epäpuhtaan ilman poisto järjestetään. Pääperiaatteena on järjestää ilman virtaussuunta siten, että ilma liikkuu epäpuhtauslähteistä kohti poistoilmalaitteita. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa tuloilman jakamiseen on kiinnitettävä erityisesti huomiota, sillä tuloilma on lähellä ulkoilman lämpötilaa ja ilmavirroissa saattaa olla isojakin vaihteluita mikä saattaa aiheuttaa ylimääräistä vetoa talliin. /11/.

Likaisen poistoilman vieminen on hyvä keskittää tallin kosteimpaan paikkaan, eli jossa sijaitsee vesipiste tai pesukarsina. Tällä estetään tehokkaasti kostean ilman leviäminen edemmäksi talliin. Sen tulisi sijaita myös riittävän etäällä ulko-ovesta tuuletuksen mahdollistamiseksi lämpimään aikaan. Isommissa, yli 15 hevosen talleissa on hyvä lisätä ilmastointijärjestelmään ilmanvaihdolle lämmön talteenotto, jolloin poistoilma esilämmittää tuloilman. Se mahdollistaa tehokkaamman ilmanvaihdon, estäen samalla liiallisen tallin jäähtymisen pakkasilla. /18/.

3.2 Puhaltimien mitoitus ja valinta

Ilmanpoisto suunniteltiin toteutettavaksi EC-kanavapuhaltimella, jonka etuna on hiljaisuus sekä energia- ja kustannustehokkuus. Sallitun melutason yläraja-arvo eläinsuojassa on 65 dB. Talliympäristö on usein pölyinen, pölyä sisäilmaan lisäävät niin rehu kuin kuivikkeetkin. Pölyisyys asettaa melutason ohella vaatimuksia puhallinvalintaan. EC-puhallin soveltuu hyvin myös pölyisiin kohteisiin siipiprofiilinsa vuoksi ja se on toimintavarma myös pölyisenä. Suoraviivaisen rakenteensa ansiosta se on myös lähes huoltovapaa /8, 10,16/.

Kolmen hevosen talliin laskennallinen maksimi-ilmavirta on 291,7 litraa/s. Kanavapuhaltimeksi valittiin Onnline CK 315 B EC (**Kuva 2.**). Se on kosteussuojattu (IP44) radiaalipuhallin suoralla ilman läpivirtauksella ja sopii pyöreälle, halkaisijaltaan 315 mm kanavalle /16/.



Kuva 2. Onnline CK-315C-Kanavapuhallin /16/.

4 YKSIKÖSÄÄTIMEN LAITTEISTO

Työssä käytettäväksi logiikaksi valittiin Schneider Electricin Modicon M171 Performance.

4.1 Modicon M171P

Modicon M171P on ohjelmoitava LCD-näytöllinen logiikka, joka on kehitetty erityisesti rakennusautomaatio- ja pumppaamosovelluksiin (**Kuva 3.**) /20/.



Kuva 3. Modicon M171P /20/.

4.2 SoMachine HVAC-ohjelmisto

SoMachine HVAC on ohjelmisto, joka soveltuu Modicon M171/172 ohjelmoitavien logiikoiden tarpeisiin. Se pitää sisällään viisi erillistä ohjelmaosiota. Ohjelmat ovat Connection, Application, User Interface, Device ja Simulation /1/.

4.2.1 Connection

Connection on logiikkaan ladattavien ohjelmien yhdistämiseen tarkoitettu ohjelmaosio, jolla voidaan yhdistää logiikkaohjelma ja näytön käyttöliittymä samaan projektiin /1./

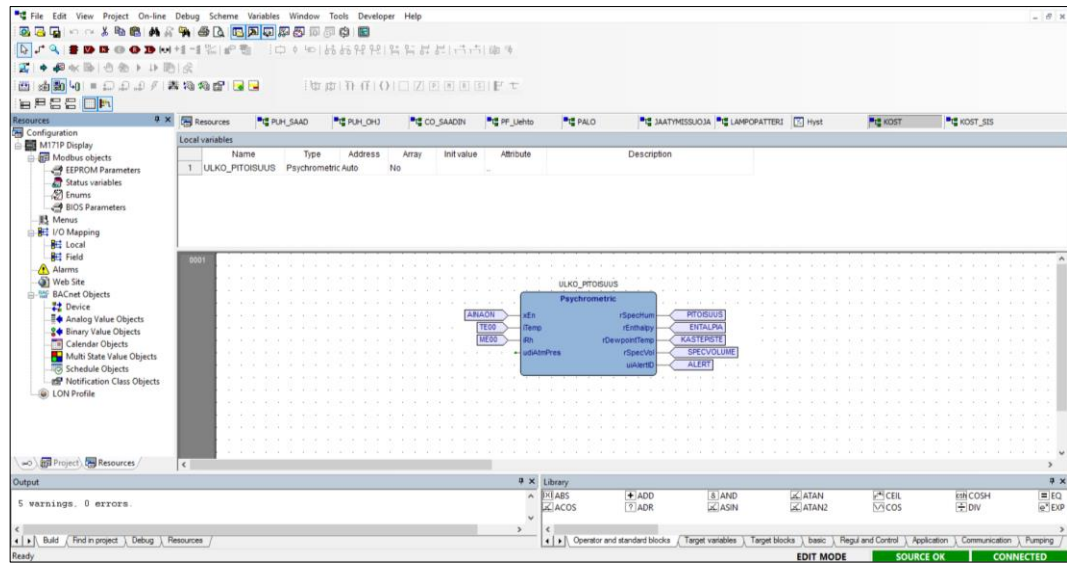
4.2.2 Application

Application on ohjelmoitavan logiikan ja selaimella toimivan käyttöliittymän luomiseen tarkoitettu ohjelma, joka pitää sisällään 5 ohjelmointikieltä, joita ovat Structured Text (ST), Instruction List (IL), Function block Diagram (FBD), Ladder diagram (LD) ja Sequential Function Chart (SFC). Ohjelmointikielistä kaksi ensimmäistä ovat tekstipohjaisia ohjelmointikieliä, loput taas grafiikkaan perustuvia.

