

## Poistoilmapuhaltimien automatiikan modernisointi

Peetu Kumpuniemi

Sähkötekniikan opinnäytetyö  
Automaatio  
Insinööri (AMK)

KEMI 2013

## TIIVISTELMÄ

## KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikka, automaatio
Opinnäytetyön tekijä:	Peetu Kumpuniemi
Opinnäytetyön nimi:	Poistoilmapuhaltimien automatiikan modernisointi
Sivuja (joista liitesivuja):	83 (31)
Päiväys:	23.4.2013
Opinnäytetyön ohjaajat:	Ins. Eino Pesola Ins. Seppo Penttinen Projektipäällikkö, Petri Waara
<p>Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Sähköpalvelu J. Yrjänheikki Oy. Opinnäytetyön aiheena oli poistoilmapuhaltimien automatiikan modernisointi. Projektissa modernisoitiin perinteinen 2-nopeuksinen poistoilmanvaihtojärjestelmä rakennusautomaatiojärjestelmällä ohjattavaksi. Opinnäytetyössä käytiin läpi seuraavat projektin vaiheet: suunnittelu, ohjelmointi, asennus, testaus ja käyttöönotto.</p> <p>Kellokytkimillä ohjattu poistoilmavaihtojärjestelmä toimii ainoastaan kahdella eri vakionopeudella ja on riippumaton kanavapaineen muutoksista. Huoneistoa tuuletettaessa aiheutuu oikosulkuvirtaus poistoilmakanavaan, mikä aiheuttaa joissakin huoneistossa ilmamäärän laskua ja talvella huoneistojen ikkunoiden huurtumista. Automaatiojärjestelmällä toteutettu ohjaus reagoi kanavapaineen muutoksiin ja ohjaa puhaltimien käyntiä sen mukaan.</p> <p>Teoriaosuuden lähteinä olivat pääasiassa ST-käsikirja 17 ja 21, sekä rakennusten ilmanvaihtoa ja sisäilmastoa käsittelevät julkaisut. Opinnäytetyön työvaiheessa suurimpana apuna toimi yrityksenpuolen ohjaaja. Lisätietoa grafiikka- ja IEC-ohjelmoinnista saatiin Fidelix-manuaaleista.</p> <p>Opinnäytetyössä saatiin aikaan automaattisesti toimiva poistoilman puhallusjärjestelmä, joka reagoi paineen ja lämpötilan muutoksiin. Järjestelmä mahdollistaa tekstiviestiohjaus- ja hälytystoiminnot.</p>	
Asiasanat: automaatio, ilmanvaihto, ilmanvaihtolaitteet, kerrostalot, saneeraus.	

## ABSTRACT

## KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Electrical Engineering, Automation
Author:	Peetu Kumpuniemi
Thesis title:	Modernization of Exhaust Air Control System
Pages (of which appendixes):	83 (31)
Date:	23 April 2013
Thesis instructors:	Eino Pesola, Engineer Seppo Penttinen, Engineer Petri Waara, Project Manager
<p>The work was commissioned by Sähköpalvelu J. Yrjänheikki Oy. The topic was modernization of an exhaust air control system. The conventional 2-speed exhaust air control system was modernized into a system controlled by a building automation system. The work covers all the phases of the project: design, programming, installation, testing and commissioning.</p> <p>The time switch controlled exhaust air control system works with two different constant speeds only and is independent of the pressure changes in the air duct. When an apartment is being ventilated, it causes a flow-through to the exhaust air duct, which causes a lower amount of air in other apartments and causes frosted windows in winter. An exhaust air system controlled by automation responds to the change of pressure and controls the running speed of the fans.</p> <p>The information sources of the theoretical part were ST-käsikirja 17 and 21, as well as publications that deal with ventilation and indoor air. The working phase finished off with the help of the company supervisor. Further information of graphic and IEC programming was collected from Fidelix-manuals.</p> <p>The result of the project was an automatically working exhaust air control system that reacts to pressure and temperature changes. The system enables text-message control and alarm functions.</p>	
<p>Keywords: automation, ventilation, ventilation installations, multistorey buildings, reconstruction.</p>	

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT .....	3
SISÄLLYS .....	4
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 RAKENNUSAUTOMAATIO .....	8
2.1 Toiminteet.....	8
2.2 Suunnittelu .....	9
2.3 Järjestelmän rakenne .....	10
2.4 Kenttälaitteet .....	12
2.5 Säättöpiirit .....	13
2.6 Ohjaukset .....	14
2.7 Käyttö ja huolto.....	15
2.8 Hyödyt .....	16
2.9 Määräykset ja standardit .....	17
3 VÄYLÄTEKNIikka.....	18
4 SISÄILMASTO.....	20
4.1 Muodostuminen.....	20
4.2 Vaatimukset .....	21
4.3 Laatuun vaikuttava tekijät.....	21
5 ILMANVAIHTO.....	22
5.1 Toteutus .....	22
5.2 Kriteerit.....	23
5.3 Kunnossapito.....	24
6 TAAJUUSMUUTTAJA .....	25
6.1 Mitsubishi FR-D700.....	26
7 FIDELIX .....	29
7.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä.....	29
7.2 FX-Spider-40 .....	30
8 SANEERAUSPROJEKTI.....	31
8.1 Pisteluettelon suunnittelu .....	32
8.2 Grafiikan suunnittelu .....	36

8.3	ST-ohjelmointi .....	39
8.4	Kytkenäkotelot .....	44
8.5	Kenttätyöt.....	45
8.6	Testaus ja säätö .....	48
8.7	Käyttöönotto.....	49
9	POHDINTA .....	50
	LÄHTEET .....	51
	LIITTEET.....	52

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

HTP	Haitalliseksi tunnettu pitoisuus
RAU	Rakennusautomaatio
IMS	Ilmamääräsäätöinen
TCP	Transmission Control Protocol
ISM	Industrial, Scientific and Medical
EC	Electronically Communicated D.C. motor
RTU	Remote Terminal Unit
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
EMC	Electromagnetic Compatibility
FTP	File Transfer Protocol

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Sähköpalvelu J. Yrjänheikki Oy:lle. Sähköpalvelu J. Yrjänheikki Oy on Pohjois-Suomen alueella toimiva sähköalan yritys. Yrityksen palveluihin kuuluvat muun muassa sähköasennukset, heikkovirta-asennukset, automaatioasennukset ja erilaiset mittaukset. Yrityksen päätoimipiste sijaitsee Keminmaassa ja muut toimipisteet Oulussa ja Utsjoella.

Opinnäytetyön aiheen sain Sähköpalvelu J. Yrjänheikki Oy:n projektipäälliköltä Petri Waaralta. Työn aiheena oli Oulussa sijaitsevan Valtakatu 36 kerrostalon poistoilmapiuhaltimien ohjausten modernisointi Fidelix-rakennusautomaatiojärjestelmällä. Valitsin työn aiheen, koska se vaikutti kiinnostavalta ja pääsin aloittamaan opinnäytetyön tekemisen nopealla aikataululla.

Työn tavoitteena oli muuttaa vanha kellokytkimillä toimiva 2-nopeuksinen järjestelmä rakennusautomaatiojärjestelmällä toimivaksi. Automaatiojärjestelmä ohjaisi taajuusmuuttajien avulla poistoilmapiuhaltimien käyntiä siten, että kanavapaine pysyisi vakiona. Tarkoituksena saada jokaiseen huoneistoon vakioilmamäärä ja tällä tavoin parantaa sisäilmaston laatua. Jos jossain huoneistossa aikaisemmin tuuletettiin, se aiheutti oikosulkuvirtauksen tuuletusikkunan ja poistoilmakanavan välille. Oikosulkuvirtaus aiheutti toisissa huoneistoissa ilmamäärän laskua, mikä ilmeni talvella ikkunoiden huurtumisena. Uusi järjestelmä mahdollisti myös pakkasraja- ja yötuuletusasetukset, sekä tekstiviestiohjaus- ja hälytystoiminnot.

Työn vaiheet olivat: esiselvitys, suunnittelu, ohjelmointi, asennus, testaus ja käyttöönotto. Esiselvitysvaiheessa perehdyttiin omatoimisesti rakennusautomaatiojärjestelmiin ja rakennusten ilmanvaihtotekniikkaan. Varsinaisissa työvaiheissa työskentely tapahtui suurimmaksi osaksi ohjatusti yrityksen opinnäytetyöohjaajan Petri Waaran kanssa. Asennusvaiheessa mukana oli myös Sähköpalvelu J. Yrjänheikki Oy:stä Mika Kangas, joka vastasi kovanpuolen asennuksista.

## 2 RAKENNUSAUTOMAATIO

Rakennusautomaatio on prosessiautomaatioon verrattava automaatioryhmä. Molemmat ryhmät sisältävät samankaltaisia ominaisuuksia ja toimintoja. Valvonta- ja säätökohteet kuitenkin poikkeavat niin paljon toisistaan, että on tarpeellista luokitella ne erillisiksi ryhmiksi. (Värjä & Mikkola 2008, 5)

Yleisesti automaatiojärjestelmällä tarkoitetaan sellaista kokonaisuutta, joka valvoo ja ohjaa prosessia. Tällöin rakennusautomaatiojärjestelmän tehtävä on automaattisesti säätää, valvoa ja ohjata rakennuskohtaisia toiminteita, sekä vika- ja häiriötilanteissa antaa hälytys prosessin tilasta. Pääasiassa rakennusautomaatiolla hallitaan kiinteistöjen LVIS-prosesseja. Järjestelmään voidaan integroida muita toiminteita, kuten esimerkiksi kulunvalvonta ja murtohälytys, jolloin voidaan alkaa jo puhua kiinteistöautomaatiosta. (Piikkilä & Sahlstèn 2006, 9)

### 2.1 Toiminteet

Toiminteet ovat projektikohtaisia käyttäjän tarpeista koostuvia toiminnallisia ominaisuuksia. Rakennukseen tulevat toiminteet ja niiden käyttöliittymä suunnitellaan projektikohtaisesti. Pääasiallisina kohteina ovat rakennuksen LVIS-prosessit, liittyen sisäolosuhteiden luomiseen. Uudisrakentamisessa voidaan ottaa huomioon paremmin käyttäjän tarpeet, jo suunniteltaessa taloteknisiä ratkaisuja. Vanhoissa kohteissa rakennusautomaatiojärjestelmän ja sen toiminteiden lisäys tapahtuu pääasiassa saneerauksien yhteydessä. Alla on listattu, mitä toiminteet voisivat esimerkiksi olla:

- huoneolosuhteiden hallinta
- valaistuksen hallinta (paikallinen ohjaus, läsnäolo-ohjaus)
- lämpötilan hallinta (lämmityksen ja jäähdytyksen säätö)
- ilmanvaihto-, lämmitys-, jäähdytys- yms. LVI-järjestelmien säätö, ohjaus ja valvonta
- kulunvalvonta ja videovalvonta
- henkilöliikenteen ohjaus
- murtohälytysvalvonta
- paloilmoitustoiminnot
- energian hallinta



- sähkönlaadun valvonta
- autolämmitys ohjaus
- aikaohjaus
- ulkolämpötilaohjaus
- ovilukitusten ohjaus
- informaatiotoiminteet.

(Piikkilä & Sahlstèn 2006, 42-43)

## 2.2 Suunnittelu

RAU-järjestelmän suunnittelu aloitetaan tarvekartoituksella. Tarvekartoituksessa määritetään, mitä ominaisuuksia järjestelmältä vaaditaan. Lähtökohtana on, että selvitetään rakennuksen omistajien, käyttäjien ja ylläpitäjien tarpeet. Näiden tarpeiden perusteella lähdetään suunnittelemaan toimiva, laajennettava ja edullinen järjestelmä. (Härkönen, Mikkola, Piikkilä, Sahala, Sahlstèn, Sandström, Sirviö, Spangar & Sulku 2012, 167)

Tarvekartoituksen jälkeen seuraa hankesuunnittelu. Hankesuunnittelussa määritellään lähtötietojen ja tarvekartoituksen perusteella hankkeen laajuus-, laatu-, kustannus- ja aikataulutavoitteet. Yksi tärkeimmistä asioista on määrittellä kohteen RAU-järjestelmä. Järjestelmän tärkeimpiä valintakriteereitä ovat valvontaominaisuudet, laajennettavuus, muuntojoustavuus, energiatehokkuus ja integrointitarpeet. (Härkönen ym. 2012, 171)

Hankesuunnittelusta seuraava askel on luonnossuunnittelu. Luonnossuunnittelussa luodaan lähtötietojen perusteella luonnokset mallikaavioista. Mallikaavioehdotusten perusteella luodaan luonnos järjestelmäkaaviosta ja kirjoitetaan kaaviolle toimintakuvaus. Lähtötiedot on syytä tarkistaa, jotta luonnokset vastaavat aiempia suunnitelmia ja ovat luvanvaraisia. (Härkönen ym. 2012, 171)

Hyväksytyyn luonnossuunnittelun jälkeen alkaa toteutussuunnittelu. Toteutussuunnittelussa tehdään luonnosten perusteella RAU-suunnitelma. Suunnitelma pitää sisällään seuraavat asiakirjat:

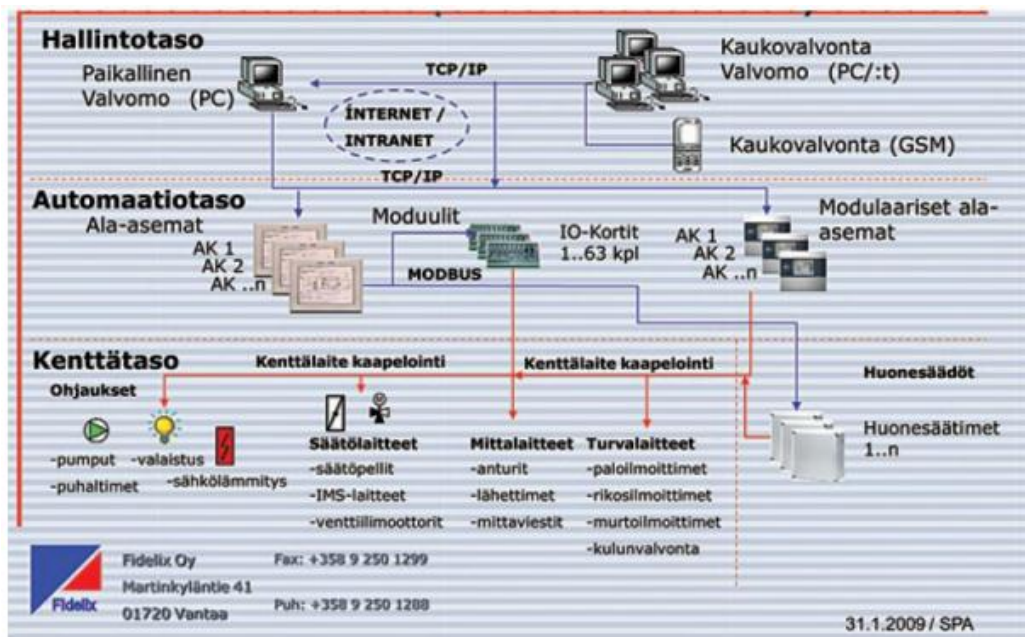
- työselitys
- järjestelmäkaavio
- säätökaaviot

- toimintaselostukset
- pisteluettelot
- laiteluettelo
- asennuspiirustukset.

