

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Niko Pulkkinen

ILMASTOINNIN OPPIMISYMPÄRISTÖN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2015
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Niko Pulkkinen

Nimeke
Ilmastoinnin oppimisympäristön kehittäminen

Toimeksiantaja
Karelia-ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa Karelia-ammattikorkeakoulun talotekniikan opiskelijoille oppimisympäristö rakennusautomaation ja ilmastoinnin opiskelua varten. Oppimisympäristönä toimii ilmastointikone, jonka avulla opiskelijat saavat käytännönläheistä kokemusta ilmastointikoneiden toiminnasta automaation avulla.

Tavoitteena oli suunnitella ja asentaa automaatiolaitteen sisältävä alakeskus ilmastointikoneelle. Työt tehtiin ottamalla huomioon ilmastointikoneen käyttötarkoitus. Lisäksi järjestelmälle tehtiin ohjelma ja käyttöliittymä, joiden pohjana on käytetty automaatiolaittevalmistajan tarjoamia valmiita sovellusesimerkkejä ja toimilohkoja. Työn teoriapohjana on käytetty rakennusautomaation sekä ilmanvaihdon ja ilmastoinnin kirjallisuutta.

Ilmastointikoneelle tehtiin vain automatisointi ja toimintatestaukset etukäteen, sillä sijoituskohdeena toimiva talotekniikan laboratorion rakennustyöt aloitettiin vasta myöhemmässä vaiheessa. Lopullisen käyttöönoton opiskelijat voivat tehdä projektityönä, jonka jälkeen ilmastointikonetta voi käyttää monipuolisesti rakennusautomaation ja LVI-tekniikan opiskeluun. Työssä käytetyn ohjelman avoimuus ja valmiit toimilohkot mahdollistaa oppimisympäristön laajennettavuutta ja jatkokehitettävyyttä niin opettajille kuin opiskelijoillekin vuosiksi eteenpäin, mitä voidaan toteuttaa myös opinnäytetöinä.

Kieli
suomi

Sivuja 54
Liitteet 8
Liitesivumäärä 8

Asiasanat
rakennusautomaatio, ilmastointi, oppimisympäristö



THESIS
May 2015
Degree Programme in Electrical Engineering
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +358 13 260 6800

Author
Niko Pulkkinen

Title
Developing a Learning Environment for Air Conditioning

Commissioned by
Karelia University of Applied Sciences

Abstract

The purpose of this thesis was to develop a learning environment for the students of building services engineering at Karelia University of Applied Sciences to give education on building automation and air conditioning. This project's learning environment is an air conditioning system which allows students to achieve practical experience of the functions of air conditioning systems allowed by automation.

The aim of this thesis was to design and install automation substation for the air conditioning system. Designing and installation were made taking into account the purpose of the system. In addition, a program and user interface were made for the system based on premade application examples and function blocks offered by the automation device manufacturer. The theoretical background of the thesis is based on literature on building automation, ventilation and air conditioning.

For the air conditioning system only the automatisation and operating tests were made in advance because the system's construction work at location started at a later stage. The final implementation can be done as project work by students. Then the air conditioning system can be used to study building automation and HVAC-technology in a versatile way. The program is open source and its premade function blocks will enable extending and further developing for teachers and students for years which can be done as thesis works.

Language
Finnish

Pages 54
Appendices 8
Pages of Appendices 8

Keywords
building automation, air conditioning, learning environment

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Rakennusautomaatio	7
2.1	Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne	7
2.2	I/O-pisteet	8
2.3	Säätötekniikan perusteita	10
2.4	Käyttöliittymä	11
3	Ilmanvaihto ja ilmastointi	12
3.1	Ilmanvaihto	12
3.2	Ilmastointi	13
3.3	Ilmanvaihtokoneen laitteet ja osat	13
3.3.1	Säätö- ja sulkupellit	13
3.3.2	Suodattimet	14
3.3.3	Lämmöntalteenottolaitteet	14
3.3.4	Lämmityspatteri	15
3.3.5	Puhaltimet	15
4	WAGO-automaatiolaite	16
4.1	Laitteen rakenne	16
4.1.1	Kontrolleri	17
4.1.2	Digitaalitulo ja -lähtömoduulit	18
4.1.3	Analogiatulomoduuli RTD-antureille	19
4.1.4	Analogiatulo ja -lähtömoduulit	19
4.1.5	RS-485 sarjaliikennemoduuli	20
5	Oppimisympäristön ilmastointikone	21
5.1	Toimilaitteet	22
5.1.1	Peltimoottorit	22
5.1.2	Venttiilimoottori	23
5.2	Paine-erolähettimet	23
5.3	Tulo- ja poistopuhaltimet	25
5.4	Tuloilman jälkilämmityspatteri	25
5.5	Lämmöntalteenotto	26
5.6	Kompressorijäähdytys	26
6	Projektin toteutus	26
6.1	Suunnittelu	27
6.2	Asennukset	28
7	Ilmastointikoneen ohjelma	31
7.1	Ohjelman perusrakenne	32
7.2	Mittausten skaalaus	33
7.3	Toimintahäiriöiden tarkastus	34
7.4	Käsi- ja automaattiohjaus	35
7.5	Aikaohjelmat	35
7.6	Jälkilämmityspatterin jäätymissuojaus	36
7.7	Ulko- ja jäteilmapeltien ohjaus	37
7.7.1	Tulo- ja poistopuhaltimien ohjaus	37
7.8	Säädöt	38
7.8.1	Kanavapainesäätö	38
7.8.2	Tuloilman lämpötilasäätö	39

7.8.3	Tuloilmalämpötilan minimirajoitus	40
7.9	Sekvenssit	40
7.9.1	Tuloilman jälkilämmitys	42
7.9.2	Poistoilman lämmöntalteenotto	42
7.9.3	Tuloilman jäähdytys.....	44
7.10	Hälytykset.....	44
8	Ilmastointikoneen käyttöliittymä.....	45
8.1	Toimintakaavio.....	45
8.2	Asetusikkuna	47
8.3	Trendinäytöt	48
8.4	Aikaohjelmien viikkokalenteri	49
8.4.1	Hälytysikkuna	49
9	Pohdinta.....	50
	Lähteet.....	53

Liitteet

Liite 1	Toimintakaavio
Liite 2	Esimerkki toimintaselostuksesta
Liite 3	Pisteluetelo
Liite 4	Esimerkki analogiatulojen johdotuskaaviosta
Liite 5	Alakeskuksen layout
Liite 6	Alakeskuksen syöttö
Liite 7	Ulko- ja jäteilmapeltien johdotuskaavio
Liite 8	Jäätymissuojatermostaatin johdotuskaavio

1 Johdanto

Rakennusten suunnittelussa ja rakentamisessa edellytetään nykyisin entistä energiatehokkaampia ja sisäilmastoltaan puhtaampia ratkaisuja. Hyvin toteutetulla rakennusautomaatiojärjestelmällä on hyvin tärkeä asema näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Rakennusautomaatiojärjestelmillä ohjataan esimerkiksi kiinteistön lämmitystä, valaistusta, kulunvalvontaa ja ilmastointia. Tässä työssä keskitytään viimeksi mainittuun. Kiinteistön ilmastointia seurataan valvomosta, joka sisältää graafisen käyttöliittymän prosessin toiminnasta. Kiinteistöhoitaja näkee yhdellä silmäyksellä ilmastointikoneen toiminnan sekä voi tarpeen mukaan tehdä uusia asetuksia ja säätöjä, jotta tavoitellut sisäilmastolosuhteet saavutetaan mahdollisimman energiatehokkaasti. Tavoiteltujen olosuhteiden poikkeamista, järjestelmän vioista ja huoltomuistutuksista tulee tieto myös käyttöliittymään ja esimerkiksi tekstiviestillä puhelimeen, jolloin huoltohenkilöstö pääsee selvittämään mahdollisen vian syytä välittömästi.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Karelia-ammattikorkeakoulu, joka aloitti talotekniikan koulutusohjelman syksyllä 2014. Alan opiskelijoille pyritään toteuttamaan laaja-alainen ja laadukas opetus nykyaikaisten talotekniikkajärjestelmien ymmärtämiseen kokonaisuutena. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa talotekniikan opiskelijoille laadukas oppimisympäristö ilmastoinnin opiskeluun. Oppimisympäristönä toimii talotekniikan laboratorioon hankittu ilmastointikone, joka tässä työssä liitettiin automaatiolaitteen sisältävään alakeskukseen. Automaatiolaitteena käytetään WAGO:n 750-sarjan ohjelmoitavaa logiikkaa. Ilmastointikoneen automaatiolle tuli tehdä ohjelma, jonka perusteella ilmastointikone pitää tarpeenmukaiset olosuhteet sisäilmastossa. Lisäksi ohjelman käyttämiseksi tuli tehdä käyttöliittymä, jonka kautta operoidaan järjestelmän toimintaa.

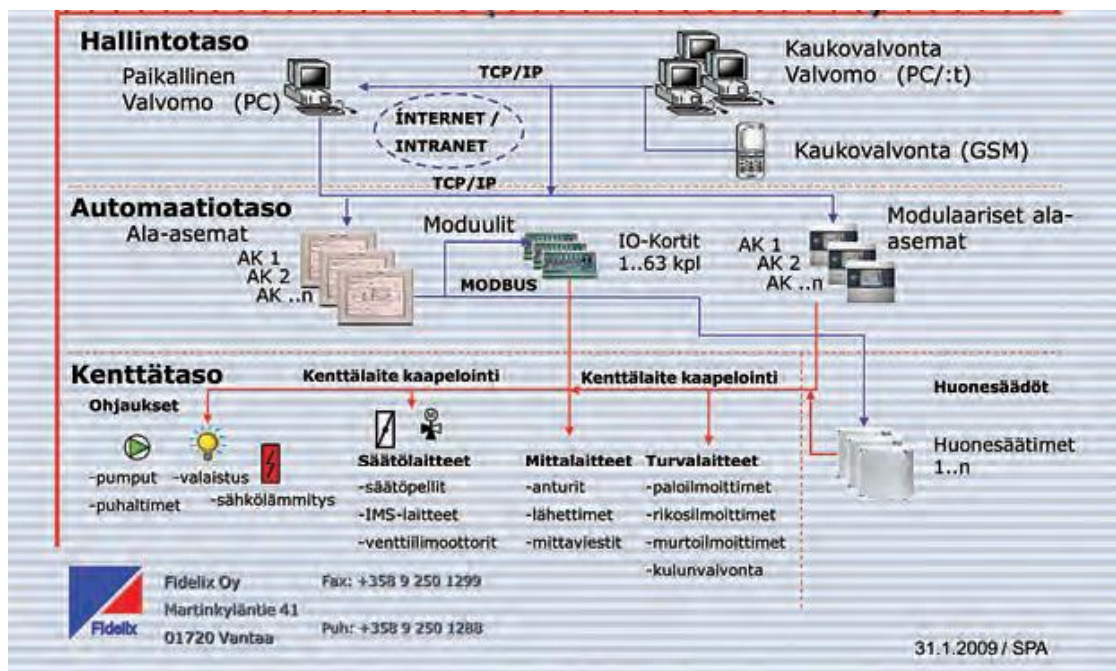
Järjestelmän suunnittelu- ja asennustyöt toteutettiin ottamalla huomioon sen käyttötarpeet, oppimisympäristö. Tavoitteena olikin saada mahdollisimman täydellinen kokonaisuus ottamalla kaikki saatavilla olevat mittaustiedot alakeskukseen sekä mahdollistaa ilmastointikoneen laitteiden ohjaus erikseen.

2 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatiojärjestelmän tarkoituksena on ohjata, säätää ja valvoa rakennuksen talotekniikan toimintaa siten, että rakennukselle asetetut sisäilmaolosuhteet saavutetaan mahdollisimman pienellä energiankulutuksella. Käytännössä tämä tarkoittaa kiinteistön kulutus-, olosuhde- ja käyttötilatietojen keräämistä, minkä avulla ylläpidetään taloteknisten järjestelmien oikea toiminta sekä hallitaan energiankulutusta. Rakennuksen energiatehokkuuden lähtökohtana voidaankin pitää hyvin suunniteltua ja toimivaa rakennusautomaatiojärjestelmää. [1, s. 293.]

2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne

Kuvassa 1 on esitetty rakennusautomaatiojärjestelmän yleinen hierarkkinen rakenne, joka koostuu kolmesta päätasosta: hallinto-, automaatio- ja kenttätasosta [1, s. 294].



Kuva 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän yleinen rakenne [2, s. 94.]

Hallintotaso

Hallintotason tehtävänä on toimia käyttäjärajapintana ja siihen kuuluvat paikallis- ja etävalvomot. Käytännössä valvomolla tarkoitetaan tietokonetta, joka on joko suoraan tai

verkon kautta yhteydessä alakeskuksiin ja sitä kautta järjestelmän toimintoihin. [1, s. 294.]

Automaatiotaso

Automaatiotasolla sijaitsevat itsenäisesti toimivat alakeskukset. Alakeskus voi koostua erillisistä I/O-moduuleista tai se voi olla kiinteän I/O-pistemäärän sisältävä kokonaisuus. Alakeskus sisältää ohjelmiston, joka ohjaa I/O-pisteiden välityksellä esimerkiksi ilmastointikoneen toimilaitteita. [2, s. 94.]

Alakeskukset sijoitetaan yleensä säädettävien ja valvottavien prosessien läheisyyteen, jotta välttyään kenttälaitteiden turhilta kaapelointikustannuksilta. Prosessiin liittyvät huoltotoimenpiteet ja vianhaku helpottuvat myös sijoittamalla alakeskus lähelle kojeistoja. [1, s. 295.]

Kenttätaso

Kenttätasolla sijaitsevat prosessiin liittyvät kenttälaitteet, joita ovat anturit ja toimilaitteet sekä itsenäisesti toimivat säätimet. Antureita käytetään yleensä välittämään tietoa olosuhteista, kuten mittaamaan lämpötilaa tai paine-eroa. Alakeskuksen ohjelmisto vertaa anturien mittausrvoja suunnittelijan ja käyttäjän asettamiin asetusarvoihin ja ohjaa toimilaitteita siten, että mittausrvot pysyisivät asetusarvoissaan. Yleisiä toimilaitteita ovat peltien ja venttiilien moottorit. Kenttätasolla voi sijaita myös hajautettua I/O:ta, jolla tarkoitetaan sarjaväylällä alakeskuksen kanssa kommunikoivia I/O-moduuleita. [1, s. 299.]

2.2 I/O-pisteet

I/O-pisteillä tarkoitetaan alakeskuksella sijaitsevien moduulien analogisia ja digitaalisia tuloja ja lähtöjä sekä pulssilaskentatuloja.

Digitaalitulot

Digitaalitulot eli DI-pisteet ovat yleensä kosketintietoon perustuvia hälytys- ja tilatietoja. Kosketintieto voidaan saada joko suoraan toimilaitteelta tai sitä ohjaavan kontaktorin apukoskettimelta. Kosketin voi olla avautuva (NC, Normally Closed) tai sulkeutuva (NO, Normally Open), mikä nimensä mukaan joko sulkeutuu tai avautuu, kun kontaktori tai rele vetää. Digitaalitulot ovat yleensä galvaanisesti erotettuja ja ylijännitesuojattu-

ja, jolloin vältytään sähkökeskuksen ja alakeskuksen eri potentiaalitasojen sekoittumisella. [1, s. 296.]

Digitaalilähdöt

Digitaalilähdöillä eli DO-pisteillä ohjataan yleensä pumppujen ja puhaltimien ohjausvirtapiirejä. Ohjaus tehdään yleensä apureleen avulla, jolla voidaan 24 voltin ohjausjännitteellä ohjata 230 voltin ohjausvirtapiirejä. Ohjausta valvotaan yleensä erillisellä tilatietopisteellä eli digitaalitulolla. Mikäli ohjaus- ja tilatiedot eivät vastaa toisiaan, tulostetaan ristiriitahälytys. [1, s. 297.]

Analogiatulot

Analogiatuloihin eli AI-pisteisiin liitetään yleensä erilaiset mittausanturit. Lämpötilaa mitattaessa käytetään usein joko NTC- tai PTC-tyyppisiä termistoreita, jotka perustuvat vastusarvon muuttumiseen lämpötilan suhteen. Muut tyypilliset mittausarvot ovat 0–10 VDC:n viestityypit, joita esimerkiksi paine-erolähettimet käyttävät. Toimilaitteista on yleensä saatavissa myös takaisinkytkentätieto, joka ilmoittaa 0–10 VDC tai 2–10 VDC viestillä esimerkiksi säätöventtiilin todellisen asennon. Viestit skaalataan alueiden mukaan vastaamaan anturin teknisiä arvoja. [2, s. 106.]

Analogiatulon signaali muunnetaan digitaaliseksi A/D-muuntimen välityksellä. Mittaus-tarkkuuteen vaikuttaa anturin mittavirheen lisäksi A/D-muuntimen resoluutio, eli muunnetun signaalin bittien lukumäärä. [1, s. 297.]

Analogialähdöt

Analogialähdöillä eli AO-pisteillä ohjataan portaattomasti säädettäviä toimilaitteita, kuten säätöventtiilin toimilaitetta. Portaattomaan säätöön käytetään yleensä 0–10 VDC:n jänniteviestiä. Toimilaitteen toiminta-alue voi olla myös 2–10 VDC, jolloin lähtöviesti skaalataan vastaamaan tätä arvoa. Analoginen lähtösignaali saadaan aikaan D/A-muuntimella. [2, s. 107.]

Pulssilaskentatulot

Pulssilaskentatuloja käytetään lähinnä veden, sähkön ja lämmön kulutusmittauksiin. Kulutusmittareihin on saatavissa elektroniikkakortteja, jotka lähettävät pulsseja. Pulssit summataan ja skaalataan siten, että yksi pulssi vastaa tiettyä kulutusyksikköä. Kulutus-

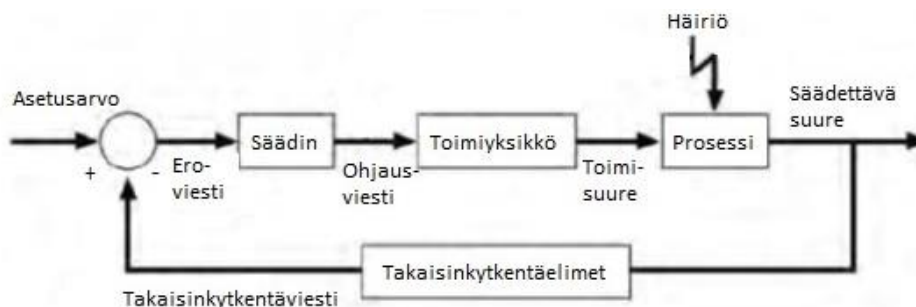
mittarit on mahdollista liittää myös väyläpohjaisesti seurantaan, jolloin lukematarkkuus paranee. [1, s. 297 - 298.]

2.3 Sääntötekniikan perusteita

Rakennusautomaatiojärjestelmän hyvin toteutetulla säädöllä saadaan parannettua sisäolosuhteita ja säästetään energiaa. Hyvän säädön toteuttaminen edellyttää sääntötekniikan perusteiden sekä säädettävän prosessin tuntemusta. [2, s. 55.]

Sääntöjärjestelmän perusrakenne koostuu yksittäisestä suljetusta säätöpiiristä (kuva 2), jonka tarkoituksena on pitää säädettävän suureen arvo sille asetetussa arvossa tarkoituksenmukaisella tarkkuudella. Säädettävän prosessin luonteesta riippuen säädön tulee olla riittävän nopea ja tunteeton ulkopuolisille häiriötekijöille. Säädön nopeuden lisääntyessä säätöpiirin häiriöherkkyys kasvaa ja siitä tulee helposti epästabili, eli itsestään värähtelevä. Hitaalla säädöllä vastaavasti muutostilanteiden hallinta vaikeutuu. Säätöpiirin virityksessä tuleekin yleensä tehdä kompromisseja eri ominaisuuksien kesken. [2, s. 55.]

Suljetulla säätöpiirillä tarkoitetaan säädettävän prosessin ohjausta toimiyksikön välityksellä mittausravon ja asetusarvon erotuksella eli eroviestillä. Mikäli säätöpiiriltä puuttuu takaisinkytkentä eli mittaus, puhutaan avoimesta piiristä. Tässä tapauksessa kyse onkin ohjauksesta, ei säädöstä. Säätimeltä lähtevä ohjausviesti määräytyy käytetyn säätölain sekä asetus- ja mittausravon erotuksen, eli eroviestin perusteella. Säätimen säätölaki määrää tavan, jolla ohjausviesti reagoi erosuureen arvoon ja muutoksiin. Yleisimmin käytetyt säätölait ovat P-, PI- ja PID-säädöt. [2, s. 55 - 57.]



Kuva 2. Suljetun säätöpiirin rakenne [Mukaiilen 2, s. 56.]