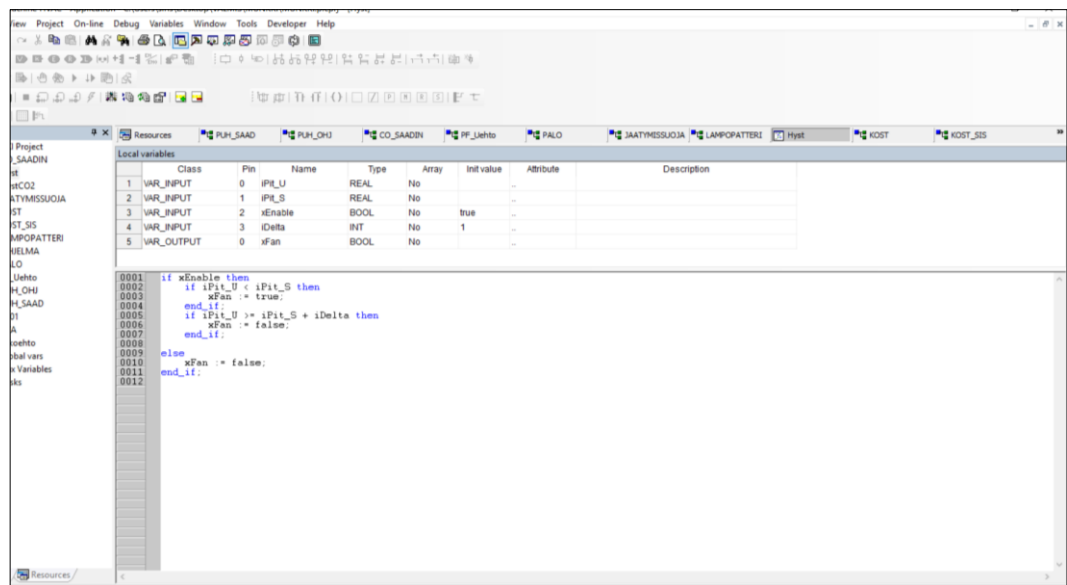
Application ohjelmaan luodaan käytettävät muuttujat ja parametrit, joille määritellään tyyppi sekä sijainti. Ohjelmaan lisätään I/O-luettelo, jonne määritellään logiikan ulkoiset liitännät, eli sekä analogiset, että digitaaliset tulot ja lähdöt (**Kuva 4**). Application on ohjelman työtila, jossa varsinainen ohjelmointi tapahtuu. Tässä työssä valittiin käytettäväksi ohjelmointikieliksi Function block Diagram FBD (**Kuva 5**) ja Structured Text ST (**Kuva 6**) /1/.

#	Name	Variable	Type	Description
1	AIL1	TE16	INT	AIL1 analogue input
2	AIL2		INT	AIL2 analogue input
3	AIL3	ME00	INT	AIL3 analogue input
4	AIL4	TE00	INT	AIL4 analogue input
5	AIL5	ME16	INT	AIL5 analogue input
6	AIL6	CO2	INT	AIL6 analogue input
7	DIL1	PH01	BOOL	DIL1 digital input
8	DIL2		BOOL	DIL2 digital input
9	DIL3		BOOL	DIL3 digital input
10	DIL4		BOOL	DIL4 digital input
11	DIL5		BOOL	DIL5 digital input
12	DIL6		BOOL	DIL6 digital input
13	DIL7		BOOL	DIL7 digital input
14	DIL8		BOOL	DIL8 digital input
15	DOL1	PLUHALLIN	BOOL	DOL1 digital output
16	DOL2	FG01	BOOL	DOL2 digital output
17	DOL3	SP01_OHJALUIS	BOOL	DOL3 digital output
18	DOL4	JATKOHALY	BOOL	DOL4 digital output
19	DOL5		BOOL	DOL5 digital output
20	DOL6		BOOL	DOL6 digital output
21	DOL7		BOOL	DOL7 digital output
22	AOL1	PF_AD	INT	AOL1 analogue output
23	AOL2		INT	AOL2 analogue output
24	AOL3		INT	AOL3 analogue output
25	AOL4		INT	AOL4 analogue output
26	AOL5		INT	AOL5 analogue output
27	FDI_counter		UDINT	FDI input counter

Kuva 4. I/O Luettelo.



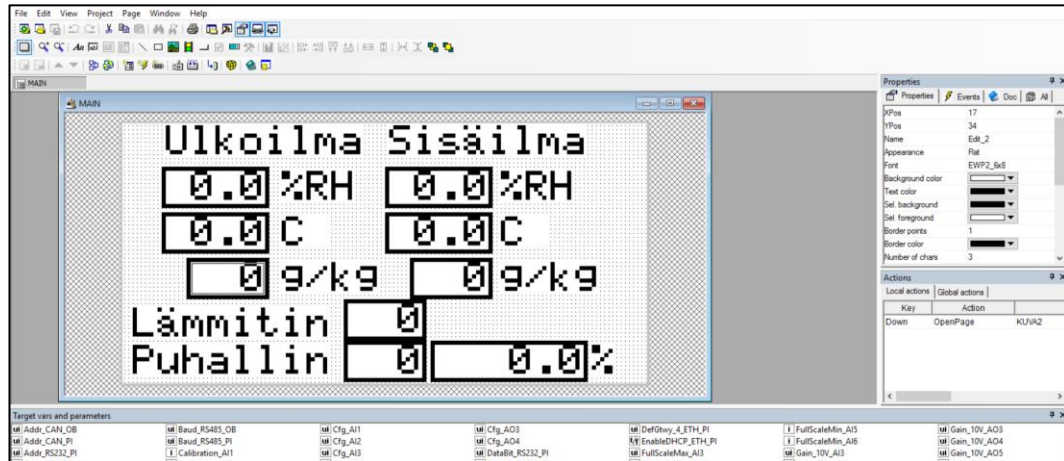
Kuva 5. Application näkymä ja Function block Diagram-esimerkki.