Suunnitelmat tulee todentaa ja varmistaa, että ne vastaavat tavoitteita ja ovat luvanvaraisia. (Härkönen ym. 2012, 172)

### 2.3 Järjestelmän rakenne

Perinteinen RAU-järjestelmän hierarkkinen rakenne muodostuu kolmesta tasosta (kuvio 1). Järjestelmän tasot ovat hallinto-, automaatio- ja kenttätaso. Ylempi taso määrää aina alempien tasojen toimintaa, hallintotaso määrää automaatiotasoa ja tätä kautta myös kenttätasoa. (Härkönen ym. 2012, 93)



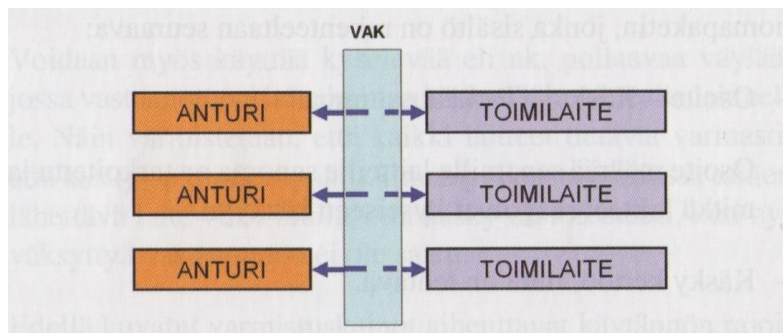
Kuvio 1. RAU-järjestelmän hierarkia (Härkönen ym. 2012, 94)

Hallintotasoon kuuluvat paikallisvalvomot ja etävalvomot. Paikallisvalvomot ovat yleensä yhteydessä automaatiotasoon LAN-yhteyden kautta ja etävalvomot internet-yhteyden kautta. Molemmissa tapauksissa käytetään TCP-IP-protokollaa. Hallintaso toimii yleensä rajapintana järjestelmän käyttäjille, valvomosta voidaan tarkkailla graafisesti prosessin toimintaa, tehdä haluttuja muutoksia asetusarvoihin ja lukea hälytykset. Pienissä kohteissa ei yleensä ole valvomoita ja etäyhteyden muodostaminen vaatii jär-

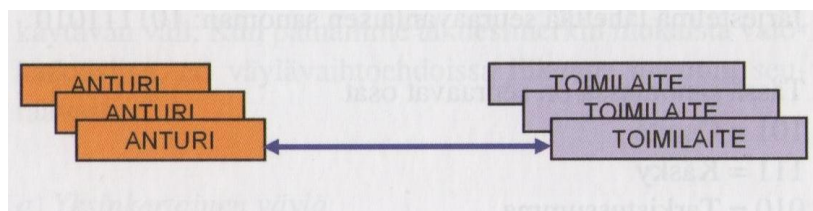
jestelmän kytkemistä internetiin. Hälytykset tuodaan tällöin monesti gsm-modeemin kautta puhelimeen, mitä kautta voidaan valvoa järjestelmän tilaa. Puhelimen kautta voi olla myös mahdollista säätää asetusarvoja tekstiviestillä. (Härkönen ym. 2012, 94)

Automaatitiasoon kuuluvat ala-asetat ja alakeskukset eli ns. automaatiojärjestelmät ja niihin liittyvät I/O-moduulit. Ala-asetassa voi olla kiinteät I/O-pistemäärät tai vaihtoehtoisesti irrallaan oleva I/O-moduuli, joka voidaan hajauttaa itse älystä. Irrallisia I/O-moduuleita voi olla myös useampia liitettynä ala-asetan CPU:hun. Itse ala-asetamia voi myös olla useampia samassa kokonaisjärjestelmässä. Tällöin ne ovat väyläyhteydessä toisiinsa. Ala-asetmien tehtävä on ohjata niillä kuuluvaa prosessia. Yleensä prosessin säätö tapahtuu ala-asetasta. (Härkönen ym. 2012, 94)

Kenttätasoon kuuluvat toimilaitteet, anturit ja kentällä olevat säätimet. Kenttätasolla voi olla myös I/O-moduuli, mikäli se on hajautettu ala-asetasta. Kentällä olevat laitteet voivat olla perinteisessä yhteydessä, jolloin eri laitteilla ei ole vuorovaikutusta, vaan esimerkiksi yksi anturi ohjaa tiettyä toimilaitetta (kuvio 2). Laitteet voivat olla myös väyläyhteydessä, jolloin laitteet ovat samassa väylässä. Tällöin tietoa voidaan lähettää yhdeltä laitteelta useammalle (kuvio 3). (Härkönen ym. 2012, 95; Piikkilä & Sahlstèn 2006, 12-13 )



Kuvio 2. Perinteinen malli (Piikkilä & Sahlstèn 2006, 13)



Kuvio 3. Väyläyhteys (Piikkilä & Sahlstèn 2006, 13)

## 2.4 Kenttälaitteet

Anturit ovat yleisin kenttälaitetyyppi ja suurin osa RAU-järjestelmään liitetyistä antureista ovat lämpötila-, paine-ero- ja paineantureita. Antureiden tyyppi, rakenne ja asennustapa vaihtelee käyttökohteen mukaan. Käytetyimpiä lämpötila-antureita ovat Pt100, Pt1000, Ni1000, NTC10k ja NTC20k. Joiden mittaus perustuu mittauselementin resistanssin muutokseen. Muita RAU-järjestelmässä käytettyjä antureita voivat olla esimerkiksi:

- suhteelliset kosteusanturit
- kaasuanturit
- CO<sub>2</sub>-anturit
- ilmanlaatuanturit
- valoisuusanturit
- läsnäoloanturit
- vesivuotoanturit
- pinnankorkeusanturit.

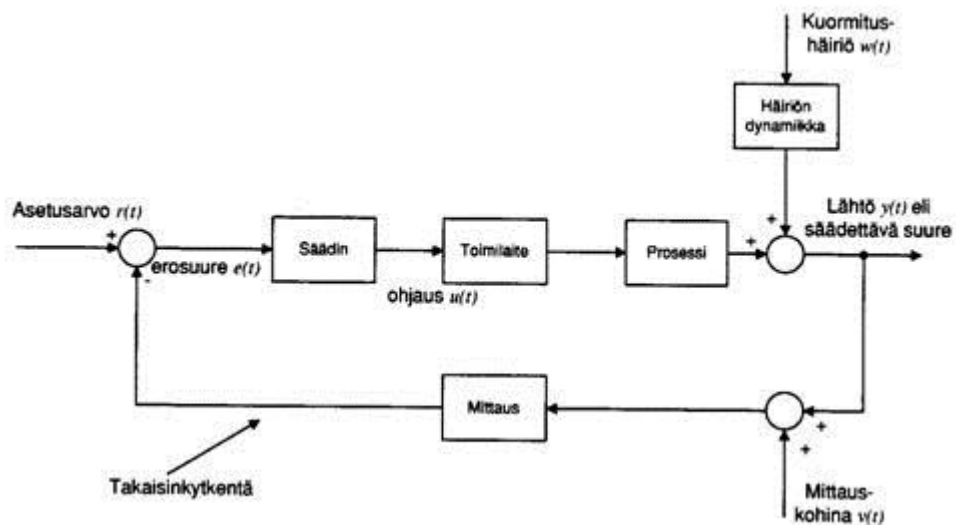
(Härkönen ym. 2012, 115-119)

Venttiilit ja pellit ovat oleellinen osa LVI-tekniikkaa. Venttiilejä käytetään pääasiassa veden ohjaamiseen ja peltejä ilman ohjaamiseen. Yleisen venttiilityyppi on istukkaventtiili, muita venttiilityyppejä ovat pallo-, magneetti-, läppä- ja pienventtiili. Pellit ovat toimilaitteella ohjattavia päälle/pois-tyyppisiä tai suhteellisesti ohjattavia. Erilaisia peltijärjestelmiä ovat palonrajoittimet, IMS- ja savunpoistojärjestelmä. Muita toimilaitteita ovat pumput ja tuulettimet, joita pyörittää sähkömoottori. Moottori voi olla EC-moottoreita tai taajuusmuuttajalla ohjattuja oikosulkumoottoreita. EC-moottorit ovat energiatehokkaampi vaihtoehto. (Härkönen ym. 2012, 125-128)

Kenttälaitteiden johdotuksissa tulee toimia järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaisesti. Järjestelmissä on sen verran eroja, että kaapelointi voi vaihdella toimilaitteen ja mittausperiaatteen mukaan. Pääasiassa anturit ja lähettimet kaapeloidaan suojatulla parikaapelilla kuten NOMAK ja KLMA. Toimilaitteiden käyttöjännitteille ja 230VAC:n ohjauksille voidaan käyttää MMJ- ja MM0-tyyppisiä kaapeleita. Automaatiotason väylä liitetään nykyisin ethernet-verkkoon TCP/IP-protokollan mukaisesti. Alemmillä tasoilla väylän kaapelointi tapahtuu yhdellä tai kahdella johdinparilla, kaapelina toimii yleensä NOMAK, JAMAK tai LONAK. (Härkönen ym. 2012, 134)

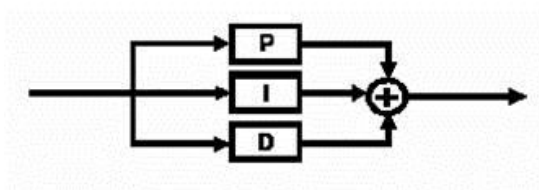
## 2.5 Säätiipiirit

Järjestelmän oikean säätötavan valitseminen ja säädön viritäminen on tärkeää prosessin toiminnan kannalta. Huonosti toimivat ja viritetyt säädöt kuluttavat turhaa energiaa ja lyhentävät toimilaitteiden elinikää. Järjestelmän toiminnan kannalta säätöpiirien toimintaa tulisi seurata säännöllisesti. Järjestelmän toiminta on helposti tarkistettavissa valvon näytöltä prosessikaaviosta tai trendikaavioista. (Härkönen ym. 2012, 229)



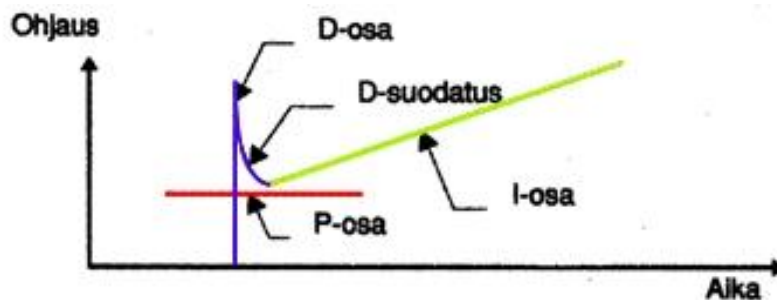
Kuvio 4. Takaisinkytketyn säätöpiirin peruskomponentit (Oulun seudun ammattikorkeakoulu 2009, hakupäivä 29.1.2013)

Säätötekniikan perusta on takaisinkytketty säätöpiiri (kuvio 4). Säätöpiirin tehtävä on pitää lähtösuure asetusarvon suuruisena. Mittaus vertailee lähtöarvoa ja asetusarvoa. Jos arvoilla on eroa, tieto menee säätimelle, joka ohjaa toimilaitetta suureen mukaisesti. Toimilaite ohjaa itse prosessia. Mittauksen ollessa käytössä ja piirin toimitila automaattilla, puhutaan suljetusta piiristä. Käsiohjauksella piiri olisi avoin. (Oulun seudun ammattikorkeakoulu 2009, hakupäivä 29.1.2013)