P-säädin eli suhteellinen säädin vastaa toiminnaltaan vahvistinta eli se nopeuttaa säädön toimintaa. Säätimen ohjausviesti on suoraan verrannollinen eroviestin arvoon. P-säätimen mittaus- ja asetusarvon väliin jää kuitenkin yleensä pysyvä poikkeama. Poikkeama saadaan korjattua lisäämällä integroiva toiminta, jolloin säätimen ohjausviesti korjaa poikkeamaa niin kauan, että erosuureen arvo on 0. Tällöin säätimen nimi on PI-säädin eli suhteellinen ja integroiva säätö. Säätimeistä saadaan nopeampi, kun siihen lisätään derivointiosa, jolloin säätimen nimi on PID-säädin. Säädön derivointiosa reagoi nopeasti muutostilanteisiin ja liioittelee ohjausviestiä säätöpoikkeamaa korjaavaan suuntaan. Tämän johdosta säätimeistä tulee helposti itsestään värähtelevä ja virittäminen vaikeutuu. Säädin alkaa derivoida mittausviestiä ainoastaan muutostilanteissa. Yleensä PID-säätimiä käytetään prosesseissa, joissa on kuollutta aikaa tai hitaita antureita. [2, s. 57 - 60.]

Säätöpiirin virittämisen voi tehdä laskennallisesti simuloimalla prosessia matemaattisen mallin avulla tai kokeellisesti. Virityksen tavallisimpia keinoja on värähtelymenetelmä ja askelvasteeseen perustuva menetelmä. [2, s. 60.] Viritykset ovat vahvistus K_p , integrointiaika T_i ja derivointiaika T_d .

2.4 Käyttöliittymä

Rakennusautomaatiojärjestelmän ja käyttäjän välinen keskustelu tapahtuu käyttöliittymän välityksellä. Käyttöliittymän välityksellä käyttäjä voi saada tietoa järjestelmän toiminnasta tai ohjattavan prosessin tilasta ja tapahtumista. Vastaavasti käyttäjä voi ohjata järjestelmien käyttäytymistä ja toimintaa, ja siten vaikuttaa rakennuksen olosuhteisiin. Rakennusautomaatiojärjestelmistä on saatavilla hyvinkin paljon tietoa, mistä käyttäjän on osattava poimia juuri oikeat ja olennaiset tiedot. Tästä syystä käyttöliittymän on oltava käyttäjäystävällinen, helppolukuinen ja toiminnoiltaan yhdenmukainen, looginen ja ristiriidaton. Nykyisin käyttöliittymät perustuvat graafisiin interaktiivisiin sovelluksiin. [1, s. 305 - 306; 3, s. 15.]

Graafisesta käyttöliittymästä käyttäjällä on tehtävissä muun muassa seuraavanlaisia ohjaus- ja muutostoimenpiteitä:

- käyttötilojen ohjausmuutokset
- aikaohjelmien määrittäminen
- trendi- ja historiaseuranta

- raja- ja asetusarvojen muuttaminen
- hälytysten tärkeysasteen muuttaminen
- säätöohjelmien ja parametrien määrittäminen. [1, s. 306.]

3 Ilmanvaihto ja ilmastointi

Rakennusten ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät ovat kehittyneet suuresti 2000-luvulla sekä puhtaampien ja energiatehokkaampien järjestelmien tarve on kasvanut jatkuvasti. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin tavoitteet nollaenergiarakennusten ja ekotehokkaan rakentamisen vaatimukset edellyttävät toimia myös ilmanvaihdon ja ilmastoinnin osalta sekä uudis- että korjausrakentamisessa. [1, s. 7.]

Rakentamismääräyskokoelman osassa D2 painotetaan, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että huoneilmassa saavutetaan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilma tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa [4]. Sisäilmastolla tarkoitetaan fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä, jotka vaikuttavat ihmisen terveyteen ja viihtyvyyteen rakennuksessa. Perinteisesti nämä tekijät on jaoteltu sisäilman laatuun ja lämpöoloihin. Ihmisten kokemat sisäilmaoireet lisääntyvät nopeasti lämpötilan noustessa lämmityskaudella. Lämpötila vaikuttaa monella tavoin ilman laatuun ja siksi sisäilman lämpötila ei saisi nousta liiaksi. Ilmanvaihdolla vaikutetaan epäpuhtauksien liikkeisiin ja pitoisuuksiin hengitysilmassa, joten sen vaikutuksella vähennetään merkittävästi terveyshaittoja. [1, s. 37, 41, 57.]

Termeinä ilmanvaihto ja ilmastointi sotkeutuvat helposti keskenään ja niitä käytetään vaihtelevasti. Periaatteellinen ero näiden termien välillä on tuloilman käsittelyssä ja ilmapirran mitoituksessa. [1, s. 113.]

3.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdolla saavutetaan sisäilman laatutavoitteet eli ilman puhtaus, jolloin ilmapirta on mitoitettu tällä perusteella [1, s. 113]. Käytännössä ilmanvaihdolla tarkoitetaan sisään tuodun ilman suodatusta, lämmitystä, huoneeseen puhallusta sekä käytetyn ilman poistoa. Toiminta perustuu paine-eroihin, jossa ilma virtaa suuremmasta paineesta pienempään. Tilojen käyttöolosuhteiden vaihtuminen kuormitus ja vuodenaajoista johtuen, sisään puhallettavan ilman arvotkin vaihtelevat. Yleensä tulo- ja poistoilma jaetaan ja

poistetaan huoneisiin siten, että huonetilat ovat painesuhteiltaan neutraaleja tai lievästi alipaineisia. Eri tilojen painesuhteet pidetään hallinnassa oikein säädetyllä kanavistolla, jota voidaankin pitää ilmanvaihdon toiminnan edellytyksenä. Yleensä rakennusten ilmanvaihto suunnitellaan siten, että sisäilmaston ilmatilavuus vaihtuu vähintään kerran kahdessa tunnissa. [5, s. 108; 6.]

Ilmanvaihtojärjestelmät voidaan karkeasti luokitella painovoimaiseen ilmanvaihtoon, koneelliseen poistoilmanvaihtoon sekä koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon. [5, s. 109.]

3.2 Ilmastointi

Ilmastoinnilla hallitaan ilmanvaihdon lisäksi sisäilman lämpöolotavoitteet, jolloin oleskelutilojen jäädytetty tuloilmavirta on mitoitettu jäädytyskuorman perusteella. Ulkoilmaolosuhteista riippuen sisään otettavaa jäädytettyä tuloilmaa voidaan myös kuivattaa, jotta sisäilman suhteellinen kosteus ei nousisi liian suureksi. Ilmastointiin voi liittyä myös muuta ilmankäsittelyä kuten kostutusta. [1, s. 113.]

Ilmastointijärjestelmät voidaan luokitella sen mukaan, miten jäädytysteho tuodaan huoneeseen. Tämän mukaan ilmastointijärjestelmistä käytetään nimityksiä ilmajärjestelmät, ilma-vesijärjestelmät, vesijärjestelmät sekä hajautetut järjestelmät. [1, s. 129 - 130.]

3.3 Ilmanvaihtokoneen laitteet ja osat

Rakennusten ilmanvaihto toteutetaan nykyisin lämmöntalteenoton sisältävillä ilmanvaihtokoneilla. Rakennuksen ilmaa vaihdetaan puhaltimien avulla. Ilmassa olevat epäpuhtaudet suodatetaan sekä ilmavirtaa voidaan säädellä ja sulkea. Sisään puhallettava viileä ilmavirta voidaan myös lämmittää tarpeen mukaan lämmöntalteenotolla tai jälkilämmityspatterilla. Seuraavissa luvuissa käydään tarkemmin ilmanvaihdossa käytettyihin laitteisiin ja osiin.

3.3.1 Sääto- ja sulkupellit

Säätopelettien tehtävänä on säätää ilmavirtaa, sulkupeltien sulkea ilmavirta ja lämpövuoto mahdollisimman tiiviisti. Tyypillisesti säätopelettiä käytetään levylämmönsiirtimen ohi-

tuspeltinä, jossa pellin tarkoituksena on säätää talteen otettua lämpöä ja siten tuloilman lämpötilaa. Säätöpelti varustetaan jatkuvatoimisella peltimoottorilla, joka mahdollistaa pellin portaattoman säädön. Sulkupeltien tyypillinen käyttökohde on ulkoilmaa vasten olevat ulko- ja jäteilmapelit. Nämä pelit varustetaan usein jousipalautteisilla peltimoottoreilla, jolloin jännitteen katkeamisen seurauksesta pelti sulkeutuu peltimoottorin jousivoimalla ja estää jäätymisvauriot. [1, s. 166.]

3.3.2 Suodattimet

Suodattimien tehtävänä on puhdistaa tuloilma riittävän puhtaaksi ulkoilman epäpuhtauksilta. Palveltavien tilojen mukaan käytetään suodatintyypiltään ja -luokiltaan tarpeen mukaisia suodattimia. Suodattimet suojaavat myös ilmankäsittelykoneen ja tuloilma-kanavia likaantumiselta. Nykyisin suodattimina käytetään pääasiassa pussisuodattimia. [1, s. 167 - 168.]

Ilmastoinnin suodattimina voidaan käyttää tarpeenmukaisesti kolmea eri suodatintyyppiä tai niiden yhdistelmiä:

- **mekaaninen suodatin** on suodatinmatto, joka vaihdetaan sen likaantuessa liiaksi. Epäpuhtaudet ja roskat jäävät suodattimeen ilman kulkiessa sen lävitse.
- **sähkösuodattimessa** pienet hiukkaset saavat sähkövarauksen, jolloin ne tarttuvat suodattimen lankoihin.
- **kemiallinen suodatin** poistaa ilmasta myös kaasumaiset epäpuhtaudet ja hajut. [5, s. 67.]

3.3.3 Lämmöntalteenottolaitteet

Ilmastointijärjestelmien LTO:lla, eli lämmöntalteenotolla on tärkeä merkitys energiatehokkuuden kannalta. Lämmöntalteenoton tarkoituksena on ottaa poistoilman lämpö talteen ja siirtää tämä lämpö sisään otettavaan tuloilmaan, jolloin tuloilman lämmitykseen kuluva energia säästetään. Poistoilman lämmön talteenottamiseen voidaan käyttää seuraavan tyyppisiä lämmöntalteenottolaitteistoja:

- **levylämmönsiirrin**, jolla on alumiinilevyin toisistaan erotetut tuloilma- ja poistoilmasolat. lämmönsiirtimen kautta kulkeva poistoilma lämmittää levyjä, jotka puolestaan lämmittävät levyjen toisella puolella kulkevaa tuloilmaa.

- **nestekiertoinen LTO** ottaa poistoilman lämmön talteen vesi-glykoliseokseen. Lämmennyt neste kiertää säätöventtiilin kautta tuloilmapuolella olevaan patteriin lämmittäen tuloilmaa.
- **pyörivä LTO** on suuri, pyörivä ja reiällinen kiekko, jonka kautta poisto- ja tuloilmat virtaavat. Poistoilman lämpö varastoituu kiekon massaan, jolloin kiekko ja siten tuloilma lämpenevät. [7, s. 65 - 67.]

3.3.4 Lämmityspatteri

Lämmityspattereilla lämmitetään viileää tuloilmaa vedon tunteen poistamiseksi. Patteri voi olla joko vesikiertoinen tai sähkövastuksella toteutettu. Vesikiertoisen patterin veden lämpötilaa säätämällä muutetaan tuloilman lämpötilaa, jonka lisäksi patterin lämmönluovutukseen vaikuttaa sen pinta-ala. [5, s. 82.]

3.3.5 Puhaltimet

Puhaltimien avulla siirretään paineistettu ilma kanavia pitkin huoneilmaan. Puhaltimen ominaisuudet määrittää siipipyörän muoto. Puhaltimen valintaan vaikuttavat tilavuusvirta, paine-ero, hyötysuhde, ääni, tilantarve ja ominaiskäyrän muoto. Nykyään perinteiset hihnakäyttöiset puhaltimet korvataan suorakäyttöisillä puhaltimilla, jossa siipipyörä asennetaan suoraan moottorin akselille. Taajuusmuuttajaohjattujen oikosulkumoottoreiden ja kestopagneettimoottoreiden lisäksi tasavirtatekniikalla toimivat EC-moottorit (elektronisesti kommutoidut) ovat yleistyneet puhallinkäytössä. EC-moottorit sisältävät yleensä integroidun säädinyksikön kierrosnopeuden säätöön. Puhaltimet jaetaan toimintatavan ja siipipyörän muodon mukaan kolmeen eri tyyppiin:

- **radiaali- eli keskipakoispuhaltimia** käytetään lähes aina prosessien tulo- ja poistopuhaltimina, joissa ilma tulee siipipyörän akselinsuuntaisesti ja lähtee akselia vastaan kohtisuorassa.
- **aksiaalipuhaltimia** käytetään teknisten tilojen jäähdytykseen, erillispoistoihin, esikäsittelypuhaltimiin ja koneelliseen savunpoistoon. Puhallin koostuu sylinterimäisestä kaavusta ja siipipyörästä, joka saa ilman virtaamaan pyörivässä liikkeessä.
- **sekavirtauspuhallin** on keskipakois- ja aksiaalipuhaltimen yhdistelmä. Siipipyörä käyttää ilman siirtämiseen sekä potkurin työntövoimaa että keskipakoisvoimaa. [5, s. 91 - 94.]

4 WAGO-automaatiolaite

Ilmastointikoneen alakeskuksessa käytetään WAGO:n valmistamaa 750-sarjan automaatiolaitetta. Koulun rakennusautomaation opetuksessa on päädytty käyttämään kyseistä laitetta hyvän hinta-laatusuhteen takia, joten oli selvää, että tässäkin työssä käytetään samaa automaatiolaitetta.

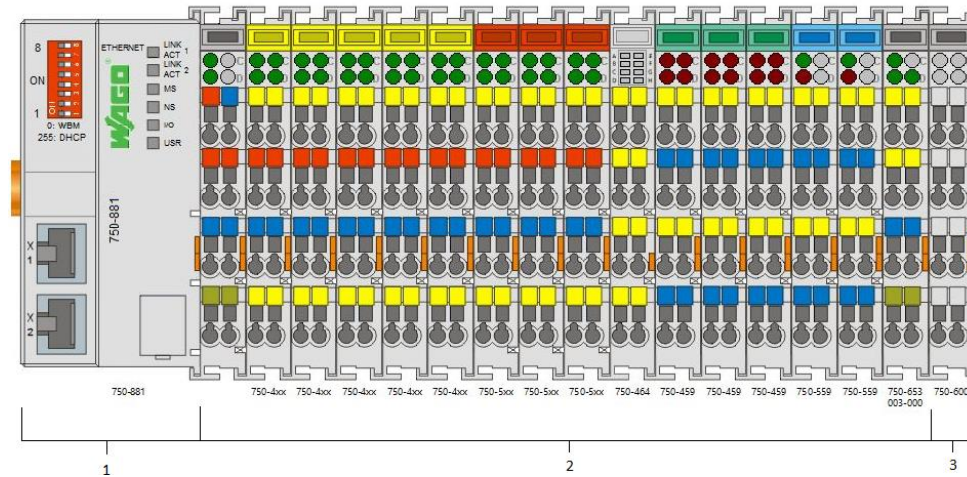
750-sarjan automaatiolaitteilla saa toteutettua yksinkertaisista sovelluksista monimutkaisiin kokonaisuuksiin teollisuus-, prosessi- ja rakennusautomaatiossa. Sarjan laitteet tukevat useita kenttäväyläprotokollia, joita ovat esimerkiksi Ethernet, Profibus, Modbus, LonWorks ja KNX.

Automaatiolaitteen ohjelmointi tehdään kansainvälisen standardin IEC 61131-3 mukaisilla ohjelmointikielillä. WAGO ei ole tehnyt valmistamiensa automaatiolaitteiden ohjelmointiin omaa ohjelmaa, vaan ohjelmointi tehdään 3S-Smart Software Solutions GmbH:n kehittämällä CODESYS-ohjelmointiympäristöllä. Ohjelmiston uusin versio on V3, mutta WAGO:n 750-sarjan automaatiolaitteet ohjelmoidaan vanhemmalla V2.3-versiolla. WAGO tarjoaa ohjelmointiin ja käyttöliittymien tekoon useita valmiita ohjelmakirjastoja ja elementtejä, jotka helpottavat ohjelmointityötä. Esimerkiksi rakennusautomaatiosovelluksille on omat kirjastot, joita päivitetään säännöllisesti.

4.1 Laitteen rakenne

Tässä työssä käytetty WAGO:n 750-sarjan automaatiolaite on avoin kenttäväylästä riippumaton modulaarinen I/O-järjestelmä. Kuvassa 3 on esitetty tässä työssä käytetty laitekoonpano. Järjestelmän rakenne koostuu kontrollerista (1) ja siihen liittyvistä I/O-moduuleista (2), jotka yhdessä muodostavat kenttäväyläsolmun. Päämoduuli (3) sulkee solmun. [8, s. 21.]

Erilaisia I/O-moduuleita on yli 400 kappaletta ja niitä on saatavilla 1-, 2-, 4-, 8- ja 16-kanavaisina [9]. Koululta löytyi 4-kanavaiset moduulit, joita käytettiin tässä työssä. Seuraavissa luvuissa esitetään käyttämäni laitekoonpanoa tarkemmin.

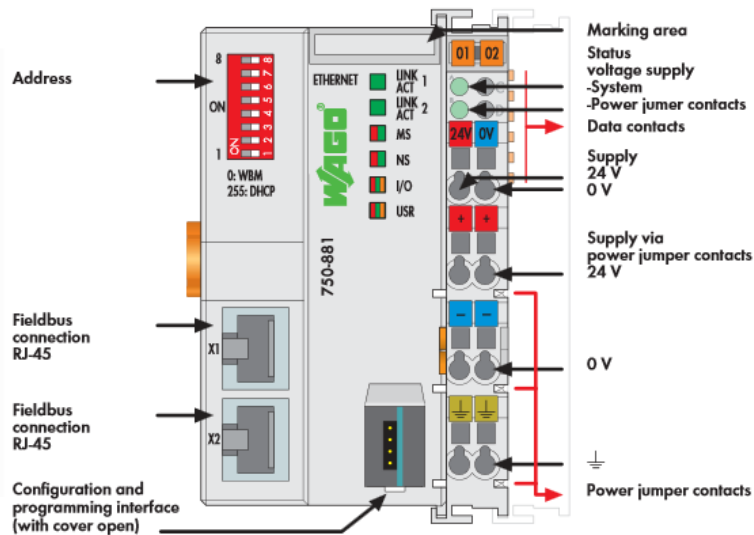


Kuva 3. Automaatiolaitteen rakenne

4.1.1 Kontrolleri

Laitteiston ”aivoina” käytetään 750-881 Ethernet-kontrolleria (kuva 4), jonka ytimenä on 32-bittinen prosessori. Kontrolleriin on liitettävissä enintään 64 kappaletta I/O-moduuleita ja väylälajennuksella jopa 250 kappaletta. Ohjelmamuistia kontrollerilla on 1 MB, datamuistia 512 kB ja ohjelmointiin varattua muistia 32 kB. [10.] Kontrollerin elektroniikka vaatii ulkoiselta virtalähteeltä 24 VDC:n jännitteen sille tarkoitettuihin liittimiin, jolloin I/O-moduulien elektroniikat saavat käyttöjännitteen sisäisen väylän kautta. Kontrollerille voi tuoda myös eri potentiaalitasoisia kenttäjännitteitä, jotka elektroniikkajännitteen tavoin kulkevat yksiköstä toiseen kyljissä olevien kontaktien kautta.

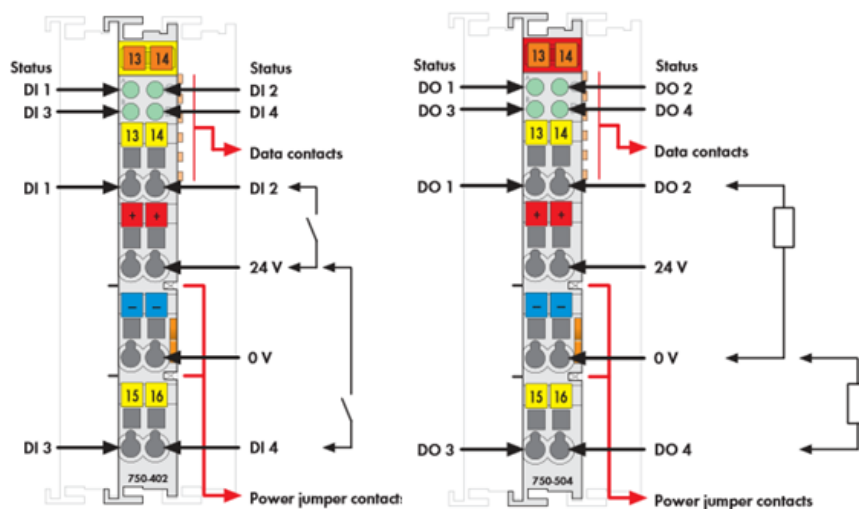
Kontrollerin konfiguroinnin voi tehdä joko WAGO Ethernet Settings -ohjelmalla tai web-selaimella syöttämällä osoitekenttään kontrollerin ip-osoitteen. Yhteyden luomisen kontrollerin ja tietokoneen välillä voi tehdä ohjelmointikaapelilla tai Ethernet-kaapelilla. Kontrolleri sisältää kaksi RJ-45-porttia ja sisäisen kytkimen. Kontrollerin voi esimerkiksi liittää WLAN-modeemiin, jolloin yhteyden kontrolleriin voi ottaa langattomasti. Sisäiselle web-serverille ladatun käyttöliittymän operoinnin voi vastaavasti tehdä verkon kautta. Web-selaimella tehtävä operointi vaatii asennettua Java-tukea.