Kuva 6. Application näkymä ja Structure Text-esimerkki.

4.2.3 User Interface

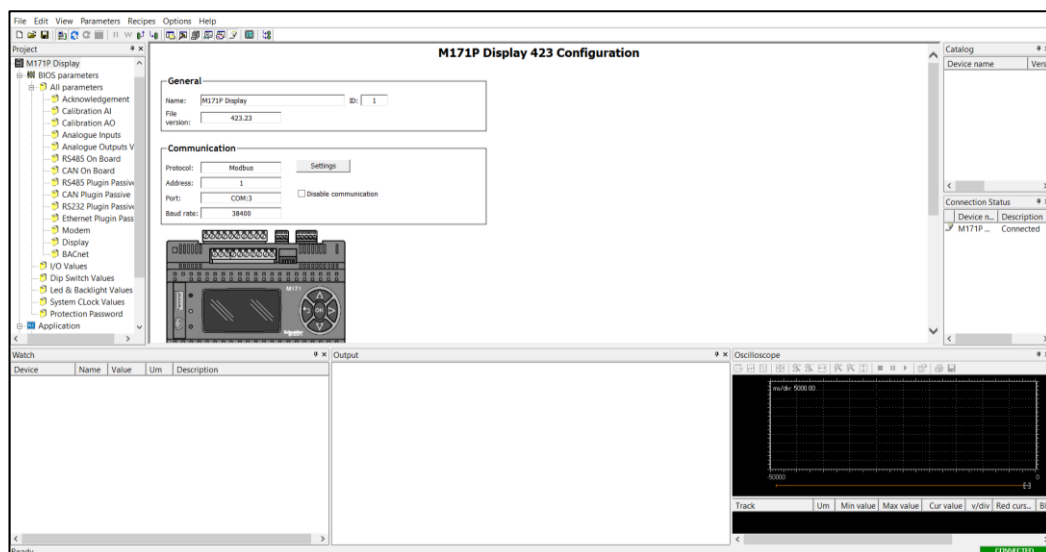
User Interfacella ohjelmoidaan logiikan näyttö ja sille käyttöliittymä (**Kuva 7.**) /1/.



Kuva 7. Näytön ja käyttöliittymän luonti User Interfacella.

4.2.4 Device

Device-ohjelmalla muodostetaan yhteys tietokoneen ja logiikan välille (**Kuva 8.**). Sen avulla voidaan ladata tehty projekti logiikan näyttöön sekä muuttaa logiikan parametreja. Sillä voi myös reaaliaikaisesti seurata logiikan tulosten ja lähtöjen arvoja, mikäli ohjelma on yhteydessä logiikkaan /1/.



Kuva 8. Devicen pääikkuna.

4.2.5 Simulation

Simulointi on testaustyökalu, jolla voidaan tehdä testaus ilman itse logiikkaa. Tässä työssä en käyttänyt simulointityökalua, sillä logiikka oli alusta saakka käytettävissä /1/.

4.3 Anturit

Antureiden tehtävä on mitata prosessin tai koneen tilaa ja välittää saatu mittausarvo lähettimelle, säätimelle tai näyttölaitteelle. Valittavan anturin nimellinen mittausalue täytyisi olla minimissään yhtä iso kuin mitä voi olla suurin mahdollinen mittausarvo. Anturin osat ovat sensori, mittamuunnin ja mittalähetin. Mittamuuntimen tehtävä on muuntaa mitattavat arvot mittausviestiksi, mittalähetin muuntaa mitattavat arvot lähtöviestiksi standardin mukaisesti. Tällainen standardin mukainen lähtöviesti on esimerkiksi virtaviesti 4mA...20mA. Koneen ohjausjärjestelmä vastaanottaa lähtöviestin ja muuntaa sen mittaustulokseksi prosessin ohjaamista varten /6,19/.

4.3.1 Lämpötila- ja kosteusanturi

Lämpötila- ja kosteusanturiksi valittiin Produalin KLU 100-kosteuslähetin (**Kuva 9.**), jonka mittausalue lämpötilalle on -50...50 °C ja kosteudelle 0...100%rH.



Kuva 9. KLU-100 kosteuslähetin /17/.

4.3.2 Hiilidioksidilähetin

Hiilidioksidipitoisuuden mittaamiseen talli-ilmassa valittiin Pro dualin lähetin HDU (Kuva 10.). Sen mittausalue hiilidioksidille on 0...2000 ppm. Lähetin on suunniteltu mittaamaan hiilidioksidia ja lämpötilaa lämmittämättömissä olosuhteissa.



Kuva 10. HDU-hiilidioksidilähetin /17/.

5 TALLIN ILMANVAIHTOKONEEN YKSIKÖSÄÄDIN

Yksikkösäätimen suunnittelu aloitettiin miettimällä tarvittavat toiminnot hevostal-
lin perusilmanvaihdon toteuttamiseen. Haluttiin, että yksikkösäädin olisi liitettä-
vissä tarvittaessa laajempaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään Modbus-väylän
kautta. Poistoilmapuhallinta PF01 ohjattaisiin sisä- ja ulkolämpötilan, sisä- ja ul-
koilmankosteuden sekä hiilidioksidipitoisuuden perusteella ja sähköpatteri sekä pä-
lohälytys liitettäisiin osaksi logiikkaa. Poistopuhaltimelle määriteltiin portaaton
käyntinopeussäätö välillä PF_SAAD_MIN 30% ja PF_SAAD_MAX 100%.