Kuvio 5. PID-säädin (Oulun seudun ammattikorkeakoulu 2009, hakupäivä 29.1.2013)

90 % prosessien säädöistä tapahtuu PID-säätimen avulla. PID-säädin jakaa ohjauksen kolmeen eri viritysparametriin (kuvio 5). Säätimen vahvistus -osa (P) määrittää perustason säädölle. Integrointiosan (I) tehtävä on poistaa jatkuvuustilan virhe, mikäli on ero suuretta, integrointiosa kasvattaa säädinosa arvoa. Derivointiosa (D) nostaa säätimen ohjauksen äkillisesti ylös, derivointia tulee suodattaa, jotta vaikutusaikaa saadaan muutettua ja vaikutusta vaimennettua. PID-säätimen käyttäytyminen ilmenee paremmin kuviosta 6. (Oulun seudun ammattikorkeakoulu 2009, hakupäivä 29.1.2013)



Kuvio 6. PID-säätimen käyttäytyminen

Säätöpiirien virittämisessä voidaan laskennallisesti optimoida tunnusluvut. Lukuja voidaan myös simuloida ja tällä tavoin ennakoita piirin käyttäytymistä. Nykyisin säädöt lasketaan digitaalisesti tietokoneella. Tällä tavoin esimerkiksi RAU-järjestelmän säätäminen voi tapahtua suoraan alakeskuksesta kokeellisesti, kun nähdään suoraan muutoksien vaikutukset trendikaavioista. Samalla saadaan optimoituja säädöt juuri kyseiselle järjestelmälle. (Oulun seudun ammattikorkeakoulu 2009, hakupäivä 29.1.2013)

## 2.6 Ohjaukset

Ohjaukset koostuvat pääosin alakeskusasemaan ladatuista sovellusohjelmista. Sovellusohjelmat ohjaavat prosessin toimintaa, niihin liittyviä I/O-pisteitä ja näiden välisiä riippuvuuksia. Sovellusohjelmointikielien ovat valmistajakohtaisia. Rakennusautomaatiojärjestelmissä ovat Windows-pohjaiset järjestelmät yleistyneet. Näiden ohjelmointiin käytettyjä kieliä ovat C-kieli, Basic ja Pascal. Ohjelmointi voi myös tapahtua grafiikkaan pohjautuvilla sovelluskehittimillä, joissa prosessi kuvataan toimilohkoilla. (Härkönen ym. 2012, 108)

Ohjelmia voi olla monenlaisia, aivan halutuista ohjauksista riippuen. Yleisempi ohjelma tyyppiä ovat säätö-, aika-, tapahtuma- ja energianhallintaohjelmat. Säätöohjelmat koostuvat aikaisemmin mainituista säätöpiireistä. Aikaohjelmat pohjautuvat kalenteritietoihin ja kellonaikaan, jolloin pysäytys- ja käynnistystoiminnot voidaan määritellä ajan ja päivämäärän mukaan. Tapahtumaohjelmat luodaan I/O-pisteiden ja tilamuutosten kautta, eli ohjelmat perustuvat mittaustietoihin. Niillä voidaan tehdä lukituksia, jolloin puhutaan pakko-ohjelmista. Energianhallintaohjelmalla pyritään säästämään energiakustannuksissa. Ne koostuvat useista erityyppisistä sovelluksista. Esimerkkinä energianhallintaohjelmasta voisi olla huoneiden tarpeenmukainen lämmitys, ilmavaihto ja valaistus. (Härkönen ym. 2012, 110-111)

Hälytykset voidaan myös luokitella ohjauksiin. Hälytysohjelmien tehtävä on ilmoittaa käyttäjälle, mikäli laitteisto ei toimi kuten se on ohjelmoitu. Järjestelmään voidaan myös ohjelmoida erilaisia huoltohälytyksiä. Huoltohälytys voi esimerkiksi ilmaista, että suodatin on tukossa ja tarvitsee puhdistuksen. (Härkönen ym. 2012, 233)

## 2.7 Käyttö ja huolto

Rakennusautomaatiojärjestelmän käytöstä vastaa yleensä tilaajan määrittämä käyttäjä, jolle annetaan toimittajan puolesta käyttökoulutus. Lisäksi käyttäjälle voidaan luoda selostus tai ohjekilpi järjestelmän käytöstä. Ohje helpottaa käyttöliittymän käyttöä, vaikka se olisinkin havainnollinen ja looginen. (Härkönen ym. 2012, 158, 258)

Järjestelmän toimivuuden ja luotettavuuden kannalta käyttäjän tulisi seurata, testata ja huoltaa järjestelmää säännöllisesti. Jos järjestelmä pääsee pettämään jostain syystä, siitä voi seurata huomattavat vahingot rakennukselle. Hälytyksiä ja prosessin toimintaa tulisi seurata päivittäin. Viikoittain tulisi tarkastaa silmämääräisesti järjestelmä ja toimilaitteet, kuukausittain raporttien tarkastus. Neljännesvuosittain tulisi tarkastaa hälytysten ja toimilaitteiden toiminta. (Härkönen ym. 2012, 158, 253-254)

## 2.8 Hyödyt

Rakennusautomaatiojärjestelmällä pystytään suoraan vaikuttamaan rakennuksen energiatehokkuuteen. Järjestelmän avulla voidaan optimoida energiankulutus, jolloin vältetään tarpeettomalta kulutukselta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että valaistusta, ilmanvaihtoa ja lämmitystä käytetään tarpeen mukaan. Tällöin säästetään sähkössä, laitteiden käyttöikä pitenee ja rakennuksen päästöt pienenevät. (Härkönen ym. 2012, 51)

Järjestelmä valvoo rakennuksen toiminteita ja antaa hälytyksen virhe- ja häiriötilanteissa. Tieto häiriöistä, vioista ja niiden sijainnista nopeuttaa korjaustoimenpiteitä. Tällöin säästytään suuremmilta vahingoilta. Vähäpätöisimmissä tapauksissa säästytään niiden aiheuttamalta energia hukalta. (Härkönen ym. 2012, 52)

Järjestelmä kerää tietoa toiminnastaan. Tiedoista saadaan raportti, josta voidaan seurata rakennuksen toimintaa. Raportin pohjalta voidaan tarkastella, vertailla ja kehittää rakennuksen toimintaa. Voidaan esimerkiksi seurata energian- tai vedenkulutusta mittausryhmittäin. (Härkönen ym. 2012, 240)

Etäkäyttö ja -valvonta helpottavat rakennukseen liittyviä säätötoimenpiteitä. Aikaisemmin säädöt oli tehtävä paikallisesti. Nykyään säätäminen voidaan suorittaa etäyhteydellä internetin kautta, järjestelmän keräämien tietojen perusteella. Etäkäyttöyhteyden käyttäminen edellyttää, että järjestelmä on kytketty verkkoon. (Härkönen ym. 2012, 247)

Muunnettavuuden ja kehitysmahdollisuuksien ansiosta järjestelmää on helppo muuttaa rakennuksen muuttuessa. Mikäli rakennuksen käyttötarkoitus tai tilat muuttuvat, järjestelmää on helppo laajentaa tai muokata. Ohjaukset ja säädöt voidaan päivittää vastaamaan uusia vaatimuksia. (Härkönen ym. 2012, 250)



## 2.9 Määräykset ja standardit

Viranomaiset ovat säätäneet varsinaisesti rakennusautomaatiota koskeva määräyksiä vähän. Suurin osa huomioon otettavista määräyksistä tulee rakentamiseen, LVI-järjestelmiin ja sähkölaitteisiin koskevista määräyksistä. Rakennusautomaatioon liittyviä standardeja löytyy laajalti. Viranomaismääräyksissä viitatus standardit ovat määräyksiä. Muuten standardeja voidaan pitää ohjeina ja suosituksina. Alla on listattu rakennusautomaatioon liittyviä määräyksiä ja standardeja.

- Suomen Rakentamismääräyskokoelma osat D1, D2, D3, D4, D5 ja E7
- Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 1193/1999
- SFS-standardit ja -käsikirjat
- ST-kortisto
- LVI-kortisto
- KH-kortisto.

(Härkönen ym. 2012, 15-18)

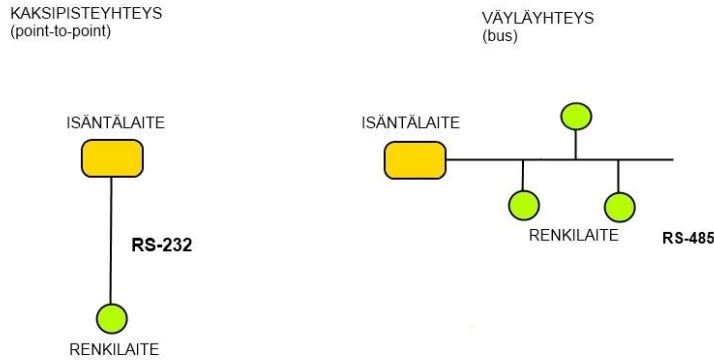
### 3 VÄYLÄTEKNIikka

Väylätekniikalla tarkoitetaan digitaalisia, kaksisuuntaisia väyläliitynnällä varustettuja tiedonsiirtoratkaisuja. Kommunikointi väylässä tapahtuu tietyn yhteiskäytännön eli protokollan perusteella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikki laitteet liitetään samaan väylään, missä laitteiden tiedonsiirto tapahtuu sanomapaketeilla. Sanomapaketti sisältää osoiteosan, joka määrää mille laitteille käsky viedään. Teollisuudessa yleistyneet PC- ja Windows-pohjaiset ratkaisut, sekä avoimet protokollat ovat mahdollistaneet nykyaikaisen väylätekniikan kehityksen. (Piikkilä & Sahlstèn 2006, 19, 31-32)

RAU-järjestelmän väylät voidaan jakaa kolmeen ryhmään: Anturiväylä, johon liitetään mittalaitteet (esim. ASI-väylä). Laitteväylä, johon liitetään toimilaitteet (esim. CAN ja Profibus DP). Kenttäväylä, joka sisältää laajemman kokonaisuuden, kuten kiinteistön säädöt ja ohjaukset (esim. KNX, LonWorks ja Modbus). (Härkönen ym. 2012, 143-144)

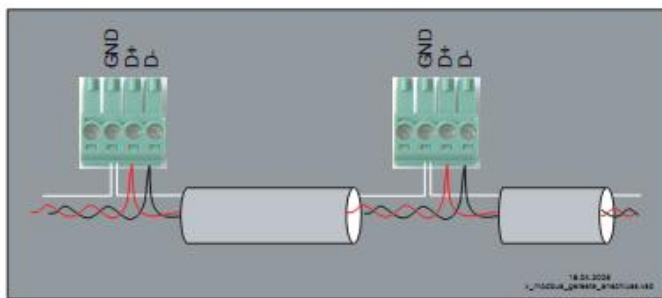
Modbus on avoin tiedonsiirtoprotokolla. Se kehitettiin aluksi ohjelmoitavien logiikoiden liittämiseen. Modbus-väylää käytetään nykyisin laajasti teollisuus- ja rakennuskohteissa. Modbusin spesifikaatiot ovat vapaasti ladattavissa verkosta. Kuka tahansa voi valmistaa protokollan mukaisia laitteita ilman erilliskustannuksia kehittäjille. Avoimuus tekee Modbusista edullisen tavan liittää erivalmistajien laitteita samaan väylään. (Piikkilä & Sahlstèn 2006, 243)

Modbusista on kolme eri varianttia RTU, ASCII ja TCP/IP. TCP/IP-versio on tarkoitettu käytettäväksi ethernet-liitännöissä. RTU ja ASCII variaatioita käytetään perinteisten sarjaväylien päällä. RTU ja ASCII eroavaisuudet väylässä kulkevien viestien rakenteissa ja lähetystavoissa. Liityntä tapahtuu RS-232 tai RS-485 standardeilla, riippuen verkon topologiasta. RS-232 käytetään kaksipisteyhteydessä ja RS-485 monipisteyhteydessä (kuvio 7). Taulukossa 1 on ilmoitettu tarkemmin RS-232 ja RS-485 eroavaisuudet. (Piikkilä & Sahlstèn 2006, 244)



Kuvio 7. Modbus-verkot (Piikkilä & Sahlstèn 2006, 244)

RS-485-liityntätapaa esiintyy kahtena eri versiona, yhdellä ja kahdella johdinparilla. Kuviossa 8 näkyy periaatekuva RS-485-standardin mukaisesta Modbus-väylän kytkentätavasta yhdellä johdinparilla toteutettuna. (Piikkilä & Sahlstèn 2006, 65)



Kuvio 8. Mallikuva Modbus-väyläliitännästä (Systemair AB. REPT6/REPT10 käyttö-ohje. Hakupäivä 5.2.2013)

Taulukko 1. RS-232 ja RS-485 vertailu (Piikkilä & Sahlstèn 2006, 67)

	<b>RS-232</b>	<b>RS-485</b>
Toimintatapa	Yksipäinen signaali, balansoimaton	Differentiaalinen signaali, balansoitu
Laitteiden lukumäärä	1 lähetin, 1 vastaanotin	32 lähetintä, 32 vastaanotinta
Tiedonsiirtotapa	Full duplex	Half duplex
Maksimietäisyys	15m nopeudella 19,2 kb/s	1200m nopeudella 100 kb/s
Maksimi tiedonsiirtonopeus (etäisyys 15m)	19,2 kbit/s	10 Mbit/s
Space (data 0)	5V min 15V max.	1,5V min. (A>B) 5V max. (B>A)
Marki (data 1)	-5V min -15V max.	1,5V min. (A>B) 5V max. (B>A)
Tuloimpedanssi (kΩ)	3-7	12
Jännitetaso minimi	±3V	