Kuva 4. Ethernet-kontrolleri [10.]

4.1.2 Digitaalitulo ja -lähtömoduulit

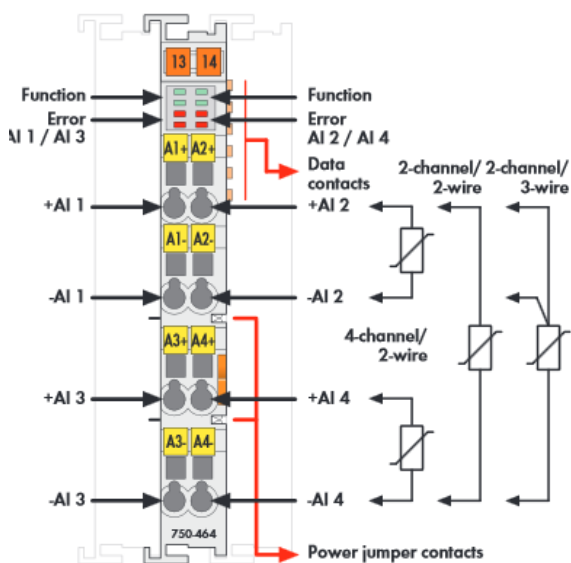
Tilatietoihin ja ohjauksiin käytetään 4-kanavaisia 750-402 ja 750-504 digitaalisia tulo- ja lähtömoduuleja (kuva 5). Digitaalitulomoduuleissa on sisäänrakennettu häiriösuodatus, joka ei laske signaaleja jotka ovat alle 3 millisekunnin pituisia. Tämä estää esimerkiksi turhien hälytysten syntymistä. Lähtömoduulit ovat oikosulkusuojattuja. Moduuleissa on jokaiselle kanavalle omat merkkivalot näyttämään kanavien tilat. [11; 12.]



Kuva 5. Digitaalitulo ja -lähtömoduulit [11; 12.]

4.1.3 Analogiatulomoduuli RTD-antureille

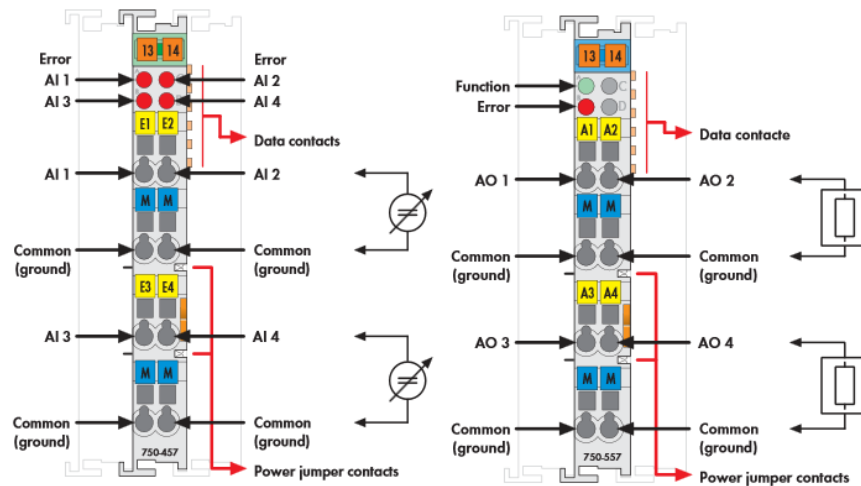
Lämpötilojen mittaukseen käytetään 750-464 mallin 2/4-kanavaista moduulia (kuva 6). Moduuli mahdollistaa vastuslämpötila-antureiden liittämisen suoraan moduulin kanaviin. Moduulin voi konfiguroida usean tyyppin anturielementeille, kuten Pt1000 ja Ni1000. Käytettäessä 2-johdinkytkentäantureita moduulin kaikki neljä kanavaa on käytettävissä, 3-johdinkytkentäantureita käytettäessä kaksi kanavaa. Merkkivalot näyttävät mahdolliset anturiviat. Moduulin konfigurointi käytetylle anturityypille tehdään WAGO I/O-CHECK -ohjelmalla. [13.]



Kuva 6. Analogiatulomoduuli RTD-antureille [13.]

4.1.4 Analogiatulo ja -lähtömoduulit

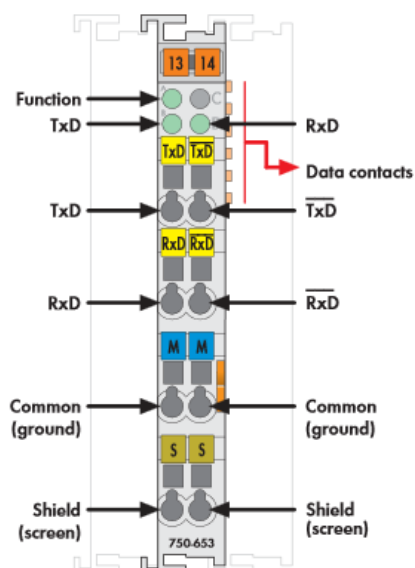
Paineiden mittauksiin sekä kentälaitteiden takaisinkytkentäviesteihin käytetään 4-kanavaisia 750-459 analogiatulomoduuleja ja toimilaitteiden säätöön 750-559 analogilähtömoduuleja (kuva 7). Tulomoduulit vastaanottavat ja lähtömoduulit lähettävät standardoituja jänniteviestejä ± 10 V ja 0–10 V. Sisäisten A/D- ja D/A-muuntimien resoluutio on 12 bittiä, jolloin mittaus-/lähtövirheen suuruus on alle 0,2 %. [14; 15.]



Kuva 7. Analogiatulo ja -lähtömoduulit [14; 15.]

4.1.5 RS-485 sarjaliikennemoduuli

Moduuli 750-653/0003-000 (kuva 8) mahdollistaa useiden RS-485 sarjaliikenneväylää käyttävien laitteiden yhdistämisen. Laite on liitettävissä moduuliin 4-johdinkytkennällä, jolloin liikenne on kaksisuuntaista (full-duplex) tai 2-johdinkytkennällä vuorosuuntaista (half-duplex). Tässä työssä moduuliin on liitetty tulo- ja poistopuhallin 2-johdinkytkennällä. Moduulin sarjaliikenteeseen käytetyt yhteysasetukset määritellään WAGO I/O-CHECK -ohjelmalla. [16.]



Kuva 8. RS-485 sarjaliikennemoduuli [16.]

5 Oppimisympäristön ilmastointikone

Opetustarkoitukseen hankittu ilmastointikone on Oy Pamon Ab:n valmistama KAIR Variant 2110-EC mallin pakettikone (kuva 9). Pystymallinen kone ei vie paljoa tilaa, eikä tarvitse omaa konehuonetta. Kanavalähdöt (4 x 315mm) ovat koneen katolla. Tulo- ja poistoilmamäärät on 120 - 600 l/s, jolloin kone soveltuu esimerkiksi isojen omakotitalojen, toimistojen, ravintoloiden ja pienteollisuustilojen ilmanvaihtoon. Koneesta on saatavilla asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöityjä paketteja, jotka rakennetaan ja testataan tehtaalla valmiiksi. Koneen lisävarustuksiin kuuluvat muun muassa ulko- ja jäteilmapellit, jälkilämmityksen säätöryhmä sekä jäähdytys sisäänrakennetulla kompressorijäähdytyksellä, suorahöyrystinpatterilla tai glykolipatterilla. Automatiikasta on valittavana sisäinen ohjaussäädin tai alakeskukseen liitettävä malli. [17.] Kohteen kone on alakeskukseen liitettävä, lämmityksen säätöryhmällä ja kompressorijäähdytyksellä toteutettu malli.



1. Sähkökeskus
2. Ohjauskeskus
3. Jälkilämmityspatteri
4. Poistosuodatin
5. Tulosuodatin
6. Lauhdutinpatteri
7. Höyrystinpatteri
8. Magneettiventtiilit
9. LTO:n ohituspelti + peltimoottori
10. LTO
11. Tulopuhallin
12. Kompressori
13. Poistopuhallin
14. Kiertovesipumppu
15. Säätöventtiili

Kuva 9. KAIR Variant 2110-EC

5.1 Toimilaitteet

5.1.1 Peltimoottorit

Lämmöntalteenoton ohituspellistön peltimoottorina toimii Belimo NM24A-SR-F (kuva 10). Moottori on jatkuvasäätäinen pellin toimilaite. Toimilaitteen käyttöjännite on 24 VAC/DC. Ohjaus tapahtuu portaattomasti 0–10 VDC jänniteviestillä, mutta toiminta-alue on 2–10 VDC. Takaisinkytkentäviesti 2–10 VDC ilmoittaa toimilaitteen asennon 0–100 % väliltä. Toimilaitteessa on säädettävä kääntökulma mekaanisilla rajoittimilla, jolloin moottori pysähtyy kun rajavaste saavutetaan. Toimintasuunta on valittavissa ja sen ajoaika äärilaidasta toiseen on noin 150 sekuntia. [18.]



Kuva 10. Jatkuvasäätäinen pellin toimilaite Belimo NM24A-SR [18.]

Ulko- ja jäteilmapeltien toimilaitteena on Belimo LF24 (kuva 11). Moottori on au-ki/kiinni-toimintoinen jousipalautteinen toimilaite, jota käytetään varmuustoiminnallisissa ilmastointipelleissä. Toimilaitteen käyttöjännite on 24 VAC/DC. Laite on kaksinapainen, eli saatuaan käyttöjännitteen pelti avautuu täysin 40–75 sekunnissa. Sähkökatkoksen tai muun jännitteen katkeamisen seurauksena pelti sulkeutuu jousivoimalla noin 20 sekunnissa. Toimilaitteen toimintakulma on säädettävissä mekaanisilla rajoittimilla. [19.]



Kuva 11. Jousipalautteinen pellin toimilaite Belimo LF24 [19.]

5.1.2 Venttiilimoottori

Jälkilämmityspatterin säätöventtiilin toimilaitteena on Belimo HRYD24-SR (kuva 12). Toimilaitteen käyttöjännite on 24 VAC/DC. Moottoria ohjataan 0–10 VDC:n tai 2–10 VDC:n jänniteviestillä. Toiminta-alueen voi muuttaa laitteen kotelon kannen alla sijaitsevista kytkimistä. Ohjauksen voi toteuttaa myös kahden apureleen avulla. Takaisinkytkentäviesti 0–10 VDC ilmoittaa asennon 0–100 % väliltä. [20.]



Kuva 12. Venttiilin toimilaite Belimo HRYD24-SR [20.]

5.2 Paine-erolähettimet

Suodattimien ja lämmöntalteenoton paine-eron sekä kanavapaineiden mittauksessa käytetään HK-INSTRUMENTS DPT 2500-R8-D paine-erolähettä (kuva 13). Laite soveltuu staattisen paineen ja paine-eron mittaukseen. Mitattu paine tai paine-ero ilmoitetaan paikallisnäytön lisäksi ulostuloviestinä, joka voi olla joko 0–10 VDC:n jännitevies-

ti tai 4–20 mA:n virtaviesti. Mittausalueen voi valita kannen alta löytyvillä jumppereilla $\pm 100\text{--}2500$ Pascalin väliltä. Tämän työn kaikissa lähettimissä käytetään ulostulona jänniteviestiä ja mittausalueena 0–500 Pascalia. [21.]



Kuva 13. Paine-erolähetin HK-INSTRUMENTS DPT 2500-R8-D [21.]

Jäähdytysryhmään kuuluvan höyrystinpatterin läpi virtaavan ilman paine-eron mittauksessa käytetään HK-INSTRUMENTS PS500 painekeytkintä (kuva 14). Painekeytkimen mittausalue on 30–500 Pascalia. Kytkimen toiminta on lukittu jäähdytyksen ohjausvirtapiiriin ja sen tarkoituksena on estää höyrystinpatterin huurtuminen. [22.]



Kuva 14. Painekeytkin HK-INSTRUMENTS PS500 [22.]

5.3 Tulo- ja poistopuhaltimet

Ilmastointikoneen tulo- ja poistopuhaltimina ovat ebm-papstin valmistamat K3G310-AX52-9 mallin puhaltimet (kuva 15). Puhaltimet ovat EC- eli elektronisesti kommutoidut 1 kW:n radiaalipuhaltimet. Tasavirtatekniikalla toteutettujen puhaltimien integroitu elektroniikka mahdollistaa portaattoman kierrosnopeuden säädön, joten ne eivät tarvitse erillisiä taajuusmuuttajia. Puhaltimen ohjauksen voi tehdä analogisesti 0–10 VDC/PWM tai väyläpohjaisesti. Tuettu väyläprotokolla on MODBUS RTU. Puhaltimessa on vikailmoitusrele, joten tilatietoa ei tarvitse ottaa kontaktorin apukoskettimelta vaan sen saa suoraan puhaltimelta. Integroitu elektroniikka sisältää useita puhaltimen ominaisuuksia sekä mittaustietoja, joihin pääsee käsiksi puhallinvalmistajan EC-Control -ohjelmalla. [23.] Ilmastointikoneella on puhaltimille omat käsi-automaatti - valintakytkimet. Kytkimen käsi-asennossa puhallin saa 10 VDC:n jännitteen, eli täyden nopeusohjeen. Automaatti-asennossa puhallin saa nopeusohjeen alakeskukselta.



Kuva 15. Tulo- ja poistopuhallin ebm-papst K3G310-AX52-9 [23.]

5.4 Tuloilman jälkilämmityspatteri

Tuloilman jälkilämmityspatterina on vesikiertoinen patteri. Patterin säätöryhmään kuuluu kiertovesipumppu, 2-tieventtiili, linjansäätöventtiili ja takaiskuventtiili. Säätöryhmä on asennettu ilmastointikoneen katolle. Kiertovesipumpun 0-1 -käyttökytkin on ilmastointikoneella. Pumppua voi ohjata alakeskukselta, kun käyttökytkin on 1-asennossa.

5.5 Lämmöntalteenotto

Lämmöntalteenottona on levylämmönsiirrin, jonka hyötysuhde on noin 50 %. Lämmönsiirtimen huurtumista seurataan siirtimen poistopuolelta läpi virtaavan ilman paine-eromittauksella, jos paine-ero kasvaa lämmönsiirtimen läpi virtaavaa ilmaa rajoitetaan ohituspellillä. Huurtumisenesto toteutetaan ohjelmallisesti.

5.6 Kompressorijäähdytys

Sisäänrakennetun kompressijäähdytyksen jäähdytysteho on 5,5 kW. Jäähdytysryhmään kuuluvat kompressori sekä höyrystin- ja lauhdutinpatteri. Jäähdytystä ohjataan ilmastointikoneen sähkökeskuksessa sijaitsevan Ouman EHR jänniteohjatun releen avulla. Jänniteohjattu rele on ilmastointikoneen ainoa 24 VAC jännitettä käyttävä laite, jota varten on oma muuntaja sähkökeskuksessa. Relettä ohjataan 0–10 VDC:n jänniteviestillä, mikä puolestaan ohjaa kompressoria päälle/pois. Jäähdytystehoa säädettäessä jänniteohjattu rele ohjaa höyrystimen ja lauhduttimen välissä olevia magneettiventtiilejä auki/kiinni, joiden asennoilla jäähdytystä ohjataan joko puoli- tai täysteholle.

Kompressorijäähdytyksen kylmän tekeminen perustuu koneistossa kiertävän kylmäaineen höyrystymiseen ja lauhduttamiseen. Kylmäprosessissa kylmäaine höyrystyy höyrystimessä ympäristöä matalammassa lämpötilassa sitoen lämpöä ympäristöstä. Kompressori imee matalapaineisen kylmäainehöyryn ja puristaa sen työtä tehden korkeampaan paineeseen, jolloin höyryn lämpötila nousee. Ympäristöä korkeammassa lämpötilassa oleva höyry nesteytyy eli lauhtuu lauhduttimessa luovuttaen samalla lämpöä ympäristöön. Lauhduttimelta höyrystimelle palaavan nestemäisen kylmäaineen paine laskee paisuntaventtiilissä, jolloin neste muuttuu neste-höyryseokseksi, samalla lämpötila laskee. [1, s.244.]

6 Projektin toteutus

Työn toiminnallinen osa aloitettiin pohtimalla tarvittavien I/O-pisteiden lukumäärä. Koska ilmastointikonetta käytetään opetustarkoitukseen, tavoitteena oli saada järjestelmästä mahdollisimman monipuolinen ja täydellinen kokonaisuus. Tämä tarkoitti sitä, että halusimme saada prosessista mahdollisimman paljon tietoa alakeskukseen, kuten toimilaitteiden takaisinkytkentäviestit ja asentotiedot ulko- ja jäteilmapelleistä. Ha-

lusimme myös mahdollistaa kenttälaitteiden ohjauksen erikseen. Tästä johtuen ilmastointikoneen sähkökeskuksen kytkentöihin tuli tehdä muutoksia ja ohjauskeskuksen kytkennät piti tehdä alusta asti uudelleen. Ilmastointikoneen mukana tulleisiin suunnitteludokumentteihin tehtiin tarvittavat muutokset ja lisäykset, minkä mukaan tehtiin asennustyöt.

6.1 Suunnittelu

Toimintakaavio

Järjestelmän toimintakaaviosta selviää prosessin toiminta ja instrumentointi. Järjestelmän laitteet on piirretty rakentamismääräyskokoelman osassa D4 esitettyjen piirrosmerkkien mukaan ja niille on omat laite- ja positionumerot. Toimintakaaviossa on esitetty alakeskuksen fyysiset ja ohjelmalliset pisteet. Lisäksi kaaviossa on esitetty järjestelmään kuuluvat apulaitteet, kuten jäätymissuojatermostaatti sekä minkälaisia lukituk-
sia ja kytkimiä laitteilla on. Ilmastointikoneen toimittajalta saatuun toimintakaavioon on lisätty fyysisiä pisteitä. Toimintakaavio on esitetty liitteessä 1.

Toimintaselostus

Toimintaselostus on rakennusautomaatiosuunnittelijan laatima dokumentti urakoitsijalle, josta selviää toimintakaaviossa esitettyjen laitteiden toiminta. Toimituksen yhteydessä saatu toimintaselostus oli hyvin suppea. Jotta aloittelevien koneenkäyttäjien olisi helppompaa ymmärtää koneen toimintaa, laadin laajemman selostuksen, josta selviää koneen ohjaukset, lukitukset, säädöt ja hälytykset. Toimintaselostuksen esimerkkisivu on esitetty liitteessä 2.

Pisteluettelo

Pisteluettelo on alakeskuskohtainen luettelo, johon on listattu ilmastointikoneen kaikki I/O-pisteet. Luetteloon on listattu myös laitteiden tekniset tiedot, mihin I/O-pisteisiin ne liittyvät sekä pisteiden ohjelmalliset tiedot. Pisteluettelo on esitetty liitteessä 3.

Johdotuskaaviot

Ilmastointikoneen ja alakeskuksen välisistä johdotuksista tuli piirtää johdotuskaaviot. Kaaviot sisältävät kaikkien I/O-pisteiden ja kenttälaitteiden (alakeskus - ilmastointikone - kenttälaitte) väliset johdotukset sekä kytkennät. Alakeskuksen ja ilmastointikoneen

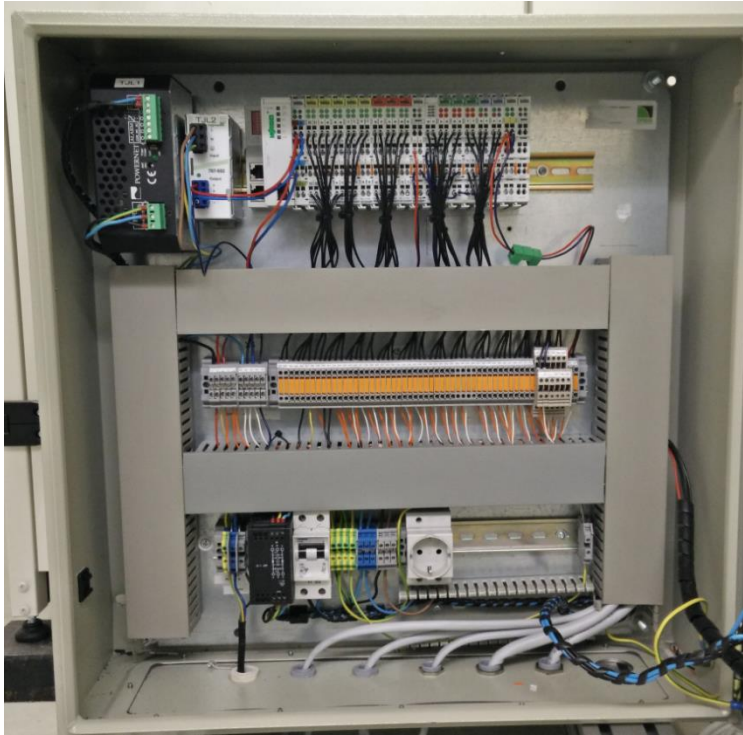
väliset johdotukset toteutettiin siten, että johtimet ovat molemmissa päissä samoin numeroiduissa riviliittimissä. Tulo- ja lähtöjohdotukset on omissa kaavioissaan. Esimerkki johdotuskaaviosta on esitetty liitteessä 4.