Anturilla mitataan ilman suhteellinen kosteus RH % ja lämpötila sisä- ja ulkotilassa
sekä sisätilasta mitataan hiilidioksidi.

5.1 Lämpötilan hallinta

Lämpötila TE16 pyritään pitämään asetusarvossaan ohjaamalla patteria SP1, joka
tarvittaessa käynnistyy, mikäli lämpötila tallissa laskee 3°C tai sen alapuolelle ja
jäätymisrajan TZA ehto täyttyy. Samalla myös sulkupellit sulkeutuvat ja puhallin
PF01 menee pois päältä.

5.2 Kosteuden hallinta

TE00 ja ME00 avulla lasketaan vesipitoisuus ulkoilmassa sekä TE16 ja ME16
avulla vesipitoisuus sisäilmassa. Mikäli sisäilman vesipitoisuus nousee yli sille
määritellyn rajan ja ulkoilman vesipitoisuus on alle sisäilman vesipitoisuuden,
käynnistetään puhallin PF01 minimiteholle ja samalla pellit avautuvat. Vesipitoi-
suuden edelleen noustessa, nousee puhaltimen PF01 teho.

Mikäli ulkoilman vesipitoisuus on suurempi kuin sisäilman, estetään puhaltimen
PF01 käynti.

Vesipitoisuuden selvittämistä varten laskettiin myös entalpian muutos (enthalpy) h , joka on kostean ilman lämpösisältö. Alla laskukaavat ja laskuesimerkki:

Kylläisen vesihöyryn osapaine P_{hs} (Pa): (1)

$$p_{hs} = \frac{e^{77,345 + 0,0057T - \frac{7235}{T}}}{T^{8,2}}$$

Jossa:

T = ilman lämpötila (K)

e = neperin luku (~2,718)

Vesihöyryn osapaine p_h (Pa): (2)

$$p_h = RH p_{hs}$$

Jossa:

RH = suhteellinen kosteus %

P_{hs} = Kylläisen vesihöyryn osapaine (Pa)

Kosteussisältö ilmassa x (kg/kg): (3)

$$x = 0,6220 * \left(\frac{p_h}{p - p_h} \right)$$

Jossa:

p_h = Vesihöyryn osapaine (Pa)

p = kostean ilman kokonaispaine (Pa), normaali ilmanpaine maan

pinnalla 1 atm = 101325 Pa

0,622 = vakio, vesihöyryn ja kuivan ilman moolimassojen suhde ($M_h M_{ki}$)

Kuivan ilman lämpösisältö h_i : (4)

$$h_i = c_i t$$

Jossa:

$c_i = 1,007$ (kJ/kg) = ilman ominaislämpökapasiteetti vakiopaineessa.

t = Lämpötila (°C)

Vesihöyryn lämpösisältö h_v : (5)

$$h_v = l_h + c_h * t$$

Jossa:

$l_h = 2502$ (kJ/kg) = veden höyrystymislämpö 0°C:ssa

$c_h = 1,87$ (kJ/kg) = vesihöyryn ominaislämpökapasiteetti

t = Lämpötila (°C)

Ilman lämpösisältö eli entalpia h (kJ/kg) (6)

$$h = c_i m_i t + m_v (l_h + c_h t)$$

Jossa:

$c_i = 1,007$ (kJ/kg) = ilman ominaislämpökapasiteetti vakiopaineessa.

m_i, m_v = vesihöyry

t = Lämpötila (°C)

l_h = lämpötilasta riippuva veden höyrystymislämpö

c_h = Vesihöyryn ominaislämpökapasiteetti

Lausekkeen mukaan entalpia on nolla, kun $T = 0^\circ\text{C}$ ja ilma on kuivaa. Veden höyrystymislämpö on 0°C lämpötilassa 2502kJ/kg ja vesihöyryn ominaislämpökapasiteetti $1,87\text{kJ/(kg K)}$.

Esimerkki entalpian laskemisesta:

Tallin lämpötila $+8^\circ\text{C}$ ja suhteellinen ilmankosteus 87% .

Lasketaan kylläisen vesihöyryn osapaine P_{hs} , Vesihöyryn osapaine p_h , ilman kosteussisältö x , kuivan ilman lämpösisältö h_i , Vesihöyryn lämpösisältö h_v ja lopuksi entalpia h .

(7)

$$p_{hs} = \frac{e^{77,345+0,0057T-\frac{7235}{T}}}{T^{8,2}} = \frac{e^{77,345+0,0057(273,15+8)-\frac{7235}{273,15+8}}}{(273,15+8)^{8,2}} = 1069,64 \text{ Pa}$$

$$p_h = RHp_{hs} = 0,87 \cdot 1069,64 = 930,59 \text{ Pa}$$

$$x = 0,6220 \cdot \left(\frac{p_h}{p - p_h} \right) = 0,6220 \cdot \left(\frac{930,59}{101325 - 930,59} \right) = 0,0058 \text{ kg/kg } (\sim 5,8 \text{ g/kg})$$

$$h_i = c_i t = 1,007 \cdot 8^\circ\text{C} = 8,056 \text{ kJ/kg}$$

$$h_v = l_h + c_h \cdot t = 2502 + 1,87 \cdot 8 = 2516,98 \text{ kJ/kg}$$

$$h = c_i m_i t + m_v (l_h + c_h t) = 8,056 + 0,0058 \cdot 2516,98 = 22,57 \text{ kJ/kg}$$

5.3 Hiilidioksidin mittaus

Hiilidioksidin yläraja-arvoksi määritettiin 600 ppm . Mikäli arvo ylittyy, poistopuhallin PF01 kytkeytyy päälle, joko MIN tai MAX arvoonsa, riippuen aiemmasta käyttilasta.