## 4 SISÄILMASTO

Sisäilman laadulla on suuri merkitys ihmisen hyvinvointiin, koska nykyihminen viettää noin 90 % elämästään sisätiloissa. Rakennuksen hyvällä sisäilmalla voidaan vähentää sairauksia, lisätä viihtyvyyttä ja parantaa suorituskykyä. Huonolla sisäilmalla on päinvastaiset vaikutukset, se lisää sairastuvuutta, vähentää viihtyisyyttä ja laskee suorituskykyä. Huonosta sisäilmastosta johtuen Suomessakin aiheutuu miljardien ylimääräiset kustannukset sairauskustannuksista ja poissaoloista. (Seppänen & Seppänen 1996, 10-11)

### 4.1 Muodostuminen

Sisäilmasto muodostuu huoneessa olevien kemiallisten ja fysikaalisten olosuhteiden kokonaisuudesta. Fysikaalisiin olosuhteisiin vaikuttavat sisäilman lämpötila ja ilman liike. Liian korkeat ja matalat lämpötilat kuormittavat kehoa, mikä aiheuttaa terveydellisiä haittoja. Korkea lämpötila vaikuttaa myös rakennusmateriaaleihin, lisää ilman epäpuhtauksia ja laskee ilman suhteellista kosteutta. Voimakas ilman liike aiheuttaa vedon tunteen, mikä koetaan epämiellyttäväksi. (Seppänen & Seppänen 1996, 11, 15)

Kemiallisiin ja biologisiin ilmanlaatuun vaikuttaviin tekijöihin kuuluvat epäpuhtaudet ja ilmankosteus. Alhainen ilmankosteus lisää ilman pölyisyyttä ja kuivattaa limakalvoja. Korkea ilmankosteus edistää mikrobien ja bakteerien leviämistä sisäilmassa. Ilmassa on itsessään satoja epäpuhtauksia ja monet niistä ovat peräisin rakennus- ja sisustus materiaaleista, saastuttavia rakennusmateriaaleja ovat esimerkiksi asbesti ja mineraalivilla. Epäpuhtauksia voi kulkeutua myös ulkoilman mukana, tällaisia epäpuhtauksia on esimerkiksi siitepöly. Ihminen ja kotieläimet myös itsessään likaavat ilmaa aineenvaihdunnallaan tuottaen hiilidioksidia ja levittäen ilmaan erilaisia hiukkasia. Ilmanepäpuhtauksille on asetettu laatukriteereitä ja sisäilmalle tavoitearvot näkyvät myöhemmin esitetyssä taulukossa. (Seppänen & Seppänen 1996, 11, 25, 26, 30, 31)

## 4.2 Vaatimukset

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa osassa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto on viranomaisten määrittelemät sisäilmaston vähimmäislaatusot. Työsuojeluhallitus on listannut HTP-arvoja aineiden haitallisista pitoisuuksista sisäilmastossa. Määritelmät ovat opinnäytetyössä liitteinä. (Seppänen & Seppänen 1996, 12-13)

## 4.3 Laatuun vaikuttava tekijät

Sisäilmaston laatuun vaikuttavat monet tekijät. Uusissa kohteissa painopiste on rakennussuunnittelussa. Sijainti, sijoitus ja erilaiset rakennusratkaisut vaikuttavat kaikki rakennuksen sisäilmastoon. Sisäilmaston kannalta olisi kuitenkin erityisen tärkeää kiinnittää huomiota rakennusmateriaaleihin. Tulisi välttää ilmaa likaavia materiaaleja, koska ilmanvaihto ei yksistään riitä puhdistamaan sisäilmaa. LVI-tekniikalla luodaan perusta hyvälle sisäilmalle, kun sen keskeisiin ominaisuuksiin kuuluu lämmitys, ilmavaihto ja ilmastointi. Vanhoissa saneerauskohteissa sisäilman laatua voidaan parantaa esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmällä, joka parantaa LVI-laitteiston toimintaa. (Seppänen & Seppänen 1996, 7-8, 26)

## 5 ILMANVAIHTO

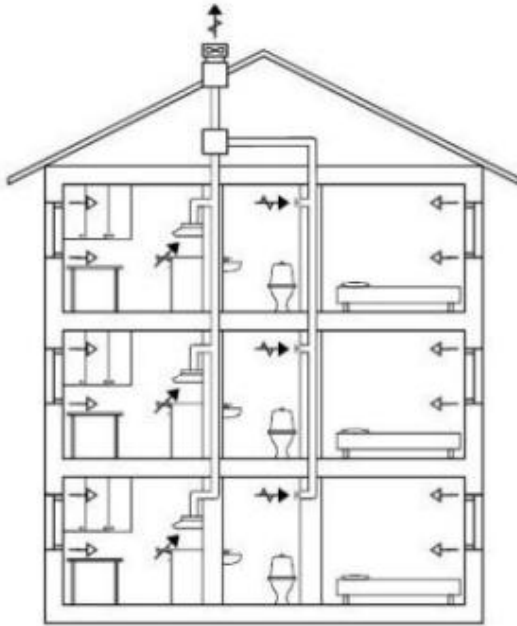
Ilmanvaihdolla tarkoitetaan rakennusten sisäilman poistamista ja korvausilman tuomista poistetun ilman tilalle. Asuinrakennuksissa täytyy ilman vaihtua jatkuvasti, työpaikoilla on mahdollista pysäyttää ilmanvaihto rakennuksen ollessa tyhjillään. Ilmanvaihto mitoitetaan suurimman epäpuhtauksia tuottavan lähteen mukaan, jotta se riittää poistamaan syntyvät epäpuhtaudet. (Seppänen & Seppänen 1996, 161)

### 5.1 Toteutus

Ilmanvaihto voidaan toteuttaa painovoimaisesti tai koneellisesti. Painovoimaista ilmanvaihtoa käytetään pääasiassa pientaloissa ja koneellista kerros- ja rivitaloissa. Nykyisin myös pientalot varustetaan koneellisella ilmanvaihdolla tai ilmastointijärjestelmällä. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu ulko- ja sisäilman eroihin. Koneellisessa ilmanvaihdossa puhaltimet ja imurit toimivat ilmanvaihtokoneina. Koneellisessa ilmanvaihdossa on mahdollista toteuttaa tulo- ja poistoilmanvaihto, tai pelkästään poistoilmanvaihto. Tällöin tuloilma tulee rakennukseen sijoitettujen raitisilmaventtiilien tai rakennuksessa olevien vuotojen kautta. (Seppänen & Seppänen 1996, 165-171)

Ilmaa poistetaan niistä tiloista, missä epäpuhtauksia syntyy. Tällaisia tiloja ovat keittiöt, vessat, pesu-, kylpy- ja vaatehuoneet. Tuloilma tuodaan oleskelutiloihin, joita ovat olo- ja makuuhuone. Tällä tavoin pyritään pitämään oleskelutilat puhtaana ja estämään epäpuhtauksien leviäminen rakennuksessa. Ilma liikkuu huoneistoissa ovirakojen ja -aukkojen kautta. Mikäli ilma virtaa suoraan tuloilmapistestä poistoilmapisteeseen on kyseessä oikosulkuvirtaus, mitä pyritään välttämään, koska tällöin ilma ei pääse kiertämään muissa tiloissa. (Seppänen & Seppänen 1996, 164-166)

Vanhoissa kerrostaloissa ilman poistaminen on yleensä tapahtunut yhteiskanavajärjestelmällä. Tällöin kerrostalon päällekkäisten asuntojen poistoilmat johdetaan samaan kanavaan (kuvio 9). Nykyisin yhteiskanavajärjestelmää ei enää käytetä ja jokaisesta asunnosta viedään oma poistoilmakanava. Vanhoissa rakennuksissa myöskään tuloilmalle ei ole rakennettu omia kanavia, vaan ilman on oletettu tulevan rakennusvaipan vuotokohdista tai ikkunaraoista. Tämä ratkaisu ei takaa asunnon riittävää tuloilmatuontia ja ilmanvaihtoa. (Seppänen & Seppänen 1996, 166-170)



Kuvio 9. Kerrostalon yhteiskanavajärjestelmä (Seppänen & Seppänen 1996, 170)

## 5.2 Kriteerit

Ilmanvaihtoa kuvataan yleensä ulkoilmavirran suuruutta henkilöä kohden (l/s) tai kuinka monta kertaa huonetilavuuden ilma vaihtuu tunnissa (1/h). Rakennuksen perusilman vaihdoksi tulisi olla noin 0,2 l/s. Henkilöä kohden ilmanvaihdon tulisi olla 0,7 l/s, jotta se riittää poistamaan ihmisperäiset epäpuhtaudet. Asuinhuoneiston vähimmäisilmanvaihto on 0,5 m<sup>3</sup>/h, tulee kuitenkin ottaa huomioon, että ilmanvaihdon tarve vaihtelee huonekohtaisesti. Esimerkiksi keittiön ilmanvaihdon tarve on kaikista suurin, koska ruuanlaitossa syntyvät haitat ovat suuret. (Seppänen & Seppänen 1996, 164-165)

Ilmanvaihto järjestelmän ollessa päällä tulisi sen olla vedoton, äänetön ja hajuton. Järjestelmän suunnittelussa tulisi myös kiinnittää huomiota sen energiatehokkuuteen ja käyttäjäystävällisyyteen. Nykyisin monissa koneellisissa tulo- ja poistoilmajärjestelmissä on lämmön talteenotto, mikä parantaa energiatehokkuutta. Järjestelmän säädöillä on myös vaikutus energian kulutukseen. Hyvä laitteisto olisikin helppo säätää, käyttää, huoltaa ja pitää puhtaana. (Seppänen & Seppänen 1996, 165)

### 5.3 Kunnossapito

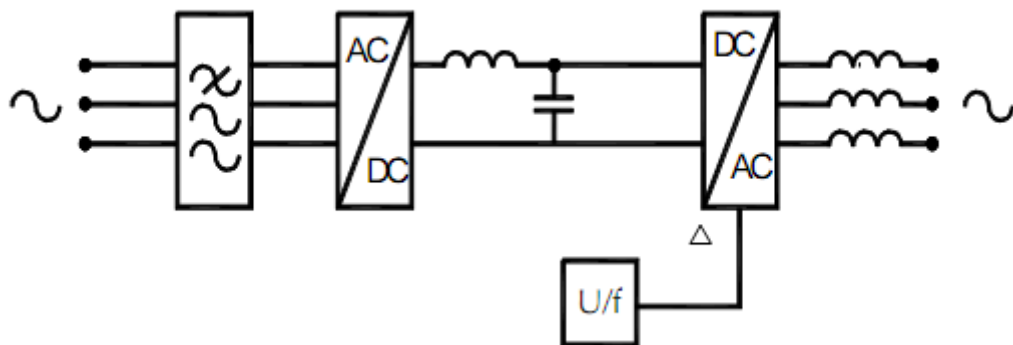
Ilmavaihtojärjestelmää tulisi huoltaa ja puhdistaa hygienia- että terveyssyistä. Kanavien pölytyminen lisää paloturvallisuusriskiä. Suodattimet ja kanavat keräävät kosteutta ja epäpuhtauksia, mitkä voivat aiheuttaa erilaisten kasvustojen, kuten homeen kasvamista ja bakteerien leviämistä. Kanavien puhdistus tulisi suorittaa ammattilaisten toimesta 10 vuoden välein. Huoneistossa sijaitsevien venttiilien ja suodattimien puhdistuksesta tulisi käyttäjän huolehtia. (Seppänen & Seppänen 1996, 176-178)



## 6 TAAJUUSMUUTTAJA

Rakennusautomaation yleisempiä sovelluksia ovat pumppujen ja puhaltimien moottoreiden ohjaukset. Taajuusmuuttaja mahdollistaa moottorin pyörimisnopeuden ja vääntömomentin portaattoman säädön. Ilman taajuusmuuttajaa moottorin nopeussäädöt olisivat vähäiset. Moottorin ohjaus tapahtuisi tällöin kaksoiskäämityksellä ja olisi valittavana vain osanopeus tai täysnopeus. (ST 715.00, 1-2)

Taajuusmuuttajan toiminta perustuu nimensä mukaisesti siihen, että sen avulla voidaan muuttaa verkon syötöstä saatavaa jännitettä ja sen taajuutta. Verkosta saatua jännitettä ei voi muuttaa taajuusmuuttajan avulla suuremmaksi, mutta taajuuden voi. Ohjattavan moottorin ominaisuudet määrittelevät käytetyn taajuuden ja yleensä ei tarvita yli 50Hz taajuuksia. Taajuusmuuttajan toimintaperiaate perustuu siihen, että verkosta saatu jännite tasasuunnataan, eli muutetaan hetkellisesti tasajännitteeksi. Tämän jälkeen muutetaan takaisin halutuksi vaihtojännitteeksi. Kuviossa 10 on taajuusmuuttajan toimintaa ilmaiseva periaatekuva. (ST 715.00, 2)



Kuvio 10. Taajuusmuuttajan periaatekuva (ST 715.00, 2)