6.2 Asennukset

Asennustöihin ryhdyttiin heti, kun suunnitelmista oli tehty raakaversiot. Asennuksiin kuuluivat alakeskuksen kokoonpano, ulko- ja jäteilmapeltien rakentaminen sekä jälkilämmityspatterin jäätymissuojatermostaatin ja kanavien lämpötila-antureiden lisääminen. Lopuksi alakeskus kaapeloitiin ilmastointikoneen ohjauskeskukseen.

Alakeskus

Ilmastointikoneelle tuli hankkia alakeskus, jonne WAGO:n automaatiolaite sijoitettiin. Koulun tiloista löytyikin sopivan kokoinen vanha kannellinen keskuskaappi uusiokäyttöön. Purin keskuksen sisällön, lukuun ottamatta vahvavirtapuolen komponentteja ja kaapelointia. Vanhat johdinkourut ja DIN-kiskot olivat myös sopivasti paikoillaan, joten annoin niiden olla paikoillaan. Lisäsin alakeskuksen sisään kaksi 230 VAC/24 VDC virtalähdettä, yksi automaatiolaitteen elektroniikalle ja toinen kenttälaitteiden jännitesyöttöön. Automaatiolaite sijoitettiin virtalähteiden viereen. Edellä mainitut laitteet sijoitettiin keskuksen yläosaan, jotta niiden tuottama lämpö ei lämmittäisi keskuksen muita osia. Keskelle DIN-kiskoon tuli katkaistavat riviliittimet, joiden kautta kenttälaitteiden kaapelointi liittyy automaatiolaitteen I/O-moduuleihin. Lisäksi keskuksen sisään asennettiin pistorasia tietokonetta varten. Valmis alakeskus on esitetty kuvassa 16. Alakeskuksen layout- ja jännitesyöttökuvat on esitetty liitteissä 5 ja 6.



Kuva 16. Valmis alakeskus

Ulko- ja jäteilmapellit

Ulko- ja jäteilmapelleille tuli asentaa luvussa 5.1.1 mainitut jousipalautteiset peltimoottorit. Pelleille oli valmiiksi tehty korotettu paikka, johon moottorit asennettiin. Asennosoitus toteutettiin induktiivisilla PNP-rajakytkimillä, jotka asennettiin peltien korokkeen seinustalle. Lisäksi korokkeen toiselle seinustalle kiinnitettiin riviliitinkotelo, jonne peltimoottorin sekä rajakytkimien johdotukset tuodaan, jolloin johdotus alakeskukseen voidaan viedä yhtä runkokaapelia pitkin. Valmiit pellit asennettiin suoraan ilmastointikoneen kanavalähtöjen juuriin. Kuvassa 17 on esitetty valmis pelti. Ulko- ja jäteilmapeltien johdotuskaavio on esitetty liitteessä 7.



Kuva 17. Valmis ulkoilma- / jäteilmapelti

Jäätymissuojatermostaatti

Ilmastointikoneen vakiovarustukseen ei kuulunut jäätymissuojatermostaattia, joten lisäksi Pro dualin JVS24 säätävän jäätymisvaaratermostaatin (kuva 18) ilmastointikoneen ohjauskeskukseen. Jäätymissuojatermostaatin tehtävänä on valvoa ja tarvittaessa säätää jälkilämmityspatterissa kiertävän veden lämpötilaa, patterin jäätyminen varalta. Termostaatin potentiometreistä voi säätää, missä veden lämpötilassa se alkaa säätää lämmityksen venttiiliä auki. Veden lämpötilan saavuttaessa hälytysrajan, puhaltimet sammuvat, säätöventtiili aukeaa täysin ja tieto hälytyksestä tulee alakeskukseen. Ilmastointikoneen seisonta-aikana termostaatti säätää veden lämpötilaa siten, että se pysyy asetetussa lämpötilassa.

Yleensä jäätymissuojatermostaatti asennetaan alakeskuksen sisään, mutta tässä tapauksessa sen sijoittaminen ilmastointikoneen ohjauskeskukseen oli järkevämpää kaapeloinnin vähentämiseksi. Jäätymissuojatermostaatin johdotuskaavio on esitetty liitteessä 8.



Kuva 18. Säätävä jäätymisvaaratermostaatti Pro dual JVS24 [24.]

Lämpötila-anturit

Edellisen kappaleen jäätymissuojatermostaatti tarvitsee toimiakseen mittaustiedon jälkilämmityspatterin veden lämpötilasta. Lämpötilan mittauksessa käytettiin Pro dualin TEPK PT 1000 -anturia. Lämpötila mitataan patterin paluuedestä.

Kanavien lämpötila-antureina käytettiin Pro dualin TEV PT 1000 -antureita. Anturit asennettiin toimintatestausten ajaksi kanavalähtöjen juuriin.

Kaapelointi

Alakeskuksen ja ilmastointikoneen ohjauskeskuksen välinen kaapelointi tehtiin kahdella NOMAK 12x2x0,5+0,5 ja yhdellä NOMAK 4x2x0,5+0,5 -tyyppisillä instrumentointikaapeleilla. Lämpötilamittaussignaalit kulkevat neliparisista kaapelia pitkin sekä digitaaliset ja analogiset omissa 12-parisissa kaapeleissa. Ylimääräiset johtimet on kierretty rullalle molemmista päistä mahdollista laajennusvarausta varten.

Ulko- ja jäteilmapeltien kaapeloinnit alakeskukseen on tehty omilla NOMAK 4x2x0,5+0,5 -tyyppisillä kaapeleilla.

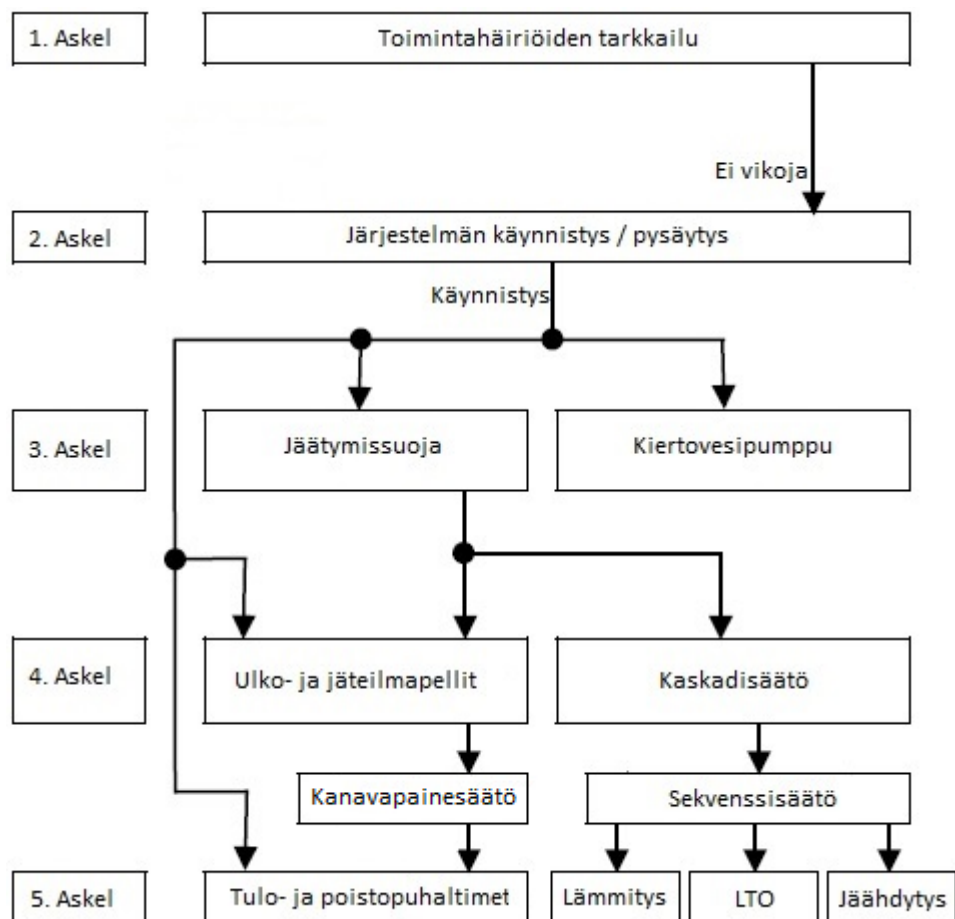
7 Ilmastointikoneen ohjelma

WAGO tarjoaa kotisivuillaan useita valmiita LVI-sovellusmakroja yritysten ja yksityisten toimijoiden käyttöön. Sovellusmakroista löytyy myös valmis ohjelma ”Ventilation Macro 05”, joka soveltuu pienillä muutoksilla tämän työn ilmastointikoneen ohjelmaksi.

Ohjelma käyttää rakennusautomaatiokirjaston ”Building_HVAC_03.lib” valmiita toimilohkoja. Seuraavissa luvuissa tutustutaan tarkemmin ohjelman rakenteeseen sekä ohjelmoinnissa käytettyihin toimilohkoihin.

7.1 Ohjelman perusrakenne

”Ventilation Macro 05” on tarkoitettu ilmastointikoneiden ohjelmaksi, joissa on lämmöntalteenottona levylämmönsiirrin ja puhaltimet portaattomalla kierrosnopeudensäädöllä. Ohjelman toimintaperiaatteen voi jakaa askeleittain etenevään toimintamalliin. (kuva 19).



Kuva 19. Ohjelman toimintaperiaate

Ensimmäisessä askeleessa ohjelma tarkistaa, onko ilmastointikoneen toiminnan kannalta sellaisia vikoja aktiivisena, mitkä estävät koneen käytön. Jos toimintahäiriöitä ei ole, ohjelma siirtyy toiseen askeleeseen, jolloin ilmastointikoneen voi käynnistää.

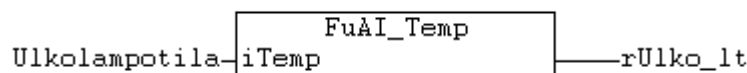
Kolmannessa askeleessa vapautuu kiertovesipumpun käyntiehto ja ohjelmallinen jälkilämmityspatterin jäätymissuoja tarkistaa paluueden lämpötilan ja ulkolämpötilan. Liian alhainen paluueden lämpötila antaa hälytyksen patterin jäätymisvaarasta ja estää ohjelman siirtymisen seuraavaan askeleeseen. Jos ulkolämpötila ja paluueden lämpötila ovat alle asetetun raja-arvon, veden lämpötila nostetaan asetettuun arvoon avaamalla lämmityksen säätöventtiiliä, minkä jälkeen ohjelma siirtyy seuraavan askeleeseen.

Neljännessä ja viidennessä askeleessa ulko- ja jäteilmapellit avautuvat, jonka jälkeen tulo- ja poistopuhaltimet saavat käyntiehdon. Puhaltimet pyörivät sillä nopeudella, että tulo- ja poistoilmakanavissa pysyy asetettu vakioaine. Ilmastoitavan huonelämpötilan asetus- ja mittausarvojen mukaan ohjelman kaskadisäätö antaa sekvenssisäätimelle tuloilmalämpötilan asetusarvon. Olosuhteista riippuen sekvenssisäädin joko lämmittää tai jäähdyttää huoneilmaa tuloilmalla. Lämmitys voi olla tuloilman lämpötilan kasvattamista jälkilämmityspatterilla tai lämmöntalteenotolla.

Seuraavissa luvuissa käydään ohjelman kannalta vain olennaisimpien toimilohkojen perustoiminnot. Ohjelmasta löytyy muitakin ilmastointikoneen toimintaan liittyviä toimintoja, kuten kesäkompensointi ja yöjäähdytys. Näitä toimintoja ei kuitenkaan ole tarpeen käsitellä ohjelman ymmärtämisen kannalta.

7.2 Mittausten skaalaus

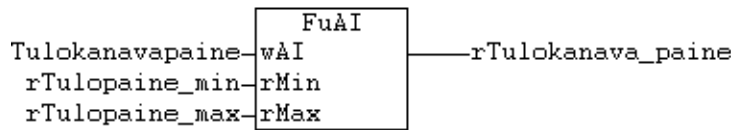
Lämpötilamittausten saamiseksi ihmiselle ymmärrettävään luettavaan arvoon mittausarvot täytyy skaalata alueiden mukaan vastaamaan anturin teknisiä arvoja. Lämpötilantureiden mittausten skaalauksessa käytetään ”FuAI_Temp” -skaalauslohkoa (kuva 20). Toimilohko skaalaa lämpötila-arvot suoraan celsiusasteiksi.



Kuva 20. Lämpötilan skaalaus

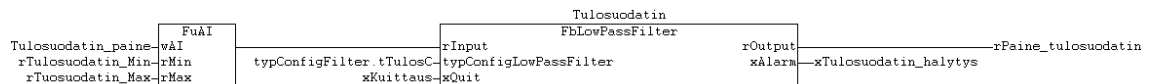
Analogiatulojen, kuten toimilaitteiden takaisinkytkennät ja kanavapaineiden mittaukset skaalataan vastaamaan oikeita arvoja ”FuAi” -skaalauslohkolla (kuva 21). Toimilohkon

”rMin” ja ”rMax” -tuloihin annetaan anturin mittausalueen minimi- ja maksimiarvot, jolloin lohko skaalaa mittausarvon annetun mittausalueen mukaan.



Kuva 21. Analogiatulon skaalaus

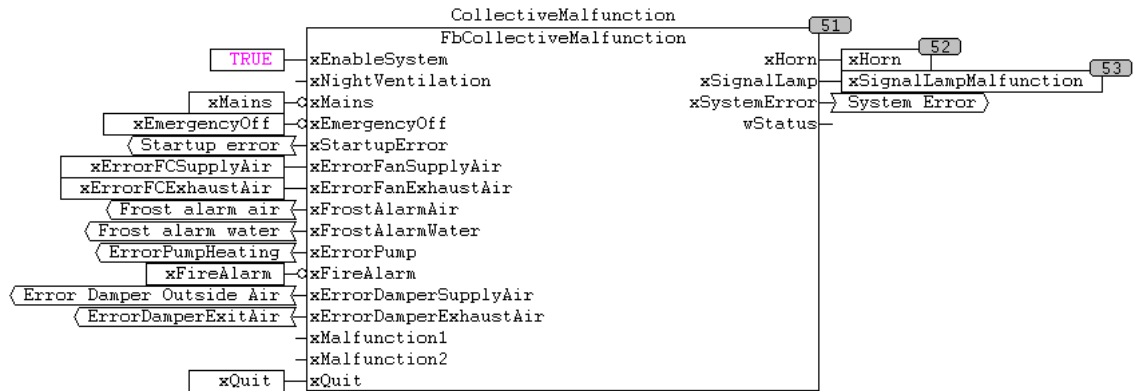
Tulo- ja poistosuodattimen läpi kulkevan ilman paine-eron mittauksessa käytetään ”FuAi” -skaalauslohkon lisäksi toimilohkoa ”FbLowPassFilter” (kuva 22). Lohko suodattaa nopeat mittausarvojen muutokset, joita mittauksissa voi syntyä. Suodatuslohkon tulo ”typConfigLowPassFilter” pitää sisällään asetusparametreja, joita ovat muun muassa mittauksen ala- ja ylähälytysarvot, hälytysviiveen ja hälytyksen automaattisen kuittauksen.



Kuva 22. Suodattimen paine-eron skaalaus

7.3 Toimintahäiriöiden tarkastus

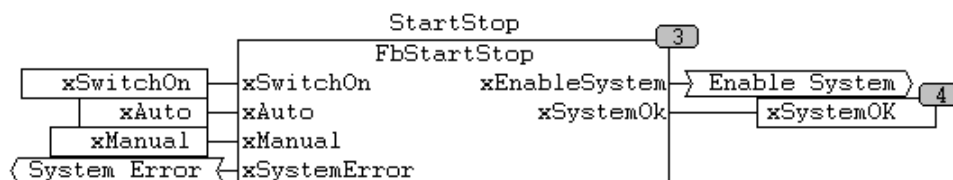
Ilmastointikoneen kiireelliset A-luokan hälytykset tulevat toimilohkoon ”FbCollectiveMalfunction” (kuva 23). Järjestelmän käynnistämisen ehtona on, että aktiivisia vikoja ei ole. Käynnin aikana sattunut vika pysäyttää ilmastointikoneen ja lähtöön ”xSignalLamp” kytketty merkkivalo alkaa vilkkua 1 Hz:n taajuudella. Korjatut viat kuitataan tulolla ”xQuit”.



Kuva 23. Toimintahäiriöiden kokoava toimilohko

7.4 Käsi- ja automaattiohjaus

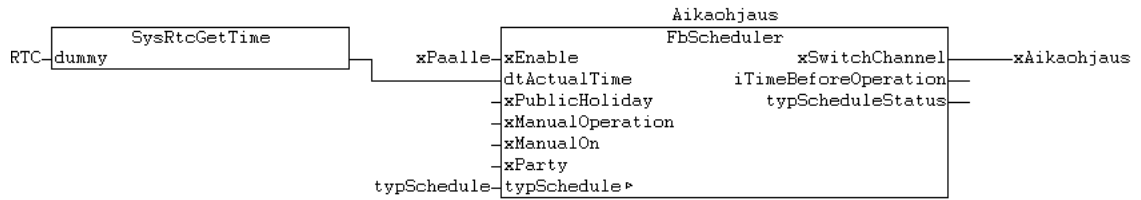
Ilmastointikoneen automaatti- ja käsiohjaukseen käytetään toimilohkoa ”FbStartStop” (kuva 24). Aktiiviset viat estävät ohjauksen toiminnan. Toimilohkoa ohjataan binäärisesti 0/1-tiedoilla. Kun vikoja ei ole, ilmastointikoneen käsiohjauksen voi asettaa tulolla ”xManual”. Automaattiohjaus toimii, kun tulon ”xAuto” lisäksi tulon ”xSwitchOn” tulee ohjaus aikaohjelmasta.



Kuva 24. Käsi- ja automaattiohjauksen toimilohko

7.5 Aikaohjelmat

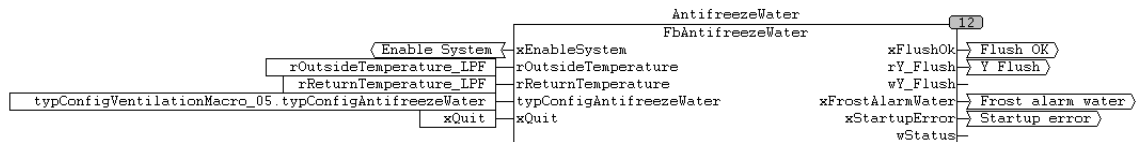
Aikaohjelmien tarkoituksena on käynnistää ilmastointikoneen automaattiohjaus haluttuun aikaan. Aikaohjelmat tehdään toimilohkolla ”FbScheduler” (kuva 25). Toimilohko löytyy WAGO:n kotisivuilta ladattavasta kirjastosta ”Scheduler_03.lib”. Lähtö ”xSwitchChannel” kytkeytyy päälle siksi aikaan, mitä tulon ”typSchedule” sisältämään viikkokalenteriin on määritelty. Lähtö on linkitetty ilmastointikoneen automaattiohjaukseen. Aikaohjelmien toimimiseksi toimilohkon tulon ”dActualTime” pitää tulla oikea kellonaika, joka saadaan otettua tietokoneen kellosta toimilohkolla ”SysRtcGetTime”. Aikaohjelmien viikkokalenteri esitetään luvussa 8.4.