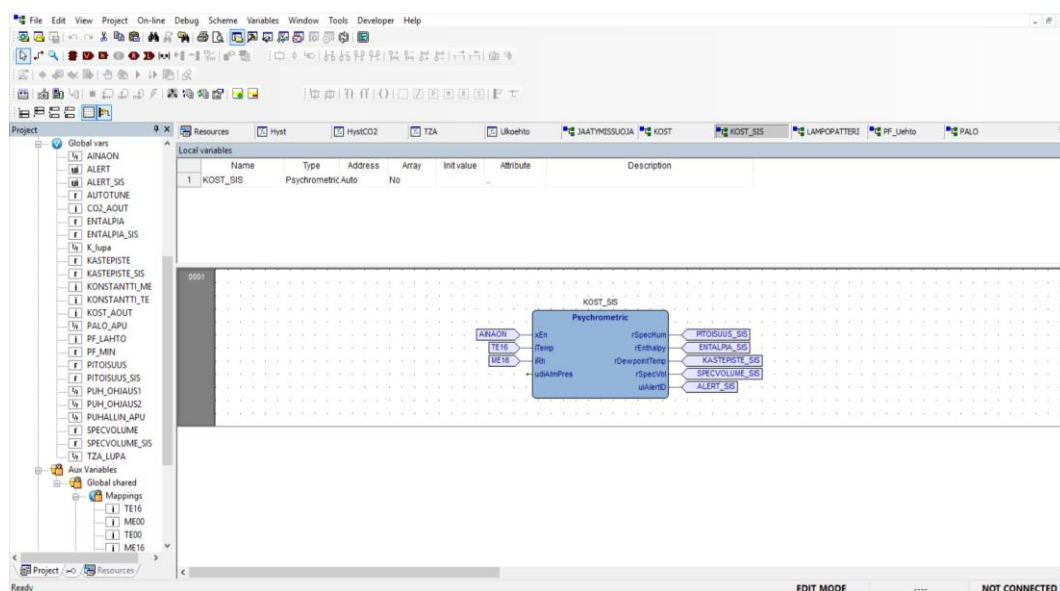
5.4 Palohälytys

Logiikkaan lisättiin palohälytys ja palovaroitin johdotetaan suoraan logiikkaan. Palohälytyksen tullessa, sulkeutuvat sulkupellit automaattisesti ja puhallin sammuteetaan. Mikäli logiikka on kytketty Modbus-väylällä rakennusautomaatioon, jatkohälytys menee väylää pitkin rakennusautomaatiovalvomoon. Mikäli kytkentää rakennusautomaatioon ei ole, hälytysreleen kosketin sulkeutuu ja hälytys voidaan ilmaista esimerkiksi sireenillä, valolla tai niiden yhdistelmällä.

5.5 Softan luonti

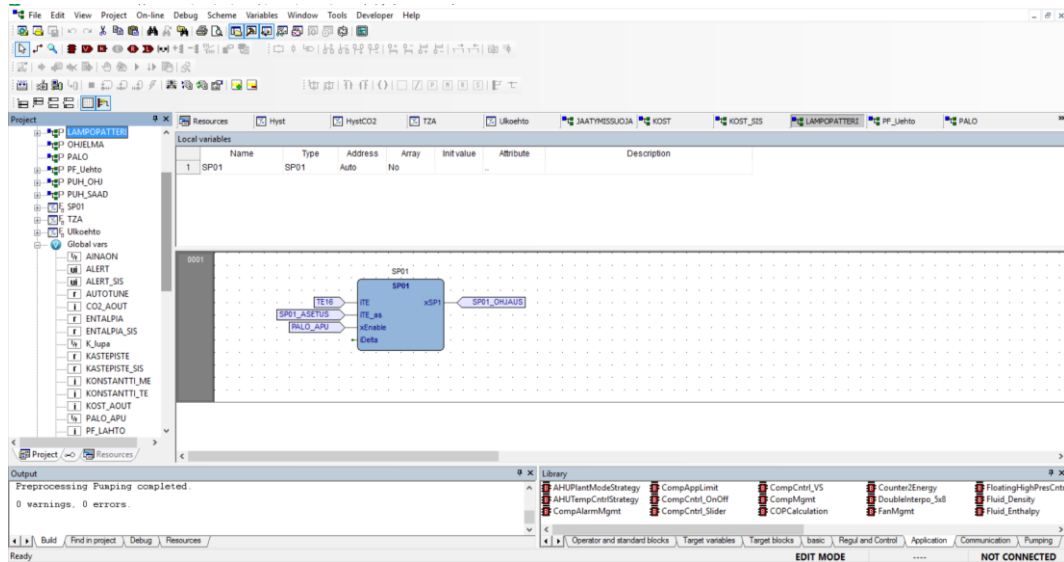
Softa rakennettiin pala kerrallaan aloittamalla määrittelemällä tulot ja lähdöt I/O luetteloon. Työn edetessä lisättiin jokaiselle osiolla muuttujat globaaleihin muuttujiin, statusmuuttujiksi tai EEPROM-parametreiksi.

Alla esimerkkinä yksi sisäilman kosteussisällön laskemista varten lisätty valmis function block (**Kuva 11.**). Function block pitää sisällään laskuoperaation, jonka suorittamiseen se tarvitsee sisälämpötilan ja sisäilmankosteuden. Paluuarvona se palauttaa sisäilman kosteussisällön (PITOISUUS_SIS). Function blockin tekemä laskuoperaatio on esitelty osittain tämän opinnäytetyön kohdassa 5.2.