Suurin hyöty taajuusmuuttajasta saadaan moottorinohjauksissa, missä kuormituksen tarve vaihtelee huomattavasti. RAU-järjestelmään yhdistetty taajuusmuuttaja voi tuoda merkittäviä energian säästöjä, niin sähkön- kuin lämmönkulutuksen kannalta. Esimerkiksi jos ilmanvaihdesta pystytään pudottamaan keskimääräistä ilmavirtaa 20 %, pudottaa se sähkönkulutusta 50 %. (ST 715.00, 2)

Taajuusmuuttaja valitaan ohjattavan moottorin mukaan. Rakennusautomaatiossa riittää yleensä, että taajuusmuuttajan ominaisuudet vastaavat moottorin kilpiarvoja. Taajuusmuuttajan virransyöttökykyyn tulee olla vähintään moottorivirran suuruinen. Taajuusmuuttaja tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle ohjattavaa moottoria, mikäli se on mahdollista. Tällöin saadaan syötön häiriöt minimoitua ja turvakytkin sijoitettua syöttökaapeliin. Taajuusmuuttajan syötöstä aiheutuvia häiriöitä ovat yliaallot, joita voidaan tarpeen mukaan suodattaa pois EMC-suodatuksella. Kytkentä RAU-järjestelmään voi tapahtua kiinteiden I/O-pisteiden kautta tai väyläliitännällä. (ST 715.00, 4-5)

### 6.1 Mitsubishi FR-D700

Projektissa käytetyt taajuusmuuttajat ovat Mitsubishin FR-D700-sarjaa (kuva 11). Taajuusmuuttajat valittiin moottoreiden kilpiarvojen perusteella. Moottoreiden arvot ovat PF01 1 kw / 2,6 A ja PF02 0,63 kw / 1,8 A. Ohjattavista moottoreista toinen oli uusittu 2000-luvulla ja toinen uusittiin saneerauksen yhteydessä. Puhaltimen uusimisesta vastasi erillinen urakoitsija. Molemmat puhaltimien moottorit olivat 3-vaiheisia, joten taajuusmuuttajiksi valittiin myös 3-vaiheiset taajuusmuuttajat.



Kuva 11. Mitsubishi FR-700 taajuusmuuttaja (Beijer Electronics –konsernin www-sivut 2013. Hakupäivä 3.4.2013)

Taajuusmuuttajina toimivat:

- FR-D740-022-EC (Poistoilmapuhallin 2)
- FR-D740-036-EC (Poistoilmapuhallin 1)

Ylläesitettyjen taajuusmuuttajien ulkoiset optiot, etuvastus ja kaapelisuositukset näkyvät taulukosta 2.

Taulukko 2. FR-D700-sarjan optio, etusulakkeet, kaapelit (Mitsubishi FR-D700 käsikirja. Hakupäivä 3.4.2013)

Taajuusmuuttajan tyyppi	Moottorin teho (kW)	Optiot, etusulakkeet, kaapelit					
		Jarruvastus	EMC-suodatin (*1)	etusulake (*2)	Kaapelit (*3)		
					syöttö	moottori	
3-vaiheiset 400V	FR-D740-012	0.4	FR-ABR-H0.4K	FFR-CSH-040-8A-RF1	10A	1,5mm <sup>2</sup>	1,5mm <sup>2</sup>
	FR-D740-022	0.75	FR-ABR-H0.75K				
	FR-D740-036	1.5	FR-ABR-H1.5K				
	FR-D740-050	2.2	FR-ABR-H2.2K	FFR-CSH-080-16A-RF1	16A	2,5mm <sup>2</sup>	2,5mm <sup>2</sup>
	FR-D740-080	3.7	FR-ABR-H3.7K				
	FR-D740-120	5.5	FR-ABR-H5.5K				
FR-D740-160	7.5	FR-ABR-H7.5K	FFR-MSH-170-30A-RF1	25A	6.0mm <sup>2</sup>	6.0mm <sup>2</sup>	
1-vaiheiset 230V	FR-D720S-008	0.1	ei liitännämahdollisuutta	FFR-CS-050-14A-RF1	10A	1,5mm <sup>2</sup>	1,5mm <sup>2</sup>
	FR-D720S-014	0.2	ei liitännämahdollisuutta				
	FR-D720S-025	0.4	FR-ABR-0.4K				
	FR-D720S-042	0.75	FR-ABR-0.75K	FFR-CS-080-20A-RF1	16A	2,5mm <sup>2</sup>	1,5mm <sup>2</sup>
	FR-D720S-070	1.5	FR-ABR-2.2K				
	FR-D720S-100	2.2					

FR-D700-sarjan yleiset ominaisuudet:

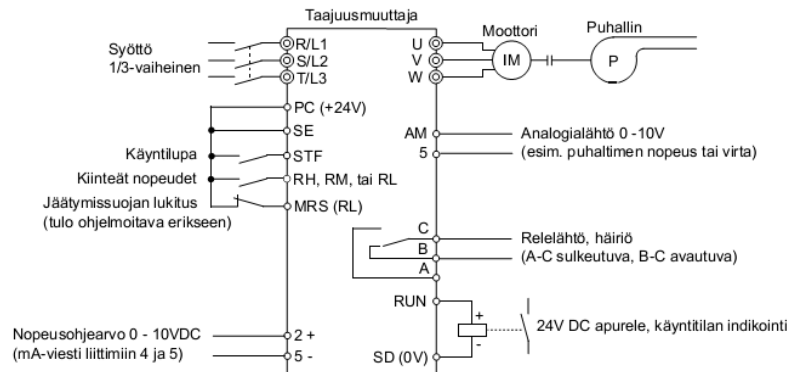
- Sensorless Vector Control
- jarrutransistori vakiona
- kompakti koko
- käyttölämpötila 50 °C
- Modbus RTU vakiona, Serial Gateway -moduulilla Profibus DP ja DeviceNet
- OEC-energiansäästötoiminto
- salasanasuojaus
- EMC-direktiivin mukainen
- latausvastus, ohjelmoitavat tulot ja lähdöt
- sisäänrakennettu PID-säädin.

(Beijer Electronics –konsernin www-sivut 2013. Hakupäivä 3.4.2013)

Taajuusmuuttajan ja moottorin väliin tulevam kaapelin tulee olla EMC-suojattu, häiriöiden välttämiseksi. EMC-suojattua kaapelia on esimerkiksi MCCMK. Taajuusmuuttajan asennuksessa käytetään kuvion 12 mukaista liitäntää.

### Kytkentäesimerkki, normaali VAK-liitäntä

**Ohjaukset: käyntilupa ja säätöviesti**  
**Indikoinnit: häiriö ja käyntitieto**



Kuvio 12. VAK-liitäntä (Mitsubishi FR-D700 lyhytkäyttöohje puhallinkäyttöille, pumpukäyttöille, PID-säätösovelluksille. Hakupäivä 3.4.2013)

Taajuusmuuttajien asennuksessa käytettiin FFR-CSH-036-8A-RF1 EMC-suodatinta (kuva 13). Taajuusmuuttajan paikka on suodattimen päällä.



Kuva 13. EMC-suodatin (Inverter drive supermarket www-sivut 2013. Hakupäivä 3.4.2013)

EMC-suodattimia käytetään hyötysignaalien erotteluun häiriösignaaleista ja vääristyneiden signaalien korjaamiseen. Vaatimukset EMC-käyttötymistä kohtaan ovat seuraavat. Laite ei saa häiritä muiden laitteiden toimintaa ja sillä on oltava riittävä häiriöiden sietokyky. (ABB EMCFact 2007. Hakupäivä 3.4.2013)

## 7 FIDELIX

Fidelix Oy on suomalainen rakennusautomaatio- ja turvajärjestelmiä tuottava yritys. Se on perustettu vuonna 2002. Sillä on yhdeksän toimipistettä Suomessa ja kuusi yhteistyökumppania ulkomailla. Fidelix Oy:llä on Suomessa yli 80 työntekijää ja sen liikevaihto oli vuonna 2011 n.10 m€. (Fidelix Oy:n www-sivut 2013. Hakupäivä 2.2.2013)

### 7.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Fidelixin RAU-järjestelmien pohjana on teollisuus-PC, jonka käyttöjärjestelmänä toimii Windows CE. Käyttöliittymä on selainpohjainen ja selaimena toimii Internet Explorer. Näiden ominaisuuksien seurauksena on, ettei erillistä valvontaohjelmistoa tarvita. Tiedonsiirto tapahtuu TCP/IP-protokollan mukaisesti. Yhteys voidaan muodostaa kaapelilla tai langattomasti WLAN- tai Bluetooth-yhteyksiä käyttäen. Kenttälaitteet kytketään järjestelmän Modbus I/O-moduuliin. Kuvassa 14 Fidelix RAU-järjestelmän yleiset ominaisuudet. (Fidelix Oy:n www-sivut 2013. Hakupäivä 2.2.2013)



Kuva 14. Fidelix ominaisuudet (Fidelix Oy:n www-sivut 2013. Hakupäivä 2.2.2013)

## 7.2 FX-Spider-40

Fidelix FX-Spider-40 on automatiikkakeskus, joka sisältää kosketusnäytöllisen keskusyksikön ja I/O-moduulin (Kuva 15). I/O-moduuli on mahdollista hajauttaa keskusyksiköstä kentälle, sisältäen kiinteän määrän (40) I/O-pisteitä. I/O-pisteiden määrää on mahdollista laajentaa ulkopuolisilla moduuleilla. Keskusyksikössä on Windows CE -käyttöjärjestelmä ja käyttöliittymänä toimii 5.7" kosketusnäyttö. Ohjelmointi tapahtuu standardin IEC 61131-3 mukaisesti. Tarkemmat tiedot laitteesta löytyvät liitteenä olevasta Datasivusta. (Fidelix Oy, 2009. FX-Spider-40 Datasivu. Hakupäivä 2.2.2013)



Kuva 15. Fidelix FX-Spider-40 (Fidelix Oy, 2009. FX-Spider-40 Datasivu. Hakupäivä 2.2.2013)

## 8 SANEERAUSPROJEKTI

Saneerauksen kohteena on Oulussa sijaitseva Valtakatu 36 kerrostalo, minne Tiivi Oy:llä on ikkunoiden saneerausprojekti. Ikkunoiden vaihdon yhteydessä saneerataan ilmanpoistojärjestelmä, uusien ikkunoiden tuoman hyödyn aikaansaamiseksi. Ilmanpoistojärjestelmän saneerauksessa modernisoidaan poistoilmapuhaltimien ohjaus. Modernisointi tapahtuu Sähköpalvelu J. Yrjänheikki Oy:n toimesta.

Kerrostalossa on kaksi rappua ja kahdeksan kerrosta. Sähköpääkeskus sijaitsee pohjakerroksessa ja poistoilmapuhaltimet rakennuksen katolla. Ilmanpoisto tapahtuu kahdella yhteiskanavajärjestelmällä. Katolla on kaksi poistoilmapuhallinta, jotka imevät huoneistoista poistoilmaa. Puhaltimien ohjaus tapahtuu kellokytkimillä, jotka asettavat puhaltimet nopealle (täysteho) tai hitaalle (puoliteho), määrättyjen ajankohtien mukaisesti. Puhaltimilla on kaksi vakionopeutta, joten kummallakin nopeudella on oma vakioilmamäärä. Jos joissain huoneistossa tuuletetaan, syntyy kanavaan oikosulkuvirtaus, mikä aiheuttaa muissa huoneistoissa ilmamäärän laskua. Ilmamäärän lasku aiheuttaa talvella ikkunoiden huurtumista, kun ilma ei vaihdu tarpeeksi tehokkaasti. (Waara, sähköpostiviesti, 18.1.2013)

Kohteeseen on tarkoitus saada jokaiselle huoneistolle vakioilmamäärä siten, että taajuusmuuttajalla ohjataan poistoilmapuhaltimen moottoria pitämään kanavapaine vakiona. Kanavapainetta on mahdollisuus muuttaa portaattomasti asetuksia muuttamalla. Järjestelmään tulee pakkasraja- ja yötuuletusasetukset, jotka ovat käyttäjän säädettävissä. (Waara, sähköpostiviesti, 18.1.2013)

Toteutuksessa käytetään Fidelix FX-Spider-40 rakennusautomaatiojärjestelmää. Spiderin näyttöyksikkö asennetaan sähköpääkeskukseen ja I/O-moduuli poistokammion seinälle. Toimilaitteet ja taajuusmuuttajat koteloidaan ja asennetaan myös poistokammion seinälle. Kammioiden välille vedetään yhdyskaapelit, joita pitkin toimilaitteiden tiedot ja toisen taajuusmuuttajan ohjaus kulkevat. (Waara, sähköpostiviesti, 18.1.2013)

Tarkoituksena on hyödyntää vanhoissa ohjauksissa käytetyt MMO-kaapelit, joita käytetään taajuusmuuttajien syöttöjen, käyttöjännitteiden ja väylän kuljettamiseen. Ylimääräiset kontaktorit ja kellokytkimet puretaan pois käytöstä. (Waara, sähköpostiviesti, 18.1.2013)

Järjestelmän säätäminen tapahtuisi pääasiassa sähköpääkeskukseen asennettavalta näyttöpäätteeltä. Järjestelmään asennetaan gsm-modeemi, mikä mahdollistaa järjestelmän pistetietojen lukemisen ja muuttamisen tekstiviestitoimintojen avulla. Tekstiviesteillä on myös mahdollista pakottaa poistoilmapuhaltimet haluttuun tilaan. Järjestelmän lähettää tiedon anturivioista ja kanavapainepoikkeamista tekstiviestihälytyksenä käyttäjälle. (Waara, sähköpostiviesti, 18.1.2013)

## 8.1 Pisteluettelon suunnittelu

Pisteluettelo tehdään, valmiille Microsoft Excel -mallipohjalle. Pohja sisältää makroja, jotka kääntävät asetetut pistetiedot alakeskukselle sopivaan muotoon. Makrot luovat pisteiden perustietojen perusteella kytkentäkuvat I/O-moduuleihin. Kuviossa 15 näkyy mallikuva pisteluontikaavion ensimmäiseltä sivulta "PointTable". Pohjaan on syötetty malliksi lämpötila- ja paineanturi, sekä fyysiset että fiktiiviset pisteet näille.