Kuva 25. Aikaohjelmien toimilohko

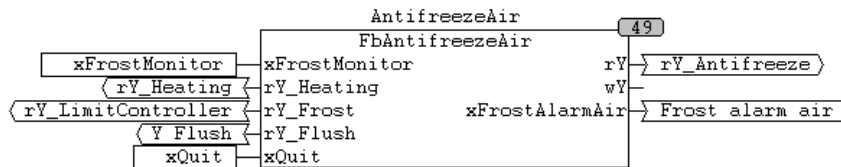
7.6 Jälkilämmityspatterin jäätymissuojaus

Ohjelmallinen jälkilämmityspatterin jäätymissuoja on toteutettu toimilohkolla ”FbFreezeWater” (kuva 26). Ilmastointikoneen käynnistyksen yhteydessä toimilohko käynnistää patterin ”huuhtelun” avaamalla säätöventtiilin auki, jos ulkolämpötila on alle asetettua raja-arvoa. Lähtö ”FlushOk” aktivoituu, kun patterin paluueden lämpötila on noussut sille asetettuun arvoon, jolloin ilmastointikone varsinaisesti käynnistyy. Ilmastointikoneen seisonta- ja käyntiaikana paluueden lämpötilaa säädetään siten, että ”huuhtelua” ei tarvitsisi tehdä. Jos paluueden lämpötila laskee jäätymisvaaralle asetettuun rajaan, lähtö ”xFrostAlarmWater” antaa hälytyksen. Hälytyksestä puhaltimet sammuvat, ulko- ja jäteilmapelit sulkeutuvat ja säätöventtiili avataan auki.



Kuva 26. Jäätymissuojan toimilohko

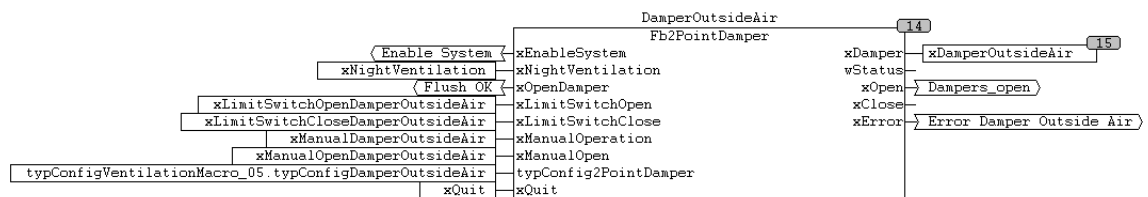
Ohjelmalliseen jäätymissuojaan kuuluu myös toimilohko ”FbAntifreezeAir” (kuva 27), jonka tehtävänä on säätää tuloilman lämpötilaa jäätymisvaaratilanteissa määrittämällä säätöventtiilille menevän ohjauksen suuruus. Säätöventtiilin normaali ohjausarvo tulee toimilohkon tuloon ”rY_Heating”, tuloilmalämpötilan rajoitussäädön ohjausviesti tuloon ”rY_Frost” ja lämmityspatterin ”huuhtelu” tuloon ”rY_Flush”. Toimilohko valitsee näistä tuloista suurimman ohjausarvon, joka menee lähdöstä ”rY” säätöventtiilin toimilohkolle. Jäätymisvaaratermostaatin hälytys tulee lohkon tuloon ”xFrostMonitor”, jonka tullessa säätöventtiili saa 100 % ohjauksen.



Kuva 27. Säätoventtiilin ohjausarvon ohitustoimilohko

7.7 Ulko- ja jäteilmapeltien ohjaus

Auki-kiinni-asentoisten ulko- ja jäteilmapeltien toimilaitteiden ohjaukseen käytetään ”Fb2PointDamper” -toimilohkoja (kuva 28). Pellit toimivat normaalissa käytössä rinnan, eli molemmat aukeavat ja menevät kiinni samaan aikaan. Peltejä on mahdollista myös ohjata erikseen käsikäytöllä. Peltien ohjaus kytkeytyy, kun ilmastointikoneen käsi- tai automaattiohjaus on laitettu päälle, patterin jäätymissuojan ”huuhtelu” on suoritettu ja vikoja ei ole aktiivisena. Peltien auki/kiinni-asennoista tulee tieto lohkon tuloihin ”xLimitSwitchOpen” ja ”xLimitSwitchClose”. Peltien auki-tiedosta lähtö ”xOpen” menee päälle ja vapauttaa tulo- ja poistopuhaltimien käyntiehdon. Tulo ”typConfig2PointDamper” sisältää asetusparametreja, joista voi valita rajakytkimien käytön pois sekä peltimoottorin maksimi ajoajan auki-asentoon. Jos pellin auki-tietoa ei tule asetettuun ajoaikaan mennessä, lähtö ”xError” aktivoituu ja antaa hälytyksen, jolloin pellit sulkeutuvat.

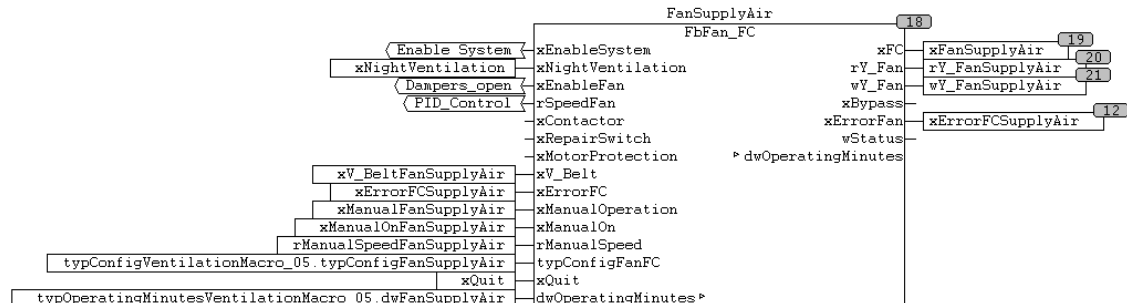


Kuva 28. Ulkoilmapellin toimilohko

7.7.1 Tulo- ja poistopuhaltimien ohjaus

Puhaltimien ohjaukseen käytetään toimilohkoa ”FbFan_FC” (kuva 29), joka mahdollistaa puhaltimien portaattoman kierrosnopeudensäädön. Lohkon käyntiehtona on, että tuloon ”xEnableFan” tulee tieto ulko- ja jäteilmapeltien auki-asennosta. Tulo- ja poistopuhaltimet käyvät normaalitilanteessa rinnan, mutta niiden käsikäyttö on myös mahdollista. Tuloon ”rSpeedFan” tulee puhaltimen nopeusohje PID-säätimeltä. Lohkoon on mahdollista kytkeä useita turvatoimintoja, kuten ohjauksen ja tilatiedon ristiriita. Toimi-

lohko laskee puhaltimen käyntiajan ja tulo ”typConfigFanFC” sisältää asetusparametreja, joilla pystyy muun muassa asettamaan käynnistysviiveen ja yötuuletuksen aikaisen nopeusohjeen.

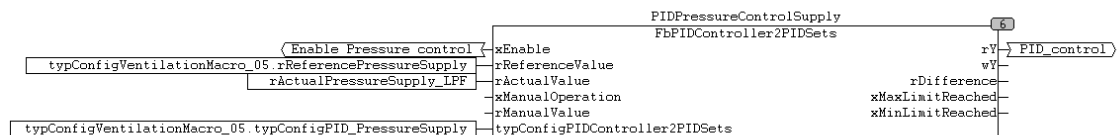


Kuva 29. Tulopuhaltimen toimilohko

7.8 Säädöt

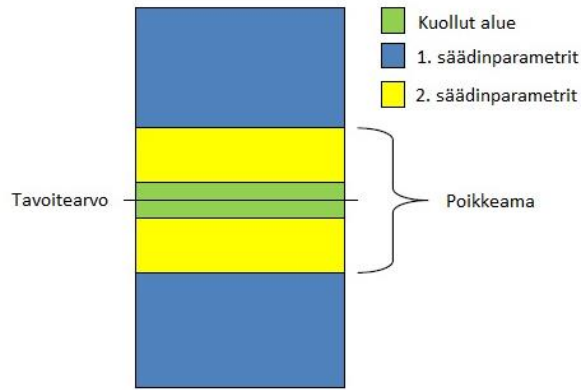
7.8.1 Kanavapainesäätö

Tulo- ja poistoilmakanavien painesäätöön käytetään PID-säätimiä (kuva 30). Kanavapaineen asetus- ja mittausarvojen perusteella säädin antaa puhaltimelle ohjausviestinä nopeusohjeen.



Kuva 30. PID-säätimen toimilohko

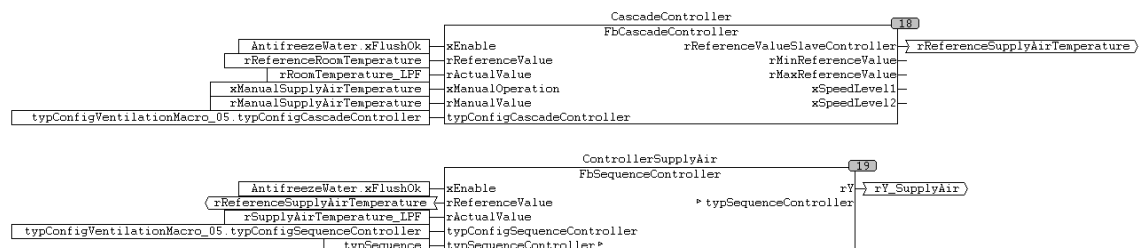
PID-säätimelle voi asettaa kanavapaineen tarkkaan säätöön kahdet viritysparametrit (kuva 31). Ensimmäiset parametrit on tarkoitettu tilanteeseen, kun asetus- ja mittausarvot poikkeavat toisistaan paljon, jolloin säätö on nopeaa. Toiset parametrit on tarkoitettu hienosäätöön, kun mittausarvo alkaa saavuttaa tavoitetta. Raja viritysparametrien välillä on määriteltävissä. Kuolleella alueella säädin ei korjaa ohjausarvoa.



Kuva 31. PID-säätimen periaate [Mukailen 25, s. 56.]

7.8.2 Tuloilman lämpötilasäätö

Ilmastoitavan huoneen lämpötilan säätöön käytetään kaskadisäätöä. Säätö koostuu pääsäädin kaskadisäätimestä ja apusäädin sekvenssisäätimestä (kuva 32). Huonelämpötilan asetusarvon ja huoneesta poistuvan poistoilmalämpötilan mittausarvon perusteella pääsäädin antaa ohjausviestinä tuloilmalämpötilan asetusarvon apusäätimelle. Tuloilmalämpötilan asetusarvon apusäätimelle voi antaa myös käsin. Tuloilmalämpötilan asetus- ja mittausarvojen perusteella apusäädin antaa ohjausviestinä tuloilman lämpötilan. Apusäätimen ohjausviesti on tyypiltään reaalityttö 0–100 väliltä, joka menee lämmityksen, lämmöntalteenoton ja jäähdytyksen sekvenssitoimilohkoille. Sekvenssin valintaan vaikuttaa ohjausviestin suuruus. Sekvenssisäätimen tulo ”typSequenceController” tulee olla linkitettyinä lämmitys-, lämmöntalteenotto- ja jäähdytyssekvenssitoimilohkojen samannimisiin tuloihin.



Kuva 32. Kaskadisäädön pää- ja apusäätimen toimilohkot

Kaskadisäätimelle on asetettavissa tuloilman lämpötilan asetusarvolle ylä- ja alarajat (kuva 33), minkä mukaan säädin antaa sekvenssisäätimelle tuloilmalämpötilan asetusarvon. Säätimen viritykseen on käytettävissä PI-säätimen parametrit. Kuolleella alueella

säädin ei korjaa ohjausarvoa. Ylä- ja alarajat sekä kuolleen alueen arvot on muutettavissa.

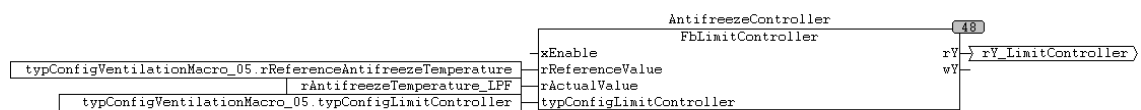


Kuva 33. Pääsäätimen periaate [Mukaiillen 25, s. 56.]

Sekvenssisäätimelle on asetettavissa kahdet viritysparametrit, kuten kanavapainesäätöön käytetyllä PID-säätimellä. Kahdet viritysparametrit sisältävän PID-säätimen toimintaperiaate on esitetty luvussa 7.8.1.

7.8.3 Tuloilmalämpötilan minimirajoitus

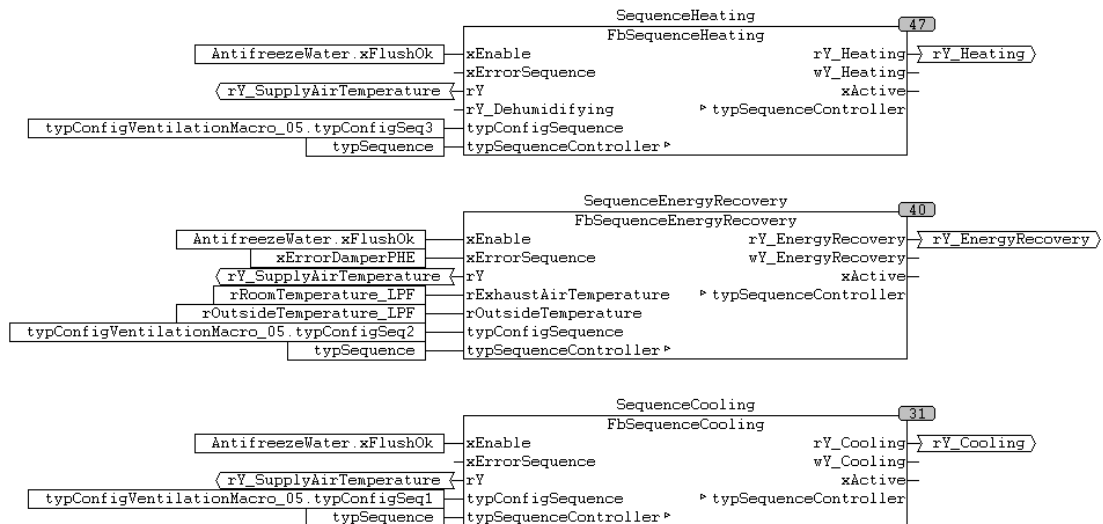
Tuloilman lämpötilalle asetetaan raja, jonka alle se ei saa laskea. Minimirajoitukseen ohjelma käyttää toimilohkoa ”FbLimitController” (kuva 34). Tuloilmalämpötilan asetus- ja mittausarvojen perusteella toimilohko antaa ohjausviestinä käskyn avata lämmityspatterin säätöventtiiliä, jos tuloilman lämpötila alkaa laskea sille asetettua minimirajaa. Säädön virittämiseen voi käyttää PI-säätimen viritysparametreja.



Kuva 34. Rajoitussäätimen toimilohko

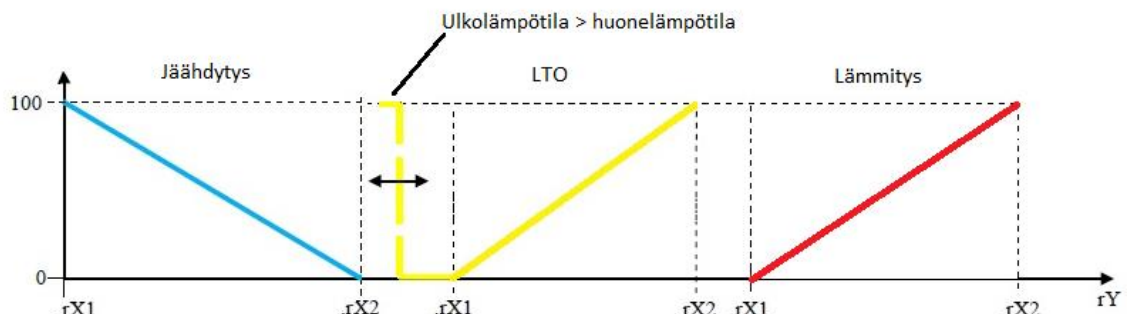
7.9 Sekvenssit

Tuloilman käsittelyyn käytetään kolmea sekvenssiä: lämmitystä, lämmöntalteenottoa ja jäähdtyystä. Kuvassa 35 on esitetty ohjelmassa käytetyt toimilohkot näille tilanteille. Se mitä sekvenssiä käytetään missäkin tilanteessa ja miten paljon määrittelee olosuhteet, joihin tuloilman lämpötilasäätö reagoi.



Kuva 35. Lämmitys-, lämmöntalteenotto- ja jäähdytyssekvenssien toimilohkot

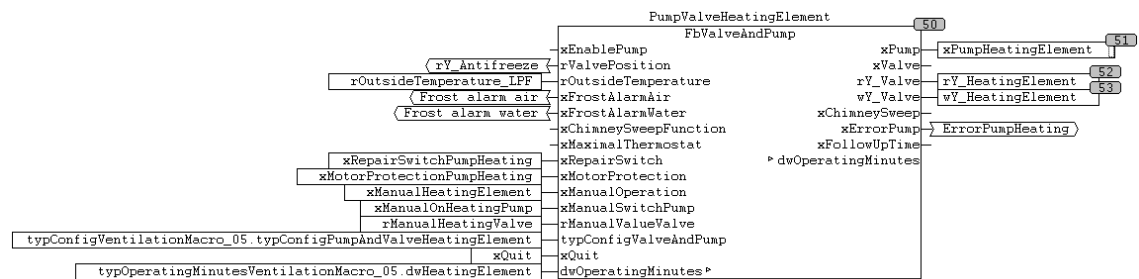
Kuten luvussa 7.8.2 kerrottiin, sekvenssisäätimen ohjausviestin suuruudesta riippuu, mitä sekvenssiä käytetään milloinkin. Kuvassa 36 on esitetty lämmitys-/jäähdytysportaat. Jäähdytyksen ohjaus on suurimmillaan, kun sekvenssisäätimen ohjearvo on 0. Ohjauksen kasvaessa tuloilman jäähdytyksen tarvetta vähennetään. Kun tulee tarve lämmittää tuloilmaa, sitä lämmitetään ensin lämmöntalteenotolla ja seuraavaksi jälkilämmityspatterilla. Portaiden suuruus on määriteltävissä ja niiden väliin on syytä jättää kuollutta aluetta, jolloin vältetään tilanteiden päällekkäisyyksiltä rajatilanteissa. Lisäksi lämmöntalteenotto kykeytyy täysin päälle, kun ulkolämpötila on huonelämpötilaa suurempi.



Kuva 36. Sekvenssit [Mukaiillen 25, s. 71, 73, 78.]

7.9.1 Tuloilman jälkilämmitys

Toimilohko ”FbValveAndPump” (kuva 37) ohjaa tuloilman jälkilämmitysryhmän kiertovesipumppua ja säätöventtiiliä olosuhteista riippuen. Pumpun ohjaus ”xPump” käynnistyy ulkolämpötilan ollessa alle asetetun rajan tai tulon ”rValvePosition” arvon ollessa asetettua arvoa suurempi. Käytännössä tämä tarkoittaa pumpun käymistä, kun säätöventtiiliä ohjataan auki tiettyyn rajaan asti. Säätöventtiiliä avataan tuloilman lämmitystarpeen mukaan tai jäätymisvaara tilanteissa joko täysin auki tai sen verran, että viileän tuloilman lämpötilaa saadaan nostettua. Säätöventtiiliä ja pumppua voi ohjata myös erikseen käsikäytöllä. Toimilohko laskee lämmitykseen käytetyn ajan.

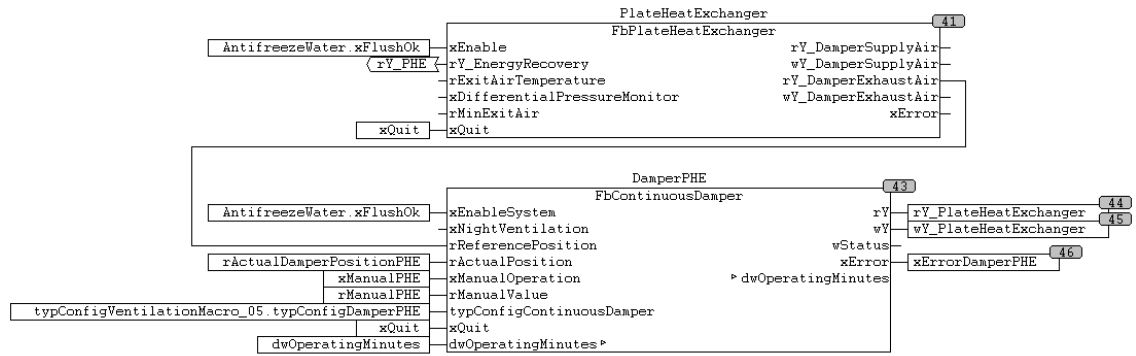


Kuva 37. Säätöventtiilin ja pumpun toimilohko

7.9.2 Poistoilman lämmöntalteenotto

Levylämmönsiirtimellisen lämmöntalteenoton toimilohkona ohjelmassa on toimilohko ”FbPlateHeatExchanger” (kuva 38). Toimilohkoa ei varsinaisesti tarvitse ohjelman kannalta, koska ohituspellin ohjaus kulkee suoraan lohkon tulosta lähtöön.