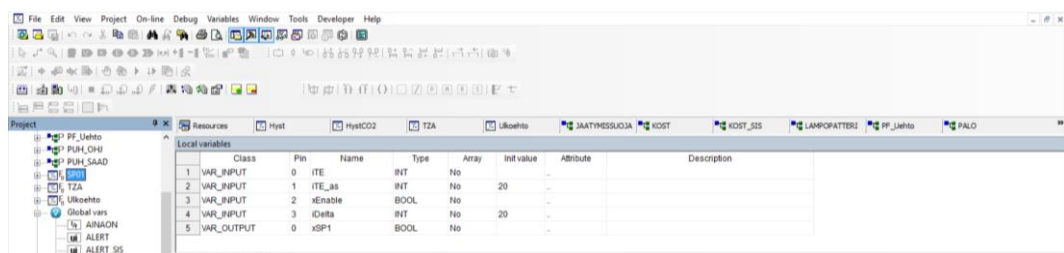
Kuva 11. Ilman kosteussisällön x laskenta.

Function blockin voi luoda myös itse, jolloin sille määrätään itse sisään- ja ulostulot sekä sen suorittama toiminta. Samaa itse luotua function blockia on mahdollista käyttää useammassa paikassa. Alla esitelty itse tehty function block lämpöpatterin ohjausta varten (**Kuva 12.**).



Kuva 12. Sähköpatterin ohjaus, oma function block.

Sähköpatterin ohjauksen function block pitää sisällään paikalliset muuttujat (Local Variables) (**Kuva 13.**) ja Structure Text:illä luodun koodinpätkän, joiden avulla function block suorittaa käyttäjän haluaman toiminnon.



Kuva 13. Sähköpatterin ohjaus, Local Variables

6 OPINNÄYTEYTYÖPROSESSI

Opinnäytetyön aihe oli mielestäni mielenkiintoinen, koulussa opitut asiat sekä aikaisempi hevosharrastustaustani osoittautuivat olevan hyödyksi, vaikka työhön valittu logiikka ja sen ohjelmointiin käytettävä ohjelma ohjelmointikieliseen olivatkin ennestään täysin vieraat.

Hevosharrastukseni kautta on tullut itsekkin usein huomattua ongelmia hevostallien ilmanvaihdossa. Talli-ilma on ollut monesti pölyistä, kosteaa tai liian lämmintä. Vastaan on tullut puutteellisen ilmanvaihdon ja siitä seuranneen huonon talli-ilman takia yskiviä tai hikisiä hevosia. Samoin homehtuneita varusteita ja hikoilevia ikkunoita, kun liiallinen kosteus on tiivistynyt niiden pintaan. Näihin ongelmiin haettiin lähteä etsimään ratkaisua.

Suurin haaste itselleni oli oppia ymmärtämään laitteen ja ohjelman toimintaa. Aiemmista ohjelmoinnin kursseista oli jonkin verran apua Structure Textin kirjoittamisessa. Myöhemmin huomasin, että ohjelma olikin varsin looginen toiminnoltaan, vaikka ongelmia sen käyttämisessä tulikin eteen matkan varrella. Schneider Electricin käyttöoppaista oli apua, mutta tiedon löytäminen vei hieman aikaa.

Vesipitoisuuden eli ilman kosteussisällön x saaminen oikeana arvona ulos oli vaikeaa aluksi. Sitä varten tein ensin Exceliin oman laskutaulukon, jossa käytin tämän opinnäytetyöni sivujen 21-23 laskukaavoja ja pystyin sen avulla tarkistamaan, että luomani Function block antoi oikeat lukemat ulos.

Ammoniakin määrää talli-ilmassa ei otettu lopulta huomioon ilmanvaihdon suunnittelussa, vaikka se onkin haitallinen epäpuhtaus. Selvitykseni mukaan ammoniakki harvoin muodostuu ongelmaksi tallissa ja säännöllisellä karsinoiden siivouksella sen määrä jää vähäiseksi. Hiilidioksidipitoisuuksien ylittyessä, varmistetaan tehostetulla ilmanvaihdolla riittävä tuuletus myös mahdollisen ammoniakin osalta.

Käyttöliittymä toteutettiin tässä vaiheessa SoMachinen omalla ohjelmalla tilaajan toivomuksesta. Aluksi suunnitellusta email-hälytyksestä myös luovuttiin, sillä logiikka on tarkoitus kytkeä kiinteistöautomaatioon Modbus-väylän kautta ja häly-

tykset siirtyvät siinä tapauksessa yhteishälytyksenä kiinteistöautomaatiovalvomon. Nyt rakennettu logiikka todettiin testauksessa toimivaksi ja selkeäksi, joten se on tarkoitus ottaa käyttöön tulevaisuudessa valvomaan myös kiinteistöjen alapohjan tuuletusta.

LÄHTEET

/1/ Schneider Electric. 2015. SoMachine Quick Start. Viitattu 11.12.2016. http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=EIO0000002035&p_EnDoc-Type=User%20guide&p_File_Id=1262213996&p_File_Name=EIO0000002035_01.pdf

/2/ Schneider Electric. 2015. Modicon M171 Performance Logic Controller Hardware Guide. Viitattu 11.12.2016. http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=EIO0000002030&p_EnDoc-Type=User%20guide&p_File_Id=1262213984&p_File_Name=EIO0000002030_02.pdf

/3/ Schneider Electric. 2014. SoMachine HVAC Software Programming Guide. Viitattu 21.1.2017. http://download.schneider-electric.com/files?&p_File_Name=EIO0000002036.00.pdf

/4/ Schneider Electric. 2017. SoMachine HVAC: Application Function, HVAC Library Guide. Viitattu 26.12.2016. http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=EIO0000002057&p_EnDoc-Type=User%20guide&p_File_Id=6350633619&p_File_Name=EIO0000002057.02.pdf

/5/ PLC Academy. 2015. Structured Text Tutorial, PLC Programming with IEC-61131-3. Viitattu 2.1.2017 <http://www.plcademy.com/structured-text-tutorial/>

/6/ Värjä, P. & Mikkola, J-M., 2009. Uusi kiinteistöautomaatio, automaatio- ja säätötekniikkaa. 9. painos. Koria. Korian kirjapaino Alanko Ky.