Point name fixed part		Point name build order										Add PointTable points to PointList														
2	3 4 5 6 7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Kohde	Pisteluettelo Esimerkki												
AAAA	BBBB												Ala-asema	VAK-01												
Check PointTable lines		Device name build order										Tekija														
Print Preview all		9 4 10										Päiväys														
Zoom all		17=Fictive, 27=Physical, ?1=one speed, ?2=two speed, ?3=counter																								
Point name variable part													Point text fields		Device											
8	9	10	11	12	13	AL	AL	AL	AL	AL	DO	DO	IND	IND	AI	AI	AO	AO	CTRL	TT						
CCCC	DD	EEEE	FFFF	GG		H	RH	ARH	YRH	FH	O	FO	I	FI	M	ARM	YRM	A	FA	C	TT					
ILMAVAIHTOLAITTEET																										
Tuloilmakone TK 01																										
VAK01	TK01	TE	00					10ARH	10YRH															Ulkoi ilma	Lämpötila	TK01 TE
VAK01	TK01	PE	30					10RH																Tulo ilma	Paine	TK01 PE
finish line																										

Kuvio 15. Esimerkkikuva pistetaulukosta

Pisteiden luonnin ensimmäinen vaihe on määrittää pisteiden tunnukset. Pistetunnukset koostuvat useasta osasta, joiden järjestyksen määrittää "Point name build order". Esimerkkikuvan mukaisesti nimen ensimmäinen osa tulee numerosta 8. Makro hakee "Point name variable part" – kohdan 8 sarakkeesta sinne syötetyn tiedon, mikä tässä tapauksessa on "VAK01". Pistetunnuksen loppu osa muodostuu samalla periaatteella.



Pistetunnusten nimeämisjärjestyksessä käytetään ST-kortiston LVIS-merkinnät ohjetta (Taulukko 2).

Taulukko 2. LVIS-laitetunnusten muodostuminen (ST 51.21, 2)

AAAA BBBB CCC DDDD EEE FFFF.GG

missä:

AAAA	Kiinteistötunnus	0-4 merkkiä
BBBB	Rakennustunnus	0-4 merkkiä
CCC	Pääjärjestelmätunnus	0-3 merkkiä
DDDD	Järjestelmännumero	0-4 merkkiä
EEE	Laitetyyppitunnus	1-3 merkkiä
FFFF	Laitepositio	0-4 merkkiä
GG	Tarkennuskoodi	0-2 merkkiä

Pistetaulukon keskikohdassa määritetään pisteiden tyypit. Valinnoilla määritellään pistetyypit ja se, mihin niitä käytetään. Pisteet voivat olla fyysisiä, jolloin tiedot välittyvät I/O-moduulista. Toisena vaihtoehtona on fiktiivinen piste, joka on tehty ohjelmallisesti ja käyttäjä voi määrittellä arvon. Paineanturille on kuvan esimerkissä määritetty fyysinen mittauspiste (AI) ja fiktiivinen ristiriitahälytyspiste (RH).

Haluttujen pistetietojen syöttämisen jälkeen painetaan "Add PointTable points to PointList". Jolloin makrot siirtävät annetut tiedot seuraavan välilehden pisteluetteloon "PointList" (kuvio 16).

Name	Text	Port	Module	Point	OnDelay	OffDelay	Open Contact 0/1	StateText	Priority	AlarmGroup	Device		
AL													
Name	Text	Port	Module	Point	OnDelay	OffDelay	Open Contact 0/1	StateText	Priority	AlarmGroup	Device		
Write DefaultValues into this line													
		3	?	?	1	5	0	HALYTYS	5				
VAK01_TK01_PE30_RH	Tuloilma Paine	3	0	0	1	5	0	HALYTYS	2	B			
VAK01_TK01_TE00_YRH	Ulkoilma Lämpötila	3	0	0	1	5	0	HALYTYS	2	B			
VAK01_TK01_TE00_ARH	Ulkoilma Lämpötila	3	0	0	1	5	0	HALYTYS	2	B			
IND													
Name	Text	Port	Module	Point	OnDelay	OffDelay	Open Contact 0/1	StateText	TriState 0/1		Device		
Write DefaultValues into this line													
		3	?	?	0	5	0	SEIS_KÄY	0				
DO													
Name	Text	Port	Module	Point	OnDelay	OffDelay	Open Contact 0/1	StateText	TriState 0/1	TimeTable	Default On/Off/Old	Device	
Write DefaultValues into this line													
		3	?	?	0	0	0	SEIS_KÄY	0		Old		
AI													
Name	Text	Port	Module	Point	Analog=1	Scaling	Min Pulse	Offset	Lookup Table	Unit	Sample Time	Decimal	Device
Write DefaultValues into this line													
		3	?	?	1	1	10	0		°C	60	0	
VAK01_TK01_PE30_M	Tuloilma Paine	3	4	1	1	1	10	0	NTC10	°C	60	0	TK01 PE
VAK01_TK01_TE00_M	Ulkoilma Lämpötila	3	4	2	1	1	10	0	0.2500	PA	60	0	TK01 TE
AO													
Name	Text	Port	Module	Point	Min Voltage	Max Voltage	Time Table	Sample Time	Default On/Off/Old			Device	
Write DefaultValues into this line													
		3	?	?	0	10		60	Old				
CTRL													
Name	Text	Module	Point									Device	
Write DefaultValues into this line													
		0	0										
IT													
Name	Text	Module	Point	StateText								Device	
Write DefaultValues into this line													
		0	0	SEIS_KÄY									
END													

Kuvio 16. Esimerkkikuva pistetaulukosta

Luetteloon tulevat automaattisesti kaikki muut tiedot, paitsi kuviosta rengastetut alueet. Nämä alueet on muutettava itse. Fyysisille pisteille on itse määritettävä I/O-moduulit ja liitäntäpisteet moduuleissa. Lämpötila- ja painearvot tulevat muutostaulukon kautta. Muutostaulukko on nimettävä pisteluetteloon ja mitattavan suureen yksikkö on muutettava oikeaksi. Hälytysten prioriteetti ja hälytysryhmä on muutettava itse. Taulukosta on myös mahdollista muokata muita ominaisuuksia, kuten päälle ja pois viiveitä, skaalauksia, mittausväliä sekä minimi- ja maksimijännitteitä.

Hälytysten luokittelussa käytetään tyypillisesti kolme tai neljä portaista menetelmää. Luokan A prioriteetti on suurin, luokkaan kuuluvat kiireelliset hälytykset ja turvallisuus hälytykset. Luokan B prioriteetti on keskitasoa, luokkaan kuuluvat vikailmoitukset. Luokan C prioriteetti on alhaisin ja sisältää huoltoilmoituksia. Hälytysluokkia voi tarpeen mukaan olla myös useampia. (Alatalo 2010, 19)

Luetteloon on myös mahdollista lisätä uusia pistetietoja lisäämällä taulukkoon uusi rivi. Rivi tulee lisätä haluttuun väliin ja pisteen tiedot syötetään suoraan sarakkeille. Makrojen syöttämiä tietoja, kuten esimerkiksi pisteen nimeä on mahdollista muuttaa vielä tässä vaiheessa. Kun kaikki halutut pisteet ovat taulukossa ja niille on tehty tarvittavat muutokset, jatketaan painamalla "Add modules" -painiketta. Tällöin makrot tekevät tietojen perusteella valmiit kytkentäkuvat (Kuvio 17). Kuvat tulevat "Mod\_SPIDER" välilehdelle.

Spider / AI-8 moduuli				Osoite 4								Kilpi	asen.	Kytk.	Test.	ok
Piste	Tunnus	Teksti	Liitin	Johdin	Tunnus	Tyyppi	Liitin	Kenttälaite								
1	VAK01_TK01_PE30_M	Tuloilma Paine	D1 I1-J8 (H3-H8)					TK01 PE								
2	VAK01_TK01_TE00_M	Ulkoilma Lämpötila	D2 I1-J8 (H3-H8)					TK01 TE								

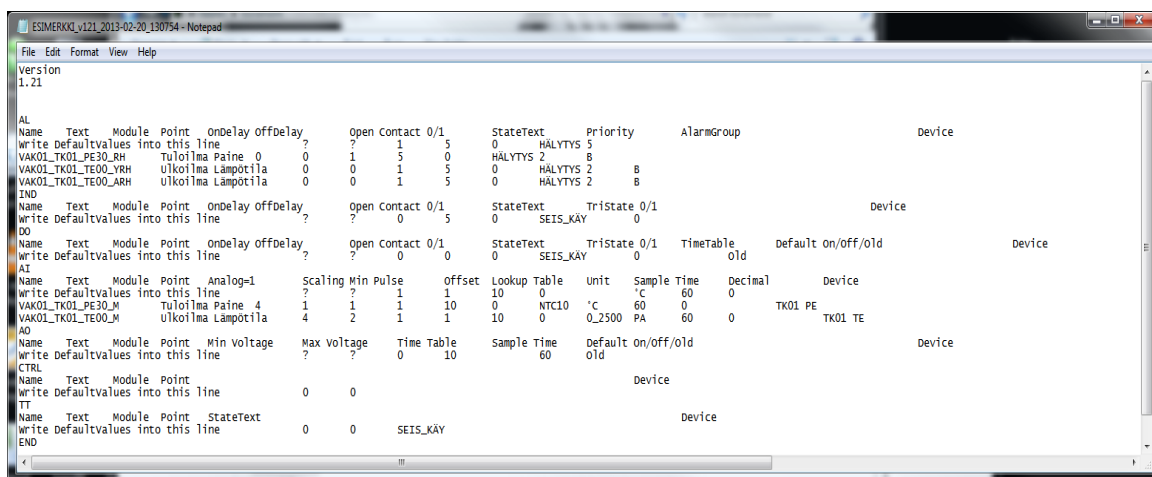
Kohde	Pisteluettelo Esimerkki
Ala-asema	VAK-01
Tekijä	
Päiväys	

Syöttöliittimet	
H3-H8	24VDC
G3-G6	12VDC
I1-J8	0 VDC

Kuvio 17. Esimerkki kytkentäkuvista

Kuviossa 17 näkyvät annetut esimerkkipisteet ja liittimet joihin anturit on suunniteltu kytkettäväksi. Taulukkoon on mahdollista syöttää johdintiedot ja anturin liitintiedot. Vasemmassa laidassa on myös tilataulukko jota voidaan hyödyntää asennusvaiheen seurannassa.

Pistetaulukon suunnittelun ollessa valmis se tallennetaan alakeskukselle sopivaan muotoon. Tallennus tapahtuu painamalla "PointList" välilehdeltä "SaveAndExit" -painiketta. Tällöin Excel sulkeutuu ja samalla tallentaa itse Excel-työkirjan että tekstitiedosto muodossa olevat pistetiedot (Kuvio 18). Tekstitiedosto siirretään sitten ala-asemalle, josta se lukee pistetiedot.