Ohituspellin jatkuvatoimisen peltimoottorin ohjaukseen käytetään toimilohkoa ”FbContinuousDamper” (kuva 38). Ohituspellin takaisinkytkentä tulee myös tähän toimilohkoon, jolloin siihen voi asettaa hälytyksen, joka annetaan jos pellin ohjaus ja takaisinkytkentätiedot poikkeavat toisistaan yli asetetun rajan viiveen jälkeen. Peltiä voidaan ohjata myös käsikäytöllä. Toimilohko laskee lämmöntalteenottoon käytetyn ajan.



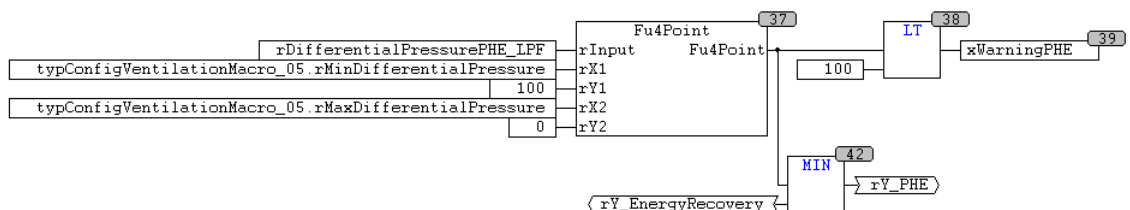
Kuva 38. Lämmöntalteenoton ja jatkuvatoimisen peltimoottorin toimilohkot

Ohituspellin toimilaitteena käytetyn peltimoottorin toiminta alkaa 2 voltin ohjausjännitteellä, joten pellin ohjaus täytyy skaalata siten, että 2–10 V ohjaus vastaa 0–100 % toiminta-aluea. Ohjauksen skaalaukseen ei ole valmista toimilohkoa, kuten mittauksen skaalauksessa on, joten skaalaus tehdään aritmeettisilla operaattoreilla (kuva 39).



Kuva 39. Lämmöntalteenoton ohituspellin ohjauksen skaalaus

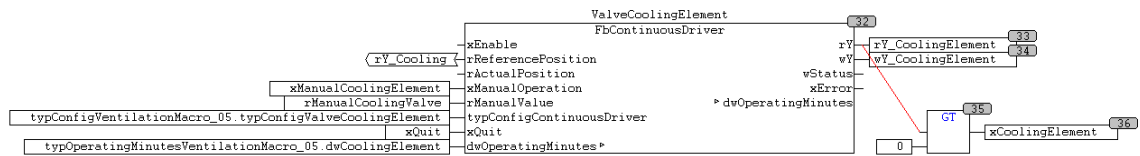
Lämmöntalteenoton huurtumista valvotaan toimilohkolla ”Fu4Point” (kuva 40). Lohko tarkkailee lämmöntalteenoton läpi virtaavan ilman paine-eroa. Normaalisti paine-ero on pieni, jolloin toimilohkon lähtö on 100. Paine-eron kasvaessa yli asetetun minimirajan, lähdön arvo laskee ja pienentää lämmöntalteenotolle menevää ohjausta, eli rajoittaa ilman virtaamista lämmöntalteenoton läpi. Rajoittamisesta annetaan lisäksi varoitus.



Kuva 40. LTO:n huurtumisenesto

7.9.3 Tuloilman jäädytys

Jäädytyskompressoria ja jäädytystehoa ohjataan toimilohkolla ”FbContinuousDriver” (kuva 41). Toimilohkon lähtö käynnistää kompressorin sekä säätää tarpeen mukaan jäädytystehoa. Ohjaus menee päälle vasta, kun asetettu jäädytystehon minimiraja ylittyy. Jäädytystä voidaan ohjata erikseen myös käsikäytöllä. Toimilohko laskee jäädytykseen käytetyn ajan.



Kuva 41. Jäädytystehon toimilohko

7.10 Hälytykset

Hälytykset ilmoittavat ilmastointikoneen vioista ja asetettujen raja-arvojen ylittämisestä. Asetetut hälytykset esitetään kuvassa 42. Hälytykset on luokiteltu kiireellisyyden mukaan A- ja B-luokkiin. A-luokan hälytykset ovat kiireellisiä, joiden sattuessa ilmastointikone sammuu ja niiden selvittäminen vaatii välittömiä toimenpiteitä. B-luokan hälytykset tulevat huolto-, ja varoitusilmoituksista sekä mittauksen raja-arvojen ylityksistä asetetun viiveen jälkeen, eivätkä ole kiireellisiä. B-luokan hälytykset kuittaantuvat automaattisesti, jos mittaustulos palautuu raja-arvojen sisään.

Expression	Type	Class	Priority	Message	De...	Id
KAIR.K.air.xEmergencyOff	DIG=0	A	0	HÄTÄ-SEIS PAINETTU		0
KAIR.K.air.xFrostMonitor	DIG=0	A	0	JÄÄTYMISSUOJA HÄLYTYS		1
KAIR.K.air.xMains	DIG=0	A	0	KENTÄJÄNNITE PUUTTUU		2
KAIR.K.air.xAlarmReturnTemperature	DIG=1	A	0	RAJA-ARVO HÄLYTYS: PALJUVEDEN LÄMPÖTILA		5
KAIR.K.air.xAlarmRoomTemperature	DIG=1	B	0	RAJA-ARVO HÄLYTYS: HUONEEN LÄMPÖTILA		6
KAIR.K.air.xAlarmSupplyAirTemperature	DIG=1	B	0	RAJA-ARVO HÄLYTYS: TULOILMAN LÄMPÖTILA		7
KAIR.K.air.xAlarmPressureSensorSupply	DIG=1	B	0	RAJA-ARVO HÄLYTYS: TULOILMAKANAVAN PAINNE		8
KAIR.K.air.xAlarmPressureSensorExhaust	DIG=1	B	0	RAJA-ARVO HÄLYTYS: POISTOILMAKANAVAN PAINNE		9
KAIR.K.air.xAlarmDifferentialPressureSensor	DIG=1	B	0	RAJA-ARVO HÄLYTYS: LTO:N PAINNE-ERO		10
KAIR.K.air.xMaintenanceFilterOutside	DIG=1	B	0	TULOSUODATIN LIKAINEN		11
KAIR.K.air.xMaintenanceFilterExhaust	DIG=1	B	0	POISTOSUODATIN LIKAINEN		12
KAIR.K.air.xDamperExitAir.xError	DIG=1	A	0	RISTIRIITÄHÄLYTYS: JÄTEILMAPELTI		4
KAIR.K.air.xDamperOutsideAir.xError	DIG=1	A	0	RISTIRIITÄHÄLYTYS: ULKOILMAPELTI		13
KAIR.K.air.xDamperPHE.xError	DIG=1	A	0	RISTIRIITÄHÄLYTYS: LTO		14
KAIR.K.air.xWarningPHE	DIG=1	B	0	HUURTUMISVAROITUS: LTO		15

Kuva 42. Hälytyslista

8 Ilmastointikoneen käyttöliittymä

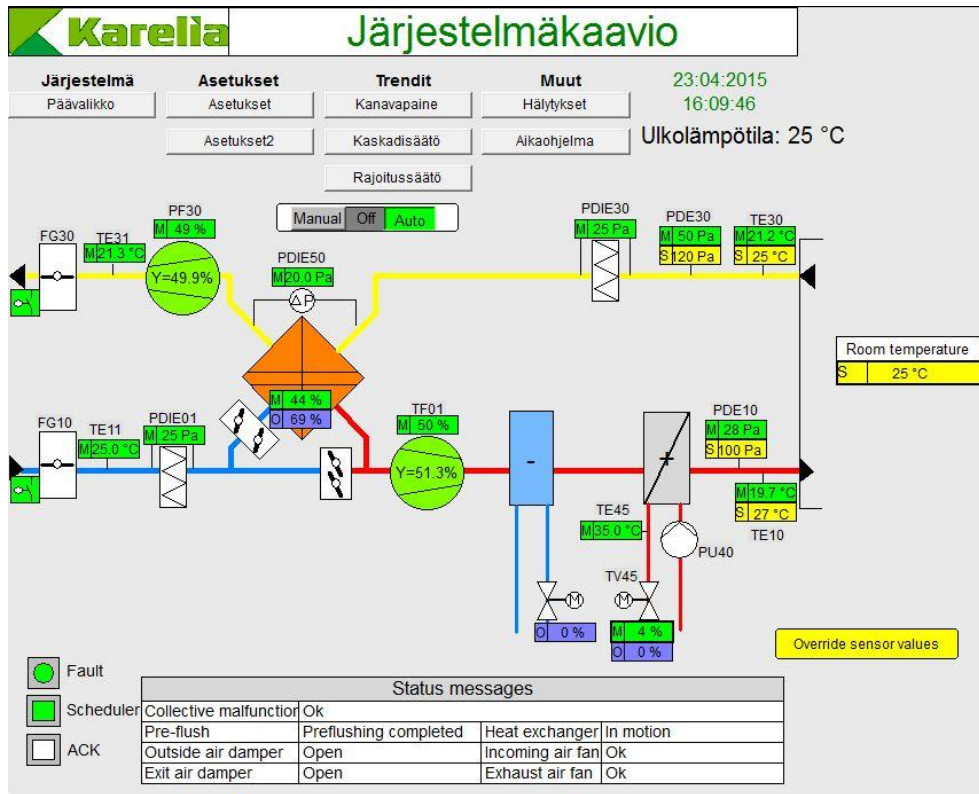
Ilmastointikoneen ohjelmana käytetty sovellusmakro ”Ventilation Macro 05” sisälsi myös käyttöliittymän toimintakaavion ja asetusikkunan. Käyttöliittymä oli kuitenkin melko alkeellinen, eikä vastannut työn ilmastointikoneen laitesijoittelua, joten se tuli tehdä lähes kokonaan uusiksi. Asetusikkuna annettiin olla sellaisenaan, sillä se sisältää kaikki ohjelman kannalta olennaiset asetusparametrit. Toimintakaavion lisäksi käyttöliittymään tehtiin ikkunat trendinäyttöille, aikaohjelmille ja hälytyksille.

8.1 Toimintakaavio

Toiminta- tai järjestelmäkaaviota voi pitää käyttöliittymän tärkeimpänä ikkunana, josta käyttäjä voi seurata koko järjestelmän toimintaa. Kaavioon on koottu järjestelmän kaikki laitteet sekä mittaus-, asetus- ja ohjausarvot.

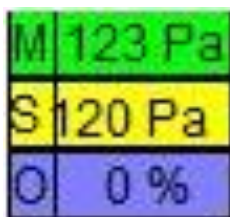
Kuvassa 43 on esitetty simuloitu tilanne, jossa ilmastointikone käy automaattiohjauksella. Kuvassa ilma virtaa ulkoilmapellin FG10 ja tulosuodattimen PDIE01 kautta lämmöntalteenoton läpi tai ohi, riippuen sen ohituspellin asennosta. Ulkoilmavirtaus on esitetty sinisellä värillä. LTO:n jälkeen tuloilma virtaa tulopuhaltimen TF01 läpi ensin höyrystinpatterin ja sitten jälkilämmityspatterin kautta ilmastoitavaan huoneilmaan. Tuloilma on esitetty punaisella värillä. Huoneesta poistuva poistoilma virtaa poistosuodattimen PDIE30 ja LTO:n kautta poistopuhaltimelle PF30 ja edelleen jäteilmapellin FG30 läpi takaisin ulkoilmaan. poisto- ja jäteilma on esitetty keltaisella värillä.

Toimintakaavion vasemmassa alanurkassa on merkkivalot vikatilanteelle (Fault) ja aikaohjelman ohjaukselle (Scheduler) sekä nappi vikojen kuittaukselle (ACK). Vieressä oleva ”Status Messages” ilmoittaa järjestelmästä tilatietoja.



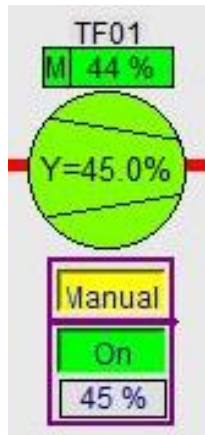
Kuva 43. Järjestelmäkaavio

Järjestelmäkaaviossa on kolme eriväristä laatikkoa kuvastamaan mittaus-, asetus- ja ohjausarvoja (kuva 44). Mittaukset on esitetty vihreäpohjaisella laatikolla, jota merkitään M-kirjaimella (Measurement). Oikeat mittausarvot voidaan ohittaa ”Override sensor values” -napilla, jolloin mittausarvoja voi antaa käsin. Tämä on hyödyllinen toiminto simuloimassa erilaisia olosuhteita ja seurata säätöjen toimintaa. Keltaisella S-kirjaimen (Setpoint) sisältävällä laatikolla esitetään prosessin asetusarvot. Asetusarvoja voi muuttaa klikkaamalla laatikkoa, jolloin aukeaa numeronäppäimistö uuden arvon antamiseksi. Sininen O-kirjaimellinen (Output) laatikko tarkoittaa jonkin toimilaitteen ohjausarvoa.



Kuva 44. Mittaus-, asetus- ja ohjausarvojen pisteet

Järjestelmän ulko- ja jäteilmapeltiä, toimilaitteita ja puhaltimia voi ohjata käsin. Kuvassa 45 on esitetty esimerkki tulopuhaltimen käsiohjauksesta. Puhallinkuvaketta klikkaamalla aukeaa käsikäytölle tarkoitettu valikko, jolloin puhaltimelle voi antaa nopeusohjeen käsin.



Kuva 45. Käsikäyttö

8.2 Asetusikkuna

Asetuksien muuttamiseen käytetään sovellusmakron ”Ventilation Macro_05” valmista asetuskunaa (kuva 46). Asetuskunasta käyttäjä voi tehdä muun muassa seuraavallaisia asetuksia:

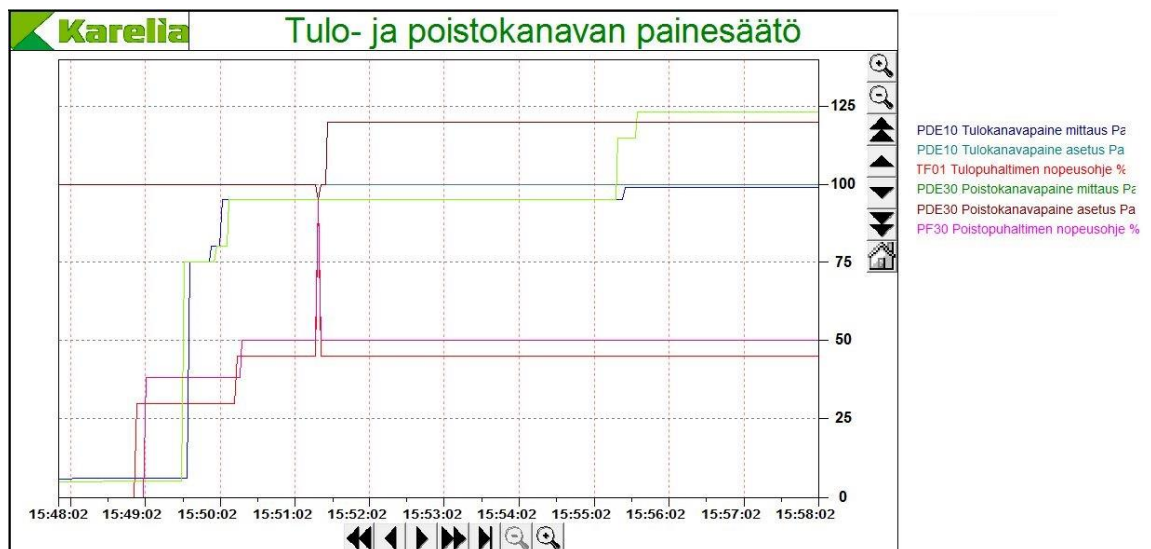
- muuttaa asetusarvoja
- asettaa mittausten hälytysrajoja
- antaa säätöpiirien viritysparameetreja.

Karelia		Asetukset																																																																																																																																																																					
Supply temperature	Temperature control	Temperature control	Plate heat exchanger	Damper and fans	Pumps and valves																																																																																																																																																																		
<table border="0"> <tr> <td colspan="3">Summer compensation</td> <td colspan="3">Cooling sequence</td> </tr> <tr> <td>Min. outside temperature</td> <td><input type="text" value="22.0"/></td> <td>[°C]</td> <td>Sequence number</td> <td><input type="text" value="1"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Max. outside temperature</td> <td><input type="text" value="32.0"/></td> <td>[°C]</td> <td>X1 sequence</td> <td><input type="text" value="0.0"/></td> <td>[%]</td> </tr> <tr> <td>Reference room temperature</td> <td><input type="text" value="22.0"/></td> <td>[°C]</td> <td>X2 sequence</td> <td><input type="text" value="30.0"/></td> <td>[%]</td> </tr> <tr> <td>Max. reference room temperature</td> <td><input type="text" value="26.0"/></td> <td>[°C]</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Cascade controller</td> <td colspan="3">Energy recovery sequence</td> </tr> <tr> <td>Kp</td> <td><input type="text" value="2.5"/></td> <td></td> <td>Sequence number</td> <td><input type="text" value="2"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tn</td> <td><input type="text" value="300.0"/></td> <td>[s]</td> <td>X1 sequence</td> <td><input type="text" value="35.0"/></td> <td>[%]</td> </tr> <tr> <td>Dead zone</td> <td><input type="text" value="0.0"/></td> <td>[K]</td> <td>X2 sequence</td> <td><input type="text" value="55.0"/></td> <td>[%]</td> </tr> <tr> <td>Offset, min. reference value</td> <td><input type="text" value="4.0"/></td> <td>[K]</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Offset, max. reference value</td> <td><input type="text" value="6.0"/></td> <td>[K]</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Sequence controller</td> <td colspan="3">Heating sequence</td> </tr> <tr> <td>Max. number of sequences</td> <td><input type="text" value="3"/></td> <td></td> <td>Sequence number</td> <td><input type="text" value="3"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hysteresis for Kp2, Tn2 and Td2</td> <td><input type="text" value="1.0"/></td> <td>[%]</td> <td>X1 sequence</td> <td><input type="text" value="60.0"/></td> <td>[%]</td> </tr> <tr> <td>Kp1</td> <td><input type="text" value="2.5"/></td> <td></td> <td>X2 sequence</td> <td><input type="text" value="100.0"/></td> <td>[%]</td> </tr> <tr> <td>Tn1</td> <td><input type="text" value="300.0"/></td> <td>[s]</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Td1</td> <td><input type="text" value="0.0"/></td> <td>[s]</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Kp2</td> <td><input type="text" value="1.5"/></td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Tn2</td> <td><input type="text" value="500.0"/></td> <td>[s]</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Td2</td> <td><input type="text" value="0.0"/></td> <td>[s]</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Dead zone</td> <td><input type="text" value="0.5"/></td> <td>[K]</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="3">Antifreeze controller</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>Reference value</td> <td><input type="text" value="10.0"/></td> <td>[°C]</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>Kp</td> <td><input type="text" value="2.5"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>Tn</td> <td><input type="text" value="80.0"/></td> <td>[s]</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>Dead zone</td> <td><input type="text" value="0.0"/></td> <td>[K]</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>Hysteresis</td> <td><input type="text" value="2.0"/></td> <td>[K]</td> </tr> </table>						Summer compensation			Cooling sequence			Min. outside temperature	<input type="text" value="22.0"/>	[°C]	Sequence number	<input type="text" value="1"/>		Max. outside temperature	<input type="text" value="32.0"/>	[°C]	X1 sequence	<input type="text" value="0.0"/>	[%]	Reference room temperature	<input type="text" value="22.0"/>	[°C]	X2 sequence	<input type="text" value="30.0"/>	[%]	Max. reference room temperature	<input type="text" value="26.0"/>	[°C]				Cascade controller			Energy recovery sequence			Kp	<input type="text" value="2.5"/>		Sequence number	<input type="text" value="2"/>		Tn	<input type="text" value="300.0"/>	[s]	X1 sequence	<input type="text" value="35.0"/>	[%]	Dead zone	<input type="text" value="0.0"/>	[K]	X2 sequence	<input type="text" value="55.0"/>	[%]	Offset, min. reference value	<input type="text" value="4.0"/>	[K]				Offset, max. reference value	<input type="text" value="6.0"/>	[K]				Sequence controller			Heating sequence			Max. number of sequences	<input type="text" value="3"/>		Sequence number	<input type="text" value="3"/>		Hysteresis for Kp2, Tn2 and Td2	<input type="text" value="1.0"/>	[%]	X1 sequence	<input type="text" value="60.0"/>	[%]	Kp1	<input type="text" value="2.5"/>		X2 sequence	<input type="text" value="100.0"/>	[%]	Tn1	<input type="text" value="300.0"/>	[s]				Td1	<input type="text" value="0.0"/>	[s]				Kp2	<input type="text" value="1.5"/>					Tn2	<input type="text" value="500.0"/>	[s]				Td2	<input type="text" value="0.0"/>	[s]				Dead zone	<input type="text" value="0.5"/>	[K]							Antifreeze controller						Reference value	<input type="text" value="10.0"/>	[°C]				Kp	<input type="text" value="2.5"/>					Tn	<input type="text" value="80.0"/>	[s]				Dead zone	<input type="text" value="0.0"/>	[K]				Hysteresis	<input type="text" value="2.0"/>	[K]
Summer compensation			Cooling sequence																																																																																																																																																																				
Min. outside temperature	<input type="text" value="22.0"/>	[°C]	Sequence number	<input type="text" value="1"/>																																																																																																																																																																			
Max. outside temperature	<input type="text" value="32.0"/>	[°C]	X1 sequence	<input type="text" value="0.0"/>	[%]																																																																																																																																																																		
Reference room temperature	<input type="text" value="22.0"/>	[°C]	X2 sequence	<input type="text" value="30.0"/>	[%]																																																																																																																																																																		
Max. reference room temperature	<input type="text" value="26.0"/>	[°C]																																																																																																																																																																					
Cascade controller			Energy recovery sequence																																																																																																																																																																				
Kp	<input type="text" value="2.5"/>		Sequence number	<input type="text" value="2"/>																																																																																																																																																																			
Tn	<input type="text" value="300.0"/>	[s]	X1 sequence	<input type="text" value="35.0"/>	[%]																																																																																																																																																																		
Dead zone	<input type="text" value="0.0"/>	[K]	X2 sequence	<input type="text" value="55.0"/>	[%]																																																																																																																																																																		
Offset, min. reference value	<input type="text" value="4.0"/>	[K]																																																																																																																																																																					
Offset, max. reference value	<input type="text" value="6.0"/>	[K]																																																																																																																																																																					
Sequence controller			Heating sequence																																																																																																																																																																				
Max. number of sequences	<input type="text" value="3"/>		Sequence number	<input type="text" value="3"/>																																																																																																																																																																			
Hysteresis for Kp2, Tn2 and Td2	<input type="text" value="1.0"/>	[%]	X1 sequence	<input type="text" value="60.0"/>	[%]																																																																																																																																																																		
Kp1	<input type="text" value="2.5"/>		X2 sequence	<input type="text" value="100.0"/>	[%]																																																																																																																																																																		
Tn1	<input type="text" value="300.0"/>	[s]																																																																																																																																																																					
Td1	<input type="text" value="0.0"/>	[s]																																																																																																																																																																					
Kp2	<input type="text" value="1.5"/>																																																																																																																																																																						
Tn2	<input type="text" value="500.0"/>	[s]																																																																																																																																																																					
Td2	<input type="text" value="0.0"/>	[s]																																																																																																																																																																					
Dead zone	<input type="text" value="0.5"/>	[K]																																																																																																																																																																					
			Antifreeze controller																																																																																																																																																																				
			Reference value	<input type="text" value="10.0"/>	[°C]																																																																																																																																																																		
			Kp	<input type="text" value="2.5"/>																																																																																																																																																																			
			Tn	<input type="text" value="80.0"/>	[s]																																																																																																																																																																		
			Dead zone	<input type="text" value="0.0"/>	[K]																																																																																																																																																																		
			Hysteresis	<input type="text" value="2.0"/>	[K]																																																																																																																																																																		