/7/ Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T.& Putkonen, K. 2001. Logiikat ja ohjauksjärjestelmät, koneautomaatio 2. 1. painos. Vantaa. WSOY.

/8/ HH Kiinteistöpalvelut. 2016. EC puhallin säästää hermoja ja energiaa. Viitattu 21.1.2017. <http://www.hhkp.fi/yritys/ajankohtaista/2016/01/13/ec-puhallin-saastaa-hermoja-ja-energiaa/>

/9/ Fläkt-Woods. 2015. Puhaltimien vaihto. Viitattu 21.1.2017. <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=70072eb6-48a7-4534-a1e1-9db6709cb22b>

/10/ Maa- ja metsätalousministeriö. Säädos 588/2015. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavien hevostalouksrakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista. Viitattu 11.12.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150588?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=hevostalouksrakennusten>

/11/ VTT. 2009. Maatilan kotieläinrakennusten toimiva ilmanvaihto, VTT, MTT, TTS & TTL. Viitattu 11.12.2016. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2521.pdf>

/12/ Tallin terveysohjelma, talli-ilman laadun arviointi. 2013. Hevostietokeskus. Viitattu 22.2.2017. http://www.hevostietokeskus.fi/uploads/files/OHJE_I_Talli-ilman_laadun_arviointi.pdf

/13/ Hautala, M., Jokiniemi, T. & Ahokas, J. 2013. Maatilakuivurit. Viitattu 23.2.2017 <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/59/Maatilakuivurit.pdf>

/14/ Ahokas, J. 2013. Energian kulutus ja säästö Karjataloudessa. Viitattu 23.2.2017. <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/60/Karjatalousrakennukset%20ja%20koneet.pdf>

/15/ Engineering Toolbox. 2015. Humidity Ratio of Air. Viitattu 23.2.2017.

http://www.engineeringtoolbox.com/humidity-ratio-air-d_686.html

/16/ Onninen. Kanavapuhallin Onnline. 2016. Viitattu 28.4.2017. http://onninen.procus.fi/catalog/15219/product/59843/AAO991_FIN1.html

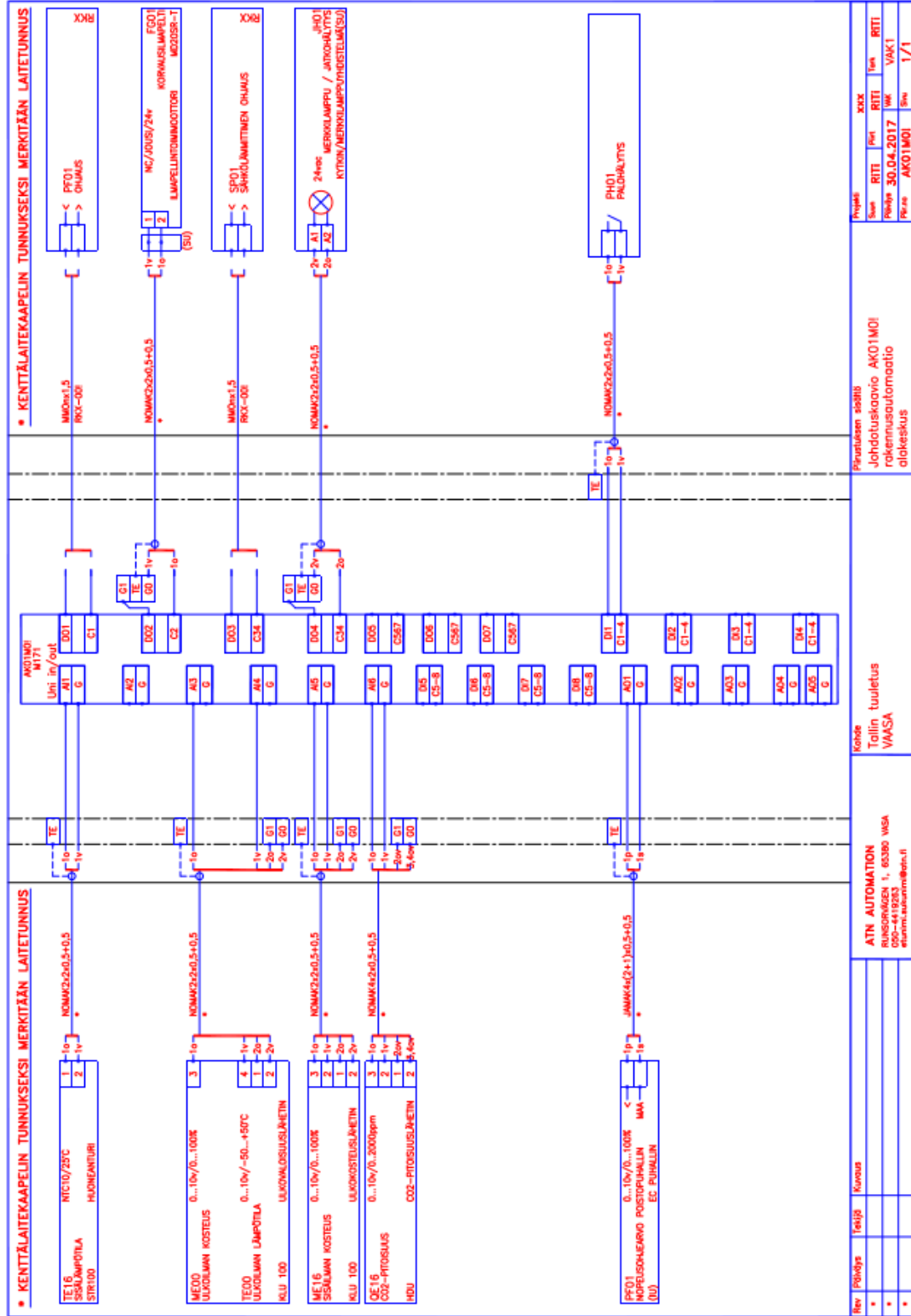
/17/ Produal. Mittalähettimet. 2016. Viitattu 28.4.2017. http://www.produal.com/fi/shop/web_transmitters