Kuvio 18. Esimerkki pistetiedot tekstitiedosto muodossa

Projektissa suunniteltiin pistetaulukko edellä esiteltyjen esimerkkien mukaisesti. Projektissa käytettävät laitteet, joille ovat:

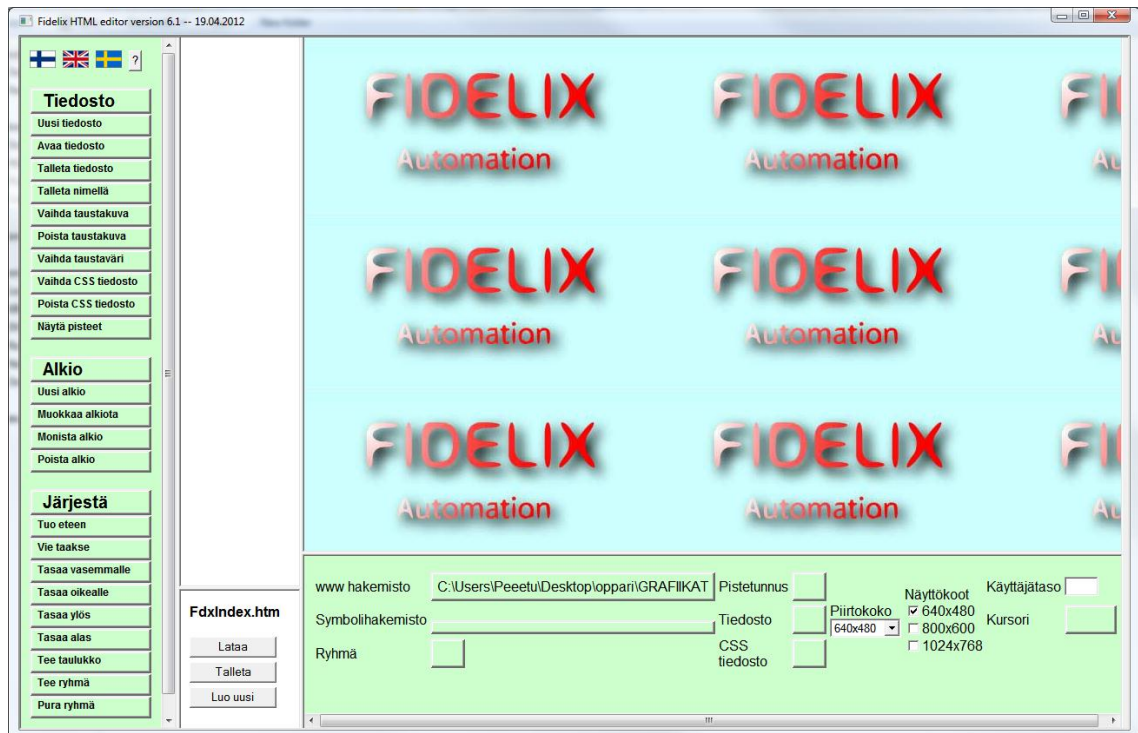
- Lämpötila-anturit 3kpl, ulko- ja poistoilman lämpötiloille
- Paineanturit 2kpl, kanavapaineiden mittauksiin
- Taajuusmuuttajat 2kpl, hälytys, indikointi ja ohjaus

Laitteille listattiin fyysiset ja fiktiiviset pisteet taulukkoon. Taulukkoon lisättiin myös alustavan suunnittelun mukaisesti fiktiivisiä pisteitä joita tarvittaisiin IEC-ohjelmaa tehdessä. Kaikkia pisteitä ei tähän taulukkoon kuitenkaan lisätä, vaan ne lisätään suoraan Fidelix-järjestelmään IEC-ohjelmaa tehdessä. Esimerkiksi aikaohjauspiste lisätään manuaalisesti ohjelmaan. Projektin pistetaulukot ovat työn liitteissä.

Pistetiedot siirretään ala-asemalle FTP-yhteydellä. Tiedostojen siirtoon käytetään File-Zilla nimistä ilmaisohjelmistoa. Siirrettäessä uudet pistetiedot ala-asemalle on alasemaohjelmistot pysäytettävä Telnet-yhteydellä ja käynnistettävä päivityksen jälkeen uudelleen.

## 8.2 Grafiikan suunnittelu

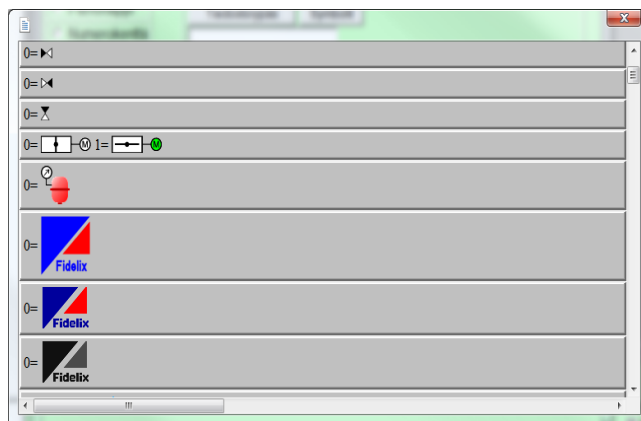
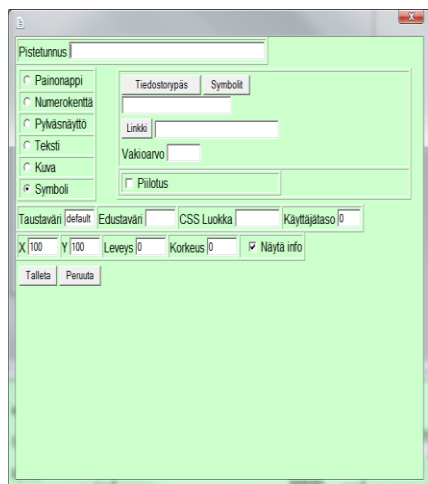
Käyttöliittymän grafiikat luodaan Fidelixin FdxHtmlEdit HTML-editorilla. Editorin mukana tulee symbolikirjasto. Symboleja voi itse luoda kuvankäsittelyohjelmilla. Editorissa on mahdollista myös lisätä kuvia tiedostosta. Vaatimuksena on että kuvien ja symboleiden täytyy olla samassa juuressa kuin grafiikkaohjelmakin. Kuviossa 19 näkyy miltä Fidelixin HTML-editori näyttää käynnistettynä.



Kuvio 19. FdxHtmlEdit HTML-editorin aloitusnäyttö

Vasemmassa laidassa näkyvät valikot. Kielivalintoina ovat suomi, englanti ja ruotsi. Tiedostovalinnoista tärkeimmät ovat tiedostojen luominen, avaus ja tallennus. Alkiovalikosta löytyvät kuva-alkioihin liittyvät valinnat. ”Järjestä”-valikosta löytyvät alkiodien sijoitteluun liittyviä työkaluja. Kaikki tiedosto-, alkio- ja järjestä-toiminnot voidaan myös aukaista hiiren oikealla painikkeella painettaessa piirustusalueella. Valkoisella pohjalla oleva "FdxIndex.htm" luodaan tai ladataan sivuvalikko. Valikko tulee näky-mään kyseisessä paikassa myös käyttöliittymässä. Turkoosipohjainen alue on piirustus-alueetta, kuvassa ei ole luotu uutta tiedostoa. Piirustusalueen alapuolella näkyvät piirto-näytön tiedot ja piirto- ja näyttökoon valinnat.

Uuden näyttökuvan rakentaminen alkaa painamalla "Uusi tiedosto" painiketta. Näytön resoluutio valitaan laitteen mukaan. Spiderin näytön resoluutio on 640x480. Uudelle pohjalle voidaan alkaa lisäämään haluttuja alkioita. Alkioiden lisääminen tapahtuu "Uusi alkio" -painikkeella, jolloin aukeaa seuraavanlainen ikkuna (Kuvio 20).

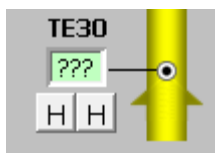


Kuvio 20. Uuden alkion lisääminen

Kuvio 21. Symbolikirjasto

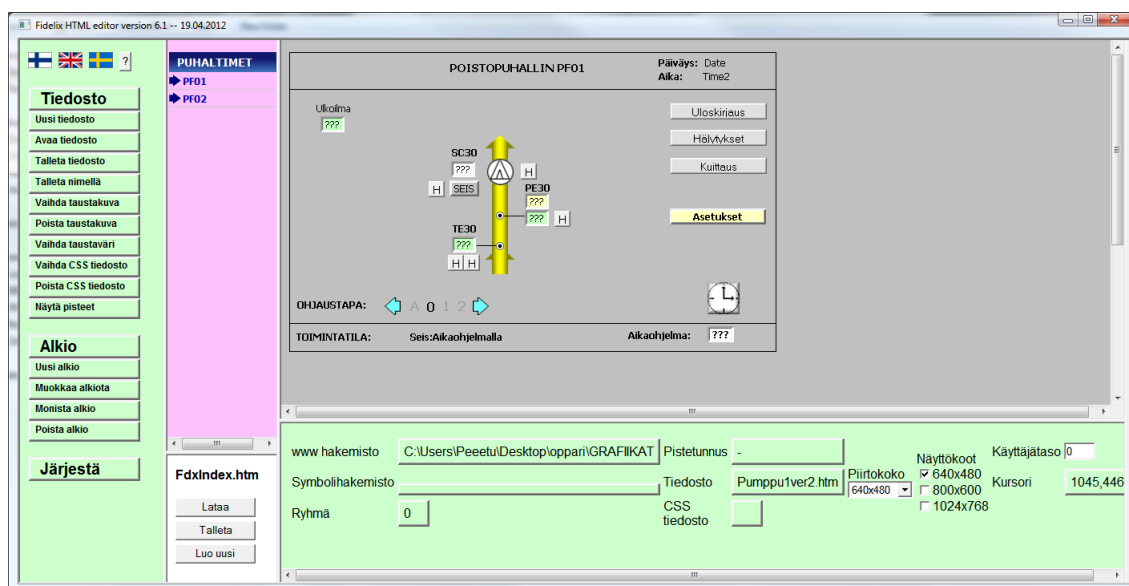
Pistetunnukseen lisätään haluttu pistetieto tai toiminto, mikäli alkio ei sisällä toimintoa jätetään se tyhjäksi. Täällä valitaan alkion tyyppi. Symboleja lisätessä valitaan symboli ja kuvan valinta tapahtuu "Symbolit" -painikkeella, jolloin aukeaa symbolikirjasto (kuvio 21). Symbolin kokoa voidaan muokata syöttämällä eri leveys ja korkeus arvoja.

Kuviossa 22 on esimerkki alkioista muodostetusta lämpötilamittauksesta. Vihreällä pohjalla tulisi ohjelmassa kysymysmerkkien sijaan anturin mittaama lämpötilatieto. Harmaa pohjaisit H-kirjaimet kuvaavat ylä- ja alarajahälytyksiä. Ohjelmassa ne näkyisivät ainoastaan hälytystilanteessa tai kuittaamattomana hälytyksenä vilkkuen punaisena.



Kuvio 22. Esimerkki lämpötilamittauksesta

Valmis grafiikkakuva tallennetaan ja on sellaisenaan valmis siirrettäväksi ala-asemalle. Grafiikka kuvien siirto tapahtuu FTP-yhteydellä. Tärkeää on muistaa lisätä alkiolle oikeat pistetiedot ja erikoistoiminnot, mitä ne vaativat toimiakseen. Lisäksi luodessa useampia sivuja, tulevat sivut linkittää FdxIndex:iin tai lisätä siirtymislinkit sivuille. Kuviossa 23 on luonnos poistoilmapuhaltimen ohjauksen tilanäytöstä. Symbolien väri on valittu ST-käsikirjan ohjeiden mukaisesti, jotka on esitetty taulukossa 3.



Kuvio 23. Poistoilmapuhaltimen tilanäyttöluonnos

Taulukko 3. Käyttöliittymän suositusvärit (Härkönen ym. 2012, 163)

Kaavionäyttö (dynaaminen)	
Symboli/tieto	Väri
Hälytys	Punaiset sävyt
Käy-tila	Vihreä
Seis-tila	Valkoinen
Asetusarvo	Keltainen
Säätöohjaus	Turkoosi
Mittaus	Valkoinen Vaihtoehtoisesti: vihreä
Lepotila	Valkoinen Vaihtoehtoisesti: harmaa
Siirtymäpiste (linkki)	Keltainen Vaihtoehtoisesti: valkoinen

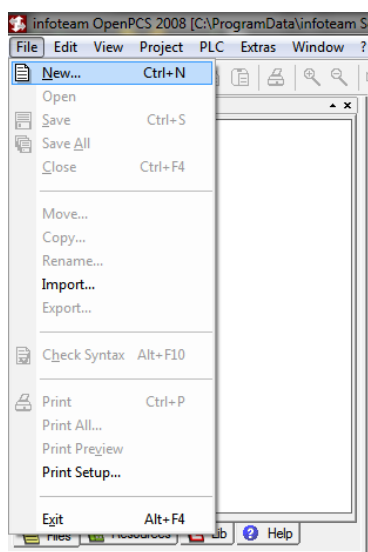
Kuvapohja (staattinen)	
Symboli/tieto	Väri
Perusviiva	Valkoinen
Alueet	Valkoinen, harmaa
Tekstit	Valkoinen, harmaa
Symbolit	Valkoinen, harmaa
Prosessin osat:	Mahdollisimman vaaleat sävyt
Tuloilma	Punainen
Poistoilma	Keltainen
Jäteilma	Ruskea
Ulkoilma	Sininen
Lämmin vesi	Punainen
Kylmä vesi	Sininen

Projektissa on kaksi poistoilmapuhallinta joita ohjataan. Grafiikoiden osalta tämä tarkoittaa sitä, että molemmille puhaltimille luodaan omat ohjaussivut. Käytännössä luodaan ensin yksi sivu joka kopioidaan, koska molemmat ohjaukset ovat identtiset. Alkioiden pisteet täytyy kuitenkin asetella molempien sivujen kuviin vastaamaan kyseisiä puhaltimien ohjauksia. Lisäksi tulee tehdä asetussivut, joista voidaan muokata puhaltimien käyttöön vaikuttavia asetuksia. Tällaisia asetuksia ovat pakkasrajoitusta ja yötuu-letusta koskevat asetukset. Sivuihin lisätään linkit ohjesivuille, jotka selventävät käyttäjälle asetusten toimintaa. Osa alkioista lisätään vain tietyille käyttäjille. Projektin lopulliset grafiikkakuvat ovat työn liitetiedostoissa.