Kuva 46. Esimerkkisivu asetuksista

8.3 Trendinäytöt

Käyttöliittymään tehdyt trendinäytöt on tarkoitettu säätöpiirien virityksiin ja toiminnan seurantaan eri tilanteissa. Esimerkki yhdestä trendinäytöstä on esitetty kuvassa 47. Näytölle piirretään vain säädön toimintaan olennaiset asetus-, mittaus- ja ohjausarvot. Jokaiselle säätöpiirille on omat trendinäytöt, jotta samalle trendinäytölle piirtyviä arvoja ei olisi tarpeettoman paljon. Tämä vaikeuttaisi säädön toiminnan seuraamista ja oikeiden viritysparameitrien etsimistä



Kuva 47. Trendinäyttö

8.4 Aikaohjelmien viikkokalenteri

Käyttäjä voi asettaa haluamansa ilmastointikoneen käyntiajat kuvan 48 mukaisella viikkokalenterilla. Samalle päivälle voi tehdä useampia eripituisia jaksoja, jolloin ilmastointikonetta halutaan käyttää. Rivin ”Status” laatikot näyttävät vihreällä värillä, kun aikaohjelma on aktiivinen.

ON		OFF		Weekday							Status
08 : 00	11 : 00	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU	<input type="checkbox"/>		
13 : 00	16 : 00	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU	<input type="checkbox"/>		
08 : 00	16 : 00	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU	<input type="checkbox"/>		
08 : 00	10 : 00	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU	<input type="checkbox"/>		
12 : 00	14 : 00	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU	<input type="checkbox"/>		
15 : 00	16 : 00	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU	<input type="checkbox"/>		
12 : 00	16 : 00	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU	<input checked="" type="checkbox"/>		
08 : 00	12 : 00	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU	<input type="checkbox"/>		
00 : 00	00 : 00	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU	<input type="checkbox"/>		
00 : 00	00 : 00	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU	<input type="checkbox"/>		

Kuva 48. Aikaohjelman viikkokalenteri

8.4.1 Hälytysikkuna

Hälytyksistä tulee ilmoitus käyttöliittymän ruutuun ja ne tallentuvat tietokoneen kovalevyllä. Käyttöliittymän hälytysikkunasta (kuva 49) käyttäjä voi tarkastella tulleita hälytyksiä ja kuitata niitä, kun hälytyksen syy on korjattu. Hälytyksistä tallentuvat hälytysaika, hälytysluokka ja hälytyksen syy. Aktiiviset hälytykset näkyvät luettelossa punaisella ja kuitatut vihreällä värillä.

Karelia		Hälytykset		
	Date	Time	Class	Message
0	08-04-2015	11:16:31	A	HÄTÄ-SEIS PAINETTU
1	08-04-2015	11:16:31	A	KENTTÄJÄNNITE PUUTTUU
2	08-04-2015	11:16:31	A	RAJA-ARVO HÄLYTYS: PALUUVEDEN LÄMPÖTILA
3	08-04-2015	11:16:02	B	TULOSUODATIN LIKAINEN
4	08-04-2015	11:16:02	B	POISTOSUODATIN LIKAINEN
5	08-04-2015	11:15:47	B	RAJA-ARVO HÄLYTYS: HUONEEN LÄMPÖTILA
6	08-04-2015	11:15:47	B	RAJA-ARVO HÄLYTYS: TULOILMAKANAVAN PAINEN
7	08-04-2015	11:15:47	B	RAJA-ARVO HÄLYTYS: POISTOILMAKANAVAN PAINEN

Acknowledge selection Acknowledge all History

Kuva 49. Hälytysloki

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tuloksena sain rakennettua toimivan oppimisympäristön rakennusautomaation ja ilmastoinnin opiskeluun. Alun perin tavoitteenani oli tehdä koulutusmateriaalia ja laboratoriotöitä liittyen rakennettuun järjestelmään, mutta työmäärä olikin suunniteltua suurempi, joten aikaa ei siihen enää riittänyt. Työn laajuuden vuoksi tein tiivistä yhteistyötä opinnäytetyönohjaajani kanssa, jotta työn toiminnallinen osuus saadaan tehtyä ennen, kuin laboratoriotilan rakennustyöt aloitetaan. Lisäksi työn loppuvaiheessa järjestimme ohjaajani kanssa koulutustilaisuuden ilmastointikoneita myöhemmin käyttäville opettajille.

Työssäni automatisoin ilmastointikoneen vain esityönä, koska ilmastointikoneen sijoituskohteena toimiva laboratoriotilojen rakennustyöt aloitettiin vasta myöhemmin. Tästä syystä kojeen toimintatestauksia ja säätöpiirien virituksia ei voitu tehdä tässä vaiheessa, vaan niiden tekeminen jää kojeen käyttäjille. Kuitenkin ilmastointikoneen I/O-pisteet, lukitukset ja hälytykset voitiin testata toimiviksi.

Kuten kehitystyössä yleensä tapana on, tässäkin työssä ei päästy valmiiseen ja täydelliseen kokonaisuuteen. Ensimmäisinä kehityskohteina sekaisin englantia ja suomea käyttävän ohjelman voisi kääntää kokonaan kotimaankielelle ja automaatiolaitteen voisi kytkeä verkkoon, jolloin kojetta voisi hallita etävalvomon tavoin. Käyttöliittymän web-visualizationia, eli operointia web-selaimella en saanut itse jostain syystä toimimaan useista yrityksistä huolimatta, joten sen toiminnan selvittäminen jää kojetta käyttäville opettajille. Ensimmäisinä kehityskohteina voisi olla myös WAGO:n paikallinäytön hankkiminen ja puhallinmoottoreiden väyläohjauksen hyödyntäminen. Alakeskukseen voi lisätä myös muita väylään liitettäviä laitteita, esimerkiksi koululta löytyviä hiilidioksidipitoisuuksien ja lämpötilojen mittalähtimiä. Ohjelman voisi muuttaa reagoimaan hiilidioksidin korkeaan pitoisuuteen huoneilmassa, jolloin puhaltimet kävisivät tehostuskäytöllä. Huoneen lämpötilamittaus on lisätty ohjelmaan valmiiksi. Lämpötilamittauksen voisi myös lisätä ilmastointikoneen lämmöntalteenoton poistupuolen läheisyyteen, jolloin ohjelmaan voi lisätä laskennan lämmöntalteenoton hyötysuhteesta. Jäähdytyksen ohjaukseen käytetty Ouman EHR jänniteohjattu rele voitaisiin poistaa kokonaan ilmastointikoneen sähkökeskuksesta, jolloin jäähdytyksen ohjauksen voisi toteuttaa kokonaan ohjelmallisesti. Samalla päästäisiin eroon ainoasta 24 VAC jännitettä käyttävästä laitteesta.

Oppimisympäristönä käytettyä ilmastointikonetta voi käyttää monipuolisesti rakennusautomaation ja ilmastoinnin opetukseen. Kojeen kaikkia laitteita voi ohjata erikseen ja varsinkin puhaltimien toimintaan voi perehtyä hyvin syvällisesti. Erilaisia hälytystilanteita voi simuloida ja ne voisi jälleenvälittää puhelimeen. Säätoipiirien virityksiä voi harjoitella ja kokeilla, millä viritysmenetelmällä saadaan paras viritustulos aikaiseksi. Tilanteita simuloidessa tulee ottaa kuitenkin huomioon, että jälkilämmityspatteri ei pääse jäätymään missään tilanteessa.

Opinnäytetyö oli hyvin mielenkiintoinen ja opettavainen kokemus. Alkuun en tiennyt paljonkaan ilmastointikoneiden toiminnasta ja suunnitteludokumenttien tekeminen tuotti ensin vaikeuksia. Sain kuitenkin opinnäytetyön tekemiseen melko vapaat kädet ja työkokonaisuudessaan oli miellyttävään tulokseen saatettu oppimisprosessi. Työn laajuus tuli yllätyksenä, sillä sekä suunnitelmiin että kehityskohteisiin tuli jatkuvasti muutoksia ja lisäyksiä. Valmiin ohjelmapihjan ymmärtämiseen meni paljon aikaa, sillä sitä ei ole automaatiolaittevalmistajan toimesta dokumentoitu riittävän tarkasti. Käyttöliittymän osalta aikaa vei sen saattaminen käyttäjäystävälliseksi. Tätä rajoittaa osaltaan automaa-

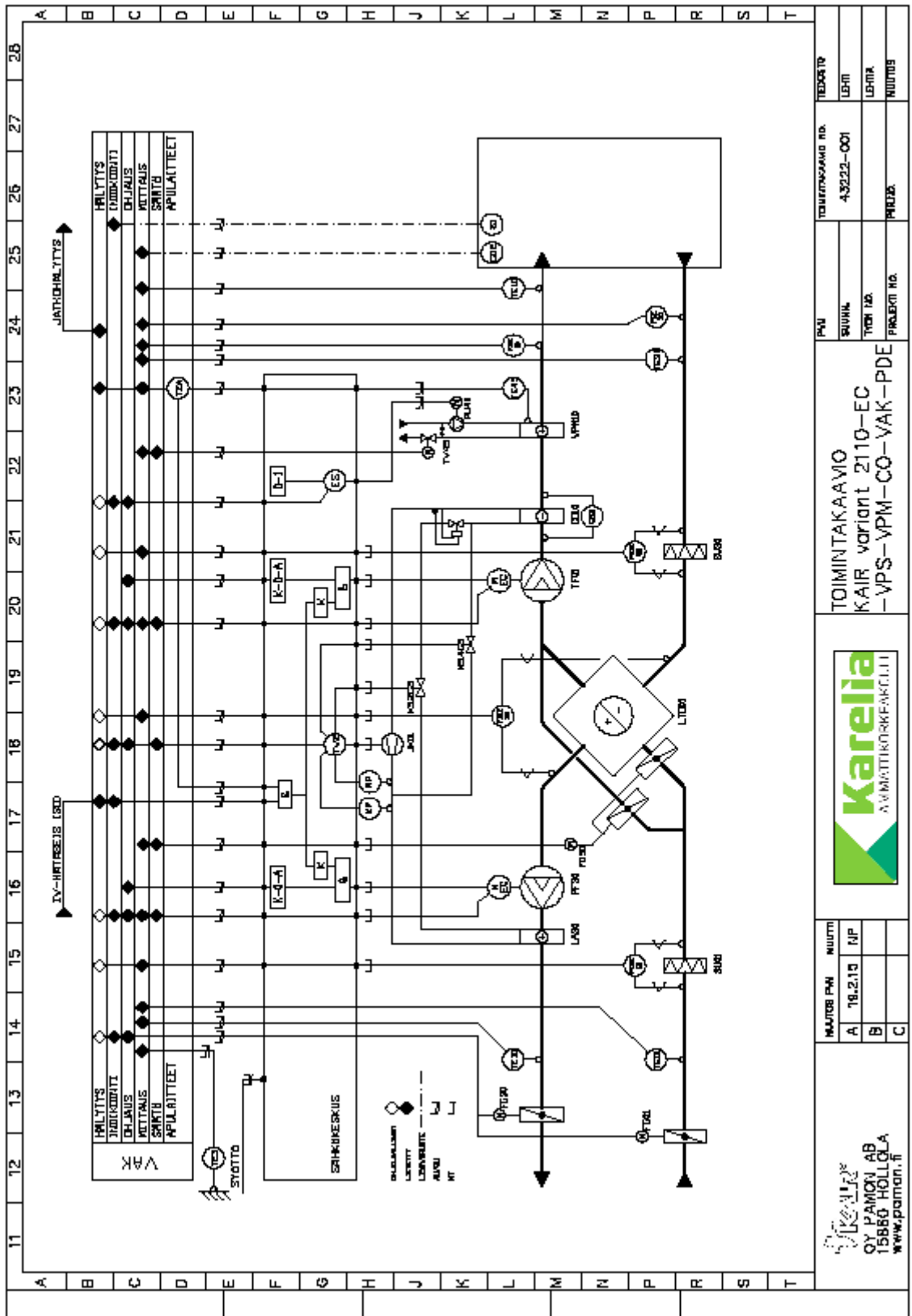
tiolaitteen ohjelmointiin käytetty CODESYS-ohjelmointiympäristön vanhempi versio V2.3. Olen kuitenkin tyytyväinen opinnäytetyön lopputulokseen. Oppimisympäristöä on mahdollista laajentaa ja jatkokehityksiä voi toteuttaa opinnäytetöinä.

Lähteet

1. Sandberg, E. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointiteknikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy. 2014. ISBN 978-952-99770-6-2.
2. Sähkötieto Ry. Rakennusautomaatiojärjestelmät. ST-käsikirja 17. Espoo: Sähköinfo Oy. 2012. ISBN 978-952-231-059-0.
3. Sähkötieto Ry. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. ST-käsikirja 22. Espoo: Sähköinfo Oy. 2008. ISBN 978-952-5600-94-0.
4. Ympäristöministeriö. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Luettu 26.3.2015. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf
5. Harju P. Ilmastointiteknikan oppikirja 1. Kouvola: Penan Tieto-Opus Ky. 2008. ISBN 978-952-67003-2-8.
6. Sisäilmayhdistys Ry. Ilmanvaihdon perusteet. 2015. Luettu 7.4.2015. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/paasivuista-toinen/ilmanvaihdon-perusteet/>
7. Harju P. Talotekniikan automaatio. Kouvola: Penan Tieto-Opus Ky. 2006. ISBN 951-98799-6-X.
8. WAGO kontakttechnik GmbH & Co. KG. WAGO-I/O-SYSTEM 750 Manual. 9.1.2015. Luettu 2.4.2015. Saatavissa: https://eshop.wago.com/JPBC/singleview/getFile.hbc?fName=00301266_0.pdf&FName=m07500881_00000000_0en.pdf
9. WAGO kontakttechnik GmbH & Co. KG. Modular WAGO-I/O-SYSTEM, IP 20 (750/753 Series). 2015. Luettu 2.4.2015. Saatavissa: <http://www.wago.us/products/components-for-automation/modular-io-system-series-750-753/overview/>
10. WAGO kontakttechnik GmbH & Co. KG. 750-881. PLC - ETHERNET Programmable Fiedbus Controller. 5.1.2015. Luettu 2.4.2015. Saatavissa: http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_dat/d07500881_00000000_0en.pdf
11. WAGO kontakttechnik GmbH & Co. KG. 750-402. 4-Channel Digital Input Module 24 V DC. 5.1.2015. Luettu 2.4.2015. Saatavissa: http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_dat/d07500402_00000000_0en.pdf
12. WAGO kontakttechnik GmbH & Co. KG. 750-504. 4-Channel Digital output Module 24 V DC. 5.1.2015. Luettu 2.4.2015. Saatavissa: http://www.wago.com/wagoweb/documentation/753/eng_dat/d07530504_00000000_0en.pdf
13. WAGO kontakttechnik GmbH & Co. KG. 750-464. 2-/4-Channel Analog Input Module for RTDs. 23.8.2010. Luettu 3.4.2015. Saatavissa: http://www.wago.com/wagoweb_china/public/750/eng_dat/d07500464_00000000_0en.pdf
14. WAGO kontakttechnik GmbH & Co. KG. 750-459. 4-Channel Analog Input Module ± 10 V/0-10 V. 5.1.2015. Luettu 3.4.2015. Saatavissa: http://www.wago.com/wagoweb/documentation/753/eng_dat/d07530459_00000000_0en.pdf
15. WAGO kontakttechnik GmbH & Co. KG. 750-559. 4-Channel Analog Output Module ± 10 V/0-10 V. 5.1.2015. Luettu 3.4.2015. Saatavissa: http://www.wago.com/wagoweb/documentation/753/eng_dat/d07530559_00000000_0en.pdf

16. WAGO kontakttechnik GmbH & Co. KG. 750-653. Serial Interface RS-485. 5.1.2015. Luettu 3.4.2015. Saatavissa: http://www.wago.com/wagoweb/documentation/753/eng_dat/d07530653_00000000_0en.pdf
17. Oy Pamon Ab. KAIR Variant 2110-EC lämmöntalteenottokone. 2015. Luettu 15.4.2015. Saatavissa: <http://www.kair.fi/fi/tuotteet/2110-ec>
18. BELIMO Automation AG. NM24A-SR-F Technical data sheet. 2008. Luettu 15.4.2015. Saatavissa: http://www.belimo.fi/pdf/e/NM24A-SR-F_2_0_en.pdf
19. BELIMO Automation AG. LF24, LF24-S Spring return actuators 4 Nm. 2012. Luettu 18.4.2015. Saatavissa: http://www.belimo.fi/pdf/e/LF-2_e4.pdf
20. BELIMO Automation AG. HRY24-SR Technical data sheet. 2007. Luettu 18.4.2015. Saatavissa: www.belimo.ch/pdf/e/HRY24-SR_1_0_en.pdf
21. HK-Instruments Oy. Paine-erolähettimet DPT-R8. 2014. Luettu 18.4.2015. Saatavissa: <http://www.hkinstruments.fi/wp-content/uploads/2013/11/DPT-R8-Datasheet-Suomi-1.0.pdf>
22. HK-Instruments Oy. Paine-erokytkimet PS. 2014. Luettu 18.4.2015. Saatavissa: <http://www.hkinstruments.fi/wp-content/uploads/2013/11/DPT-R8-Datasheet-Suomi-1.0.pdf>
23. ebm-papst Oy. K3G310AX5290 EC-kammiopuhallin. 2014. Luettu 18.4.2015. Saatavissa: <http://www.ebmpapst.fi/fi/tuotteet/EC-Kammiopuhaltimet/EC-Kammiopuhaltimet/K3G310AX5290/pdf>
24. Produal Oy. Säätävä jäätymisvaaratermostaatti JVS 24. 14.8.2008. Luettu 19.4.2015. Saatavissa: <http://www.produal.fi/folders/Files/Tekniset%20esitteet/JVS24a.pdf>
25. WAGO kontakttechnik GmbH & Co. KG. Function Block Descriptions for HVAC Functions. 8.7.2013. Viitattu 21.4.2015. Saatavissa: http://global.wago.com/appnoteadmin/libraries23/Libraries_BA/public/Building_HVAC_03_e.pdf

Toimintakaavio



 <p>Karelia ALUMIINITKORKEAKULU</p>	<p>MAJON PÄI NIUTTI</p> <table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>18.2.10</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		A	18.2.10	NP	B			C			<p>TOIMINTAKAAVIO KAIR variant 2110-EC -VPS-VPM-CO-VAK-PDE</p>		<p>PAU SUUNN. TYÖN YK. PROJEKTIN NÖ.</p>		<p>TEHDOSTY LEHTI LEHTI NIUTTI</p>	
	A	18.2.10	NP														
	B																
C																	
<p>TOIMINTAKAAVIO NÖ. 4.3222-001</p>		<p>PAU SUUNN. TYÖN YK. PROJEKTIN NÖ.</p>		<p>TEHDOSTY LEHTI LEHTI NIUTTI</p>													
<p>QY PAMON AB 15860 HOLLOLA www.pamon.fi</p>																	

Esimerkki toimintaselostuksesta

	KAIR Variant 2110-EC- VPS-VPM-VAK-CO5,5-PDE	TOIMINTASELOSTUS	SUUNNITTELUJA: NP	TIEDOSTO: Kair_toimintaselostus.doc
			PVM: 17.3.2015	SIVU: 1 (4)
RAU				

1. OHJAUKSET

Tuloilmapuhaltimen TF01 ohjaus

Käsikäytimellä (K-O-A) valitaan puhaltimen käyttötila.