/18/ Hevostietokeskus. Talliympäristö. 2014. Viitattu 12.3.2017. <http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=570>

/19/ Honkanen, H. Anturit. 2013. Viitattu 28.4.2017. http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/ELE_A%20N%20T%20U%20R%20I%20T.pdf

/20/ Schneider Electric. 2016. Modicon M171/172. Viitattu 28.4.1017. <http://www.schneider-electric.com/en/product-range/62420-modicon-m171-m172/>

LIITE 2



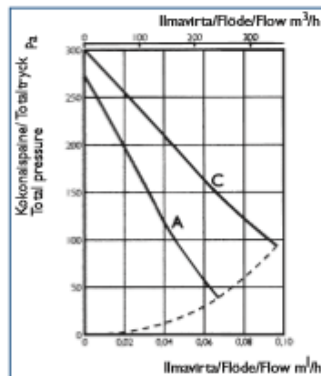
LIITE 3

Tekniset tiedot / Tekniska data / Technical characteristics

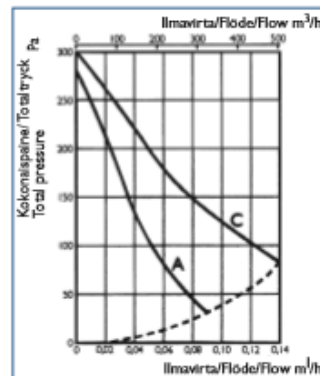
Pyöreä kanavapuhallin CK Rund kanalfäkt CK Circular duct fan CK		100A	100C	125A	125C	160B	160C	200A	200B	250A	250C	315B	315C
Koodi / Kod / Code		8098000	8098002	8098004	8098006	8098008	8098010	8098012	8098014	8098016	8098020	8098022	8098024
Jännite Spänning / Voltage	V/Hz	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50
Nimellisvirta Märkström A Current		0,18	0,32	0,19	0,33	0,31	0,44	0,50	0,69	0,50	0,81	0,84	1,24
Nimellisteho Märkeffekt W Input		41	70	42	72	71	100	115	158	115	185	190	284
Pyörimisnopeus Varvial / Speed	Rpm	1900	2460	1700	2360	2410	2480	2580	2500	2580	2420	2465	2370
Ilman lämpötila Max. temp.	max C°	85	70	85	70	70	65	60	60	60	55	50	50
Paino / Vikti / Weight	Kg	2,9	2,9	2,9	2,9	3,2	4,3	4,6	5,1	4,6	5,3	6,1	6,0
Mitta Dimensioner Dimensions	ød mm	100	100	125	125	160	160	200	200	250	250	315	315
Mitta Dimensioner Dimensions	øD mm	242	242	242	242	272	344	344	344	344	344	402	402
Mitta Dimensioner Dimensions	a mm	20	20	20	20	26	28	28	28	28	28	28	28
Mitta Dimensioner Dimensions	b mm	146	146	150	150	145	177	172	172	172	172	199	199

Ilmamäärät / Luftmängd / Air Volume

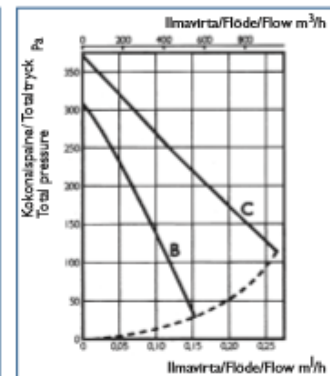
CK 100 A/C



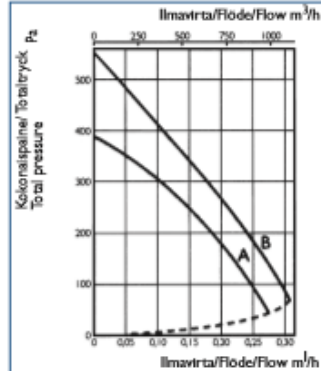
CK 125 A/C



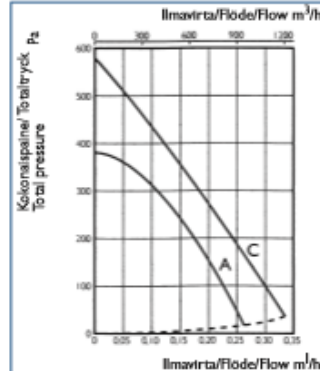
CK 160 B/C



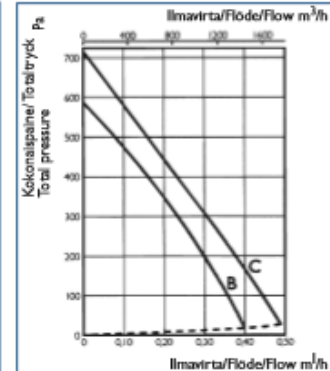
CK 200 A/B



CK 250 A/C



CK 315 B/C



LIITE 4