Käsi (K) –asennolla puhallin käynnistyy täyteen nopeuteen.

Auto (A) –asennolla puhaltimen nopeusohje (0-10 V) annetaan alakeskuksesta.

Poistoilmapuhaltimen PF30 ohjaus

Käsikäytimellä (K-O-A) valitaan puhaltimen käyttötila.

Käsi (K) –asennolla puhallin käynnistyy täyteen nopeuteen.

Auto (A) –asennolla puhaltimen nopeusohje (0-10 V) annetaan alakeskuksesta.

Lämmityspatterin pumpun PU40 ohjaus

Käsikäytimellä (O-1) valitaan käyttötila.

Kytöksen 1 –asennon lisäksi pumpun ohjaus pitää tulla alakeskuksesta.

Pumppu käy aina, kun ulkolämpötila on alle +10 °C. Ulkolämpötilan noustessa yli +12 °C, pumpun käynnistys poistuu, jos lämmitystarve ei käynnistä pumppua.

Jäähdytyksen ohjaus

Jäähdytystä ohjataan alakeskuksesta (0-10 V), 3,5 V = 50%, 5,5 V = 100% jäähdytysteho. Jäähdytys ei saa kytkeytyä uudelleen, jos kompressori on ollut pois päältä alle 3 minuuttia.

Ulkoi ilma- ja jäteilmapellin ohjaus

Kojeen seisonta-aikana molemmat pellit ovat kiinni.

Pellit ovat varustettu rajakytkimin, josta ilmenee pellin kiinni-auki-asento. Kojeen käynnistyessä pellit avautuvat ja alakeskuksesta saadaan rajatieto, peltien avautumisesta, jonka jälkeen puhaltimet käynnistyvät.

IV-hätä-seis ohjaus

IV-hätä-seis –painiketta painattaessa tulo- ja poistoilmapuhaltimet sammuvat ja pellit sulkeutuvat.

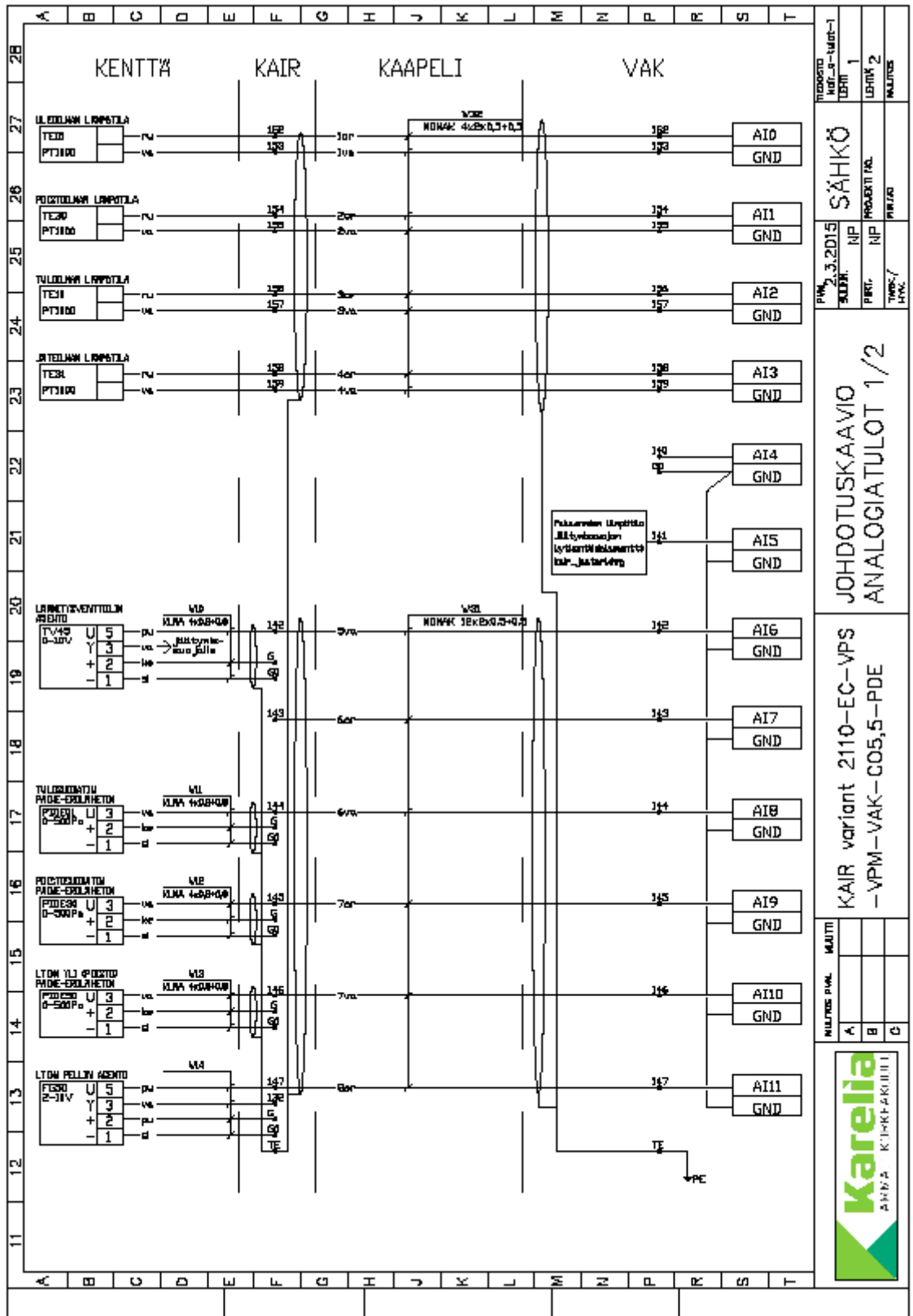
Aikaohjaus (automaatti)

Kojeelle annetaan aikaohjelman viikkokalenteriin viikonpäivä ja kellonaika, jolloin koje käy automaattiohjauksella.

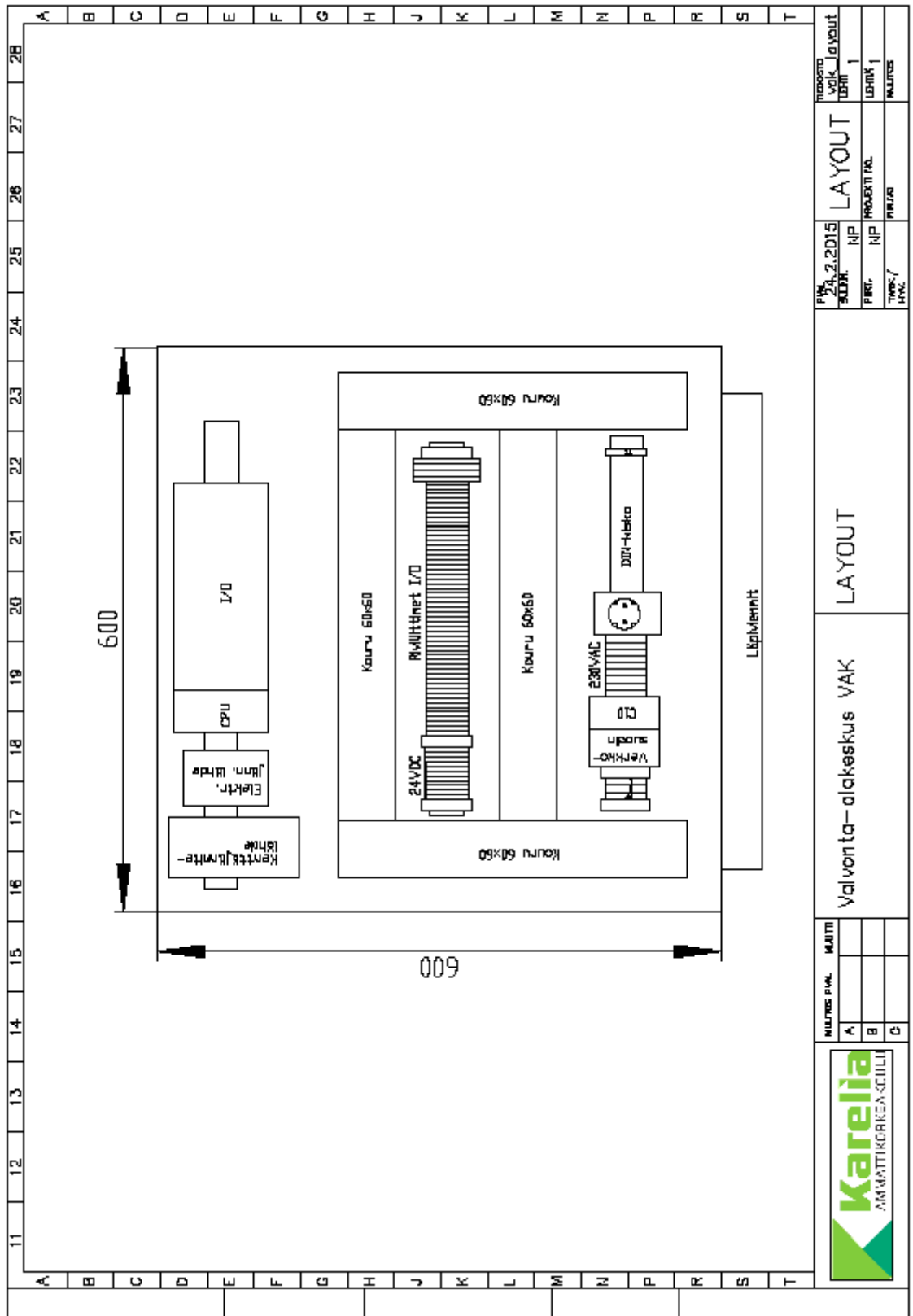
Käsiohjaus (manuaali)


Kojeen voi asettaa käsiohjaukselle alakeskuksesta valvomosta.

Esimerkki analogiatulojen johdotuskaaviosta

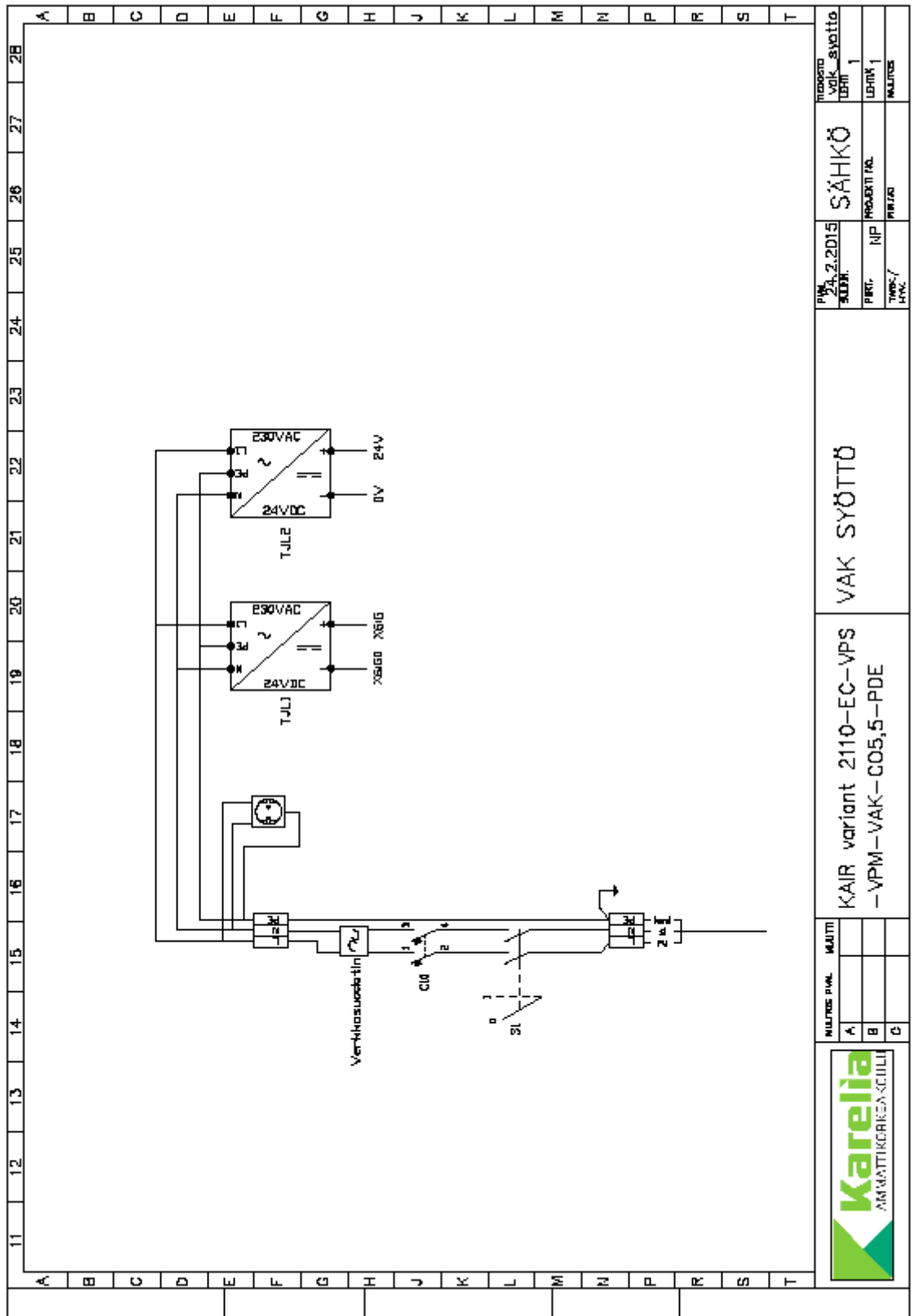


Alakeskuksen layout



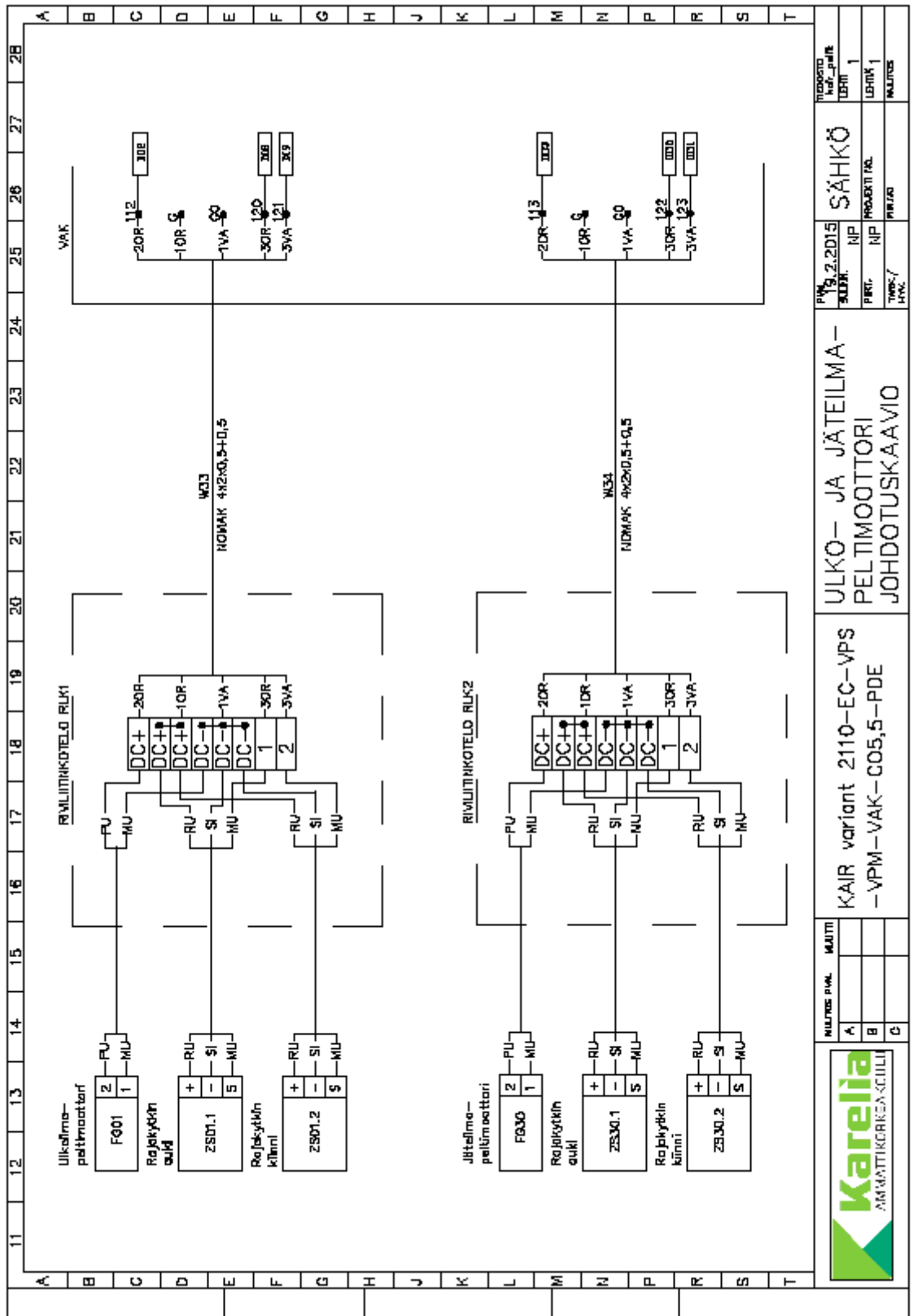
			MILLINUS PÄIV. MAJUTTI A B C			Valvonta-alakeskus VAK			LAYOUT			PÄIV. 2.2015 SUUNN. NP PIIRIT. NP TARK. / KVV.			LAYOUT PROJEKTI NAL PII/10			KOKOON- LÖYK- LEHTI 1 LEHTI 1 KALLIOS		
---	--	--	---------------------------------------	--	--	------------------------	--	--	--------	--	--	---	--	--	----------------------------------	--	--	---	--	--

Alakeskuksen syöttö



			MILLINEN PÄIV. MAJITI A B C			KAIR variant 2110-EC-VPS -VPM-VAK-C05,5-PDE			VAK SYÖTTÖ			PÄIV. 2.2015 SUOMI PIRTI NP TMSK / LKVC			SÄHKÖ PROJEKTI PVL PIRI/JO			KOKOVED VAK-SYÖTTÖ LEHTI 1 LEHTI 1 KALLIUS		
---	--	--	--------------------------------------	--	--	--	--	--	------------	--	--	---	--	--	----------------------------------	--	--	--	--	--

Ulko- ja jäteilmapeltien johdotuskaavio



KARELIA AMMATTIKORKEAKOULU			MILITEK PÄIV.			MÄLITTI			KAIR variant 2110-EC-VPS -VPM-VAK-C05,5-PDE			ULKO- JA JÄTEILMA- PELTIMOOTTORI JOHDOTUSKAAVIO			PÄIVÄ 2.2.2015 SUORIT. NP			SÄHKÖ			TILINPÄÄTYS		
			A			B			C			PROJECT VAL.			PROJECT NP			LEHTIK 1			LEHTIK 1		
												PÄIVÄ			NP			NP			MILITEK		