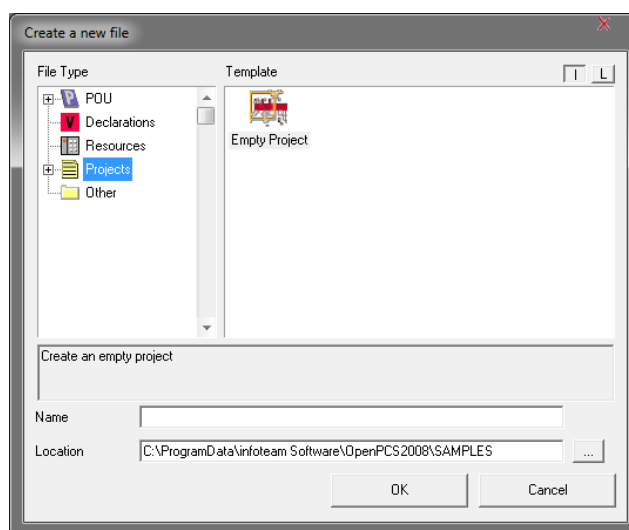
### 8.3 ST-ohjelmointi

Sovellusohjelmien tekemiseen käytetään OpenPCS -ohjelmointisovellusta. OpenPCS on Infoteam Softwaren kehittämä IEC 61131-3 -standardin mukainen ilmaisohjelmisto. Ohjelmalla voi luoda logiikkaohjelmia usealla eri ohjelmointikielellä. Fidelix-järjestelmän ohjelmointi tapahtuu Structured text (ST) -ohjelmointikielellä.

Ohjelmien teko aloitetaan luomalla uusi projekti. Projekti on käytännössä vaan hakemisto mihin myöhemmin luodaan ohjelma ja osia siitä. Projektia luodessa määritetään sille nimi ja tallennuspaikka. Projekti luodaan valitsemalla ”File” -> ”New” (kuvio 24), jolloin aukeaa valintaikkuna (kuvio 25). Samalla tavalla kuten yleensä ohjelmissa luodaan uusia tiedostoja.

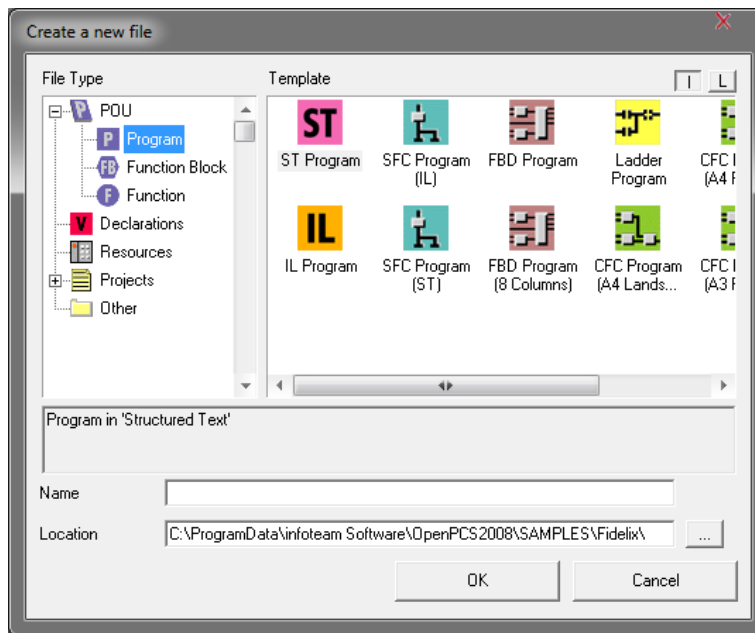


Kuvio 24. Uusi tiedosto



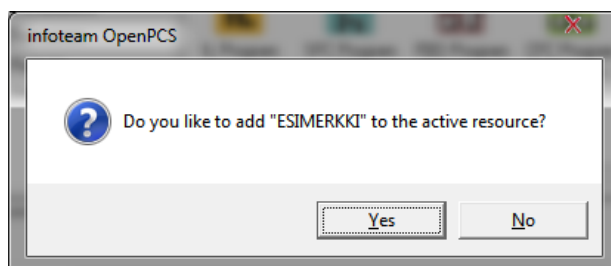
Kuvio 25. Uusi projekti

Uusi projekti on tyhjä ja sinne täytyy luoda ohjelma. Ohjelman, toimintojen ja toimilohkojen luominen tapahtuu samalla tavalla kuin edellä esitetty uuden projektin luominen. Luotaessa uutta tiedostoa valitaan ”POU”-valikosta haluttu tiedosto tyyppi ja ohjelmointikieli. Ohjelmointi kielenä käytetään Fidelixin tukemaa ST-ohjelmointikieltä. Ohjelmapohjalle annetaan nimi ja se tallennetaan luodun projektin juureen. Tiedosto polku on valmiina, mikäli luotu projekti on avattuna (Kuvio 26).



Kuvio 26. Uuden ohjelmapohjan luominen

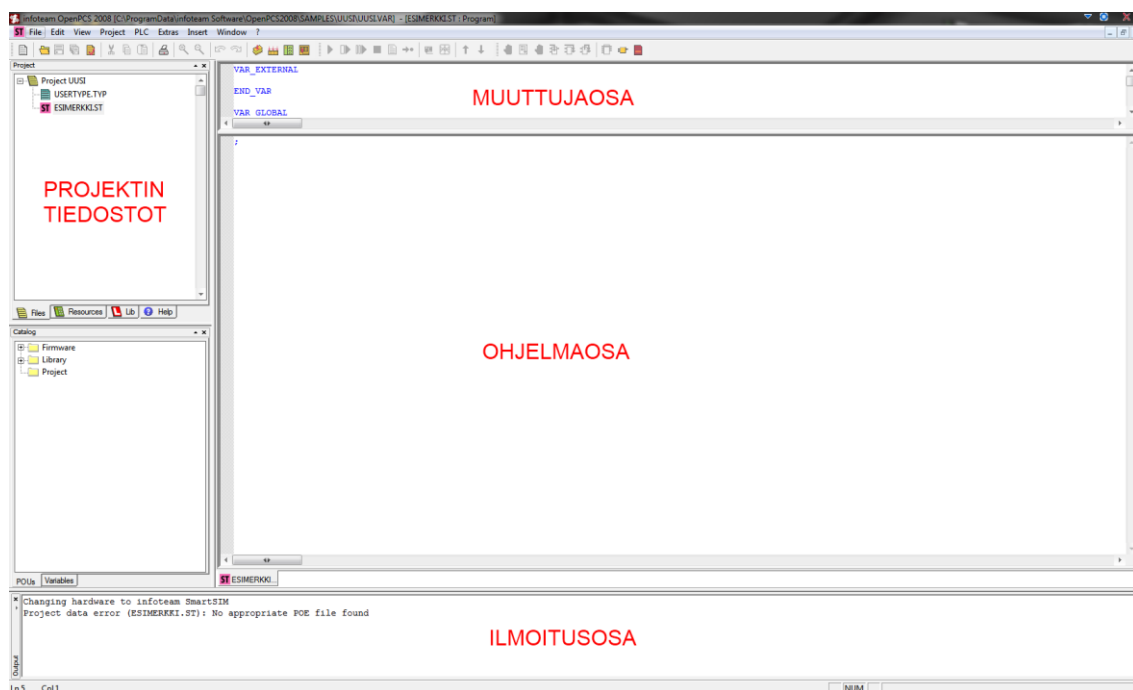
Kun uusi ohjelmapohja on lisätty tietokantaan, ohjelma vielä kysyy asetetaanko ohjelma aktiiviseksi. Tähän kohtaan valitaan ”ei” (kuvio 27). Ohjelma asetetaan aktiiviseksi vasta, kun se on ajoa varten valmis. Ohjelman aktivointi tapahtuu helposti jälkeinpäin. Painetaan hiiren oikealla napilla ohjelman päältä ja valitaan ”Link to active resource”.



Kuvio 27. Ohjelman aktivointikysymys

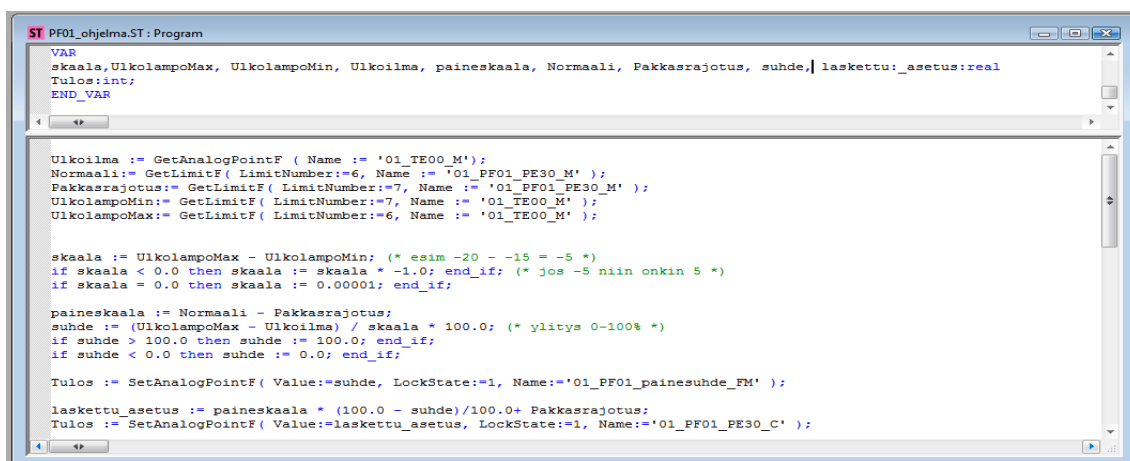


Uudelle ohjelmajohjalle aletaan tämän jälkeen kirjoittaa ohjelmaa. Valmiiksi luotuja ohjelmia voidaan hyödyntää uusien ohjelmien tekemisessä. Ohjelmointinäköymä on jaettu kolmeen osaan. Yläosaan määritetään ohjelmassa käytetyt muuttuja ja vakiot. Keski-osaan luodaan itse ohjelma joka muodostuu muuttujista, vakioista ja lausekkeista. Alla olevaan ilmoitusosaan tulee virheilmoitukset ja -tiedot ohjelmaa kääntäessä. Osiot on esitetty kuviossa 28.



Kuvio 28. Ohjelmointinäköymä

Muuttajat määritetään niiden tyyppin mukaan. Esimerkiksi erilaisia muuttujatyyppejä ovat INT-muuttujat, jotka ovat kokonaislukuja ja REAL-muuttujat, jotka ovat reaalilukuja. Määritettyjä muuttujia voidaan käyttää ohjelmassa.



Kuvio 29. Esimerkki pakkasrajotusohjelmasta

Kuviossa 29 näkyy esimerkki pakkasrajoitusohjelmasta. Muuttuja osioon on merkitty ohjelmaosiossa näkyvät muuttajat, sekä näiden muuttujatyypit. Esimerkiksi ”Ulkoilma” on real-muuttuja ja ”Tulos” on int-muuttuja. Vihreät tekstit ohjelma osiossa ovat huomautustekstejä, jotka on lisätty selventämään käyttäjän ohjelman lukua. Ne eivät muulla tavoin liity ohjelmaan. Ohjelma toimii seuraavasti, ensiksi haetaan pistetiedot. Seuraavaksi ohjelma laskee pakkasrajoituslämpötilojen ”UlkolampoMax” ja ”UlkolampoMin” erotuksen muuttujaan ”skaala”. Tuloksesta tuleessa negatiivinen se muutetaan positiiviseksi arvoksi, ja tulos 0 muutetaan arvoon 0.00001. Muuttujaan ”paineskaala” lasketaan asetettujen paineasetusten erotus ”Normaali” ja ”Pakkasrajoitus”. Muuttujaan ”suhde” lasketaan, missä suhteessa ulkolämpötila alittaa asetetun pakkasrajan, käyttäen apuna muuttujaa ”skaala”. Muuttujalle ”suhde” asetetaan vielä rajoitukset, että se ei voi olla suurempi kuin sata tai pienempi kuin nolla. Ensimmäinen tulos asettaa käyttöliittymään näkyviin muuttujan ”suhde” arvon. Muuttujaan ”laskettu\_asetus” lasketaan vielä pakkasrajoituksen mukainen paineasetus. Toisessa kohtaa ”Tulos” asettaa uuden paineasetuksen ohjauspisteeseen.

Osa ohjelmoinnista tapahtuu Fidelixin automaatiojärjestelmän puolelle. Esimerkiksi pakkasrajoitusohjelmassa näkyvät raja-arvo pisteet ”GetLimitF” asetetaan käyttöliittymän kautta. Fidelix-ohjelmointi tapahtuu suoraan paikallisesti järjestelmän kosketusnäytöltä tai etäyhteydellä.

Toimilohkojen ja toiminnot rakentuvat samalla tavalla muuttujista ja niiden ehtolauseista, kuten ohjelmatkin. Ohjelmassa voidaan käyttää hyväksi toimilohkoja ja toimintoja niitä kutsuttaessa.

Projektissa käytettiin pohjana valmista ilmavaihtokoneohjelmaa poistoilmapuhaltimien ohjaukselle. Tällöin pystyttiin käyttämään myös valmiina olevaa iv-koneen toimilohkoa. Projektikohtaiset ohjaus- ja hälytysohjelma kirjoitettiin omille sivuille.

Ohjelma ohjaa taajuusmuuttajaa paineenasetuksen mukaan. Poistokanavaan on määritetty tietty kanavapaine, ohjelma vertaa täsmäävätkö mitattu kanavapaine ja kanavapaineen asetusarvo toisiinsa. Erotilanteessa ohjelma ohjaa taajuusmuuttajasta poistoilmapuhaltimen käyntiä tarvittavaan suuntaan. Ohjelmaan luodaan myös käyttäjän säädettävissä oleva pakkasraja-asetus, sekä yötuuletusasetus.

Pakkarajaohjelma pudottaa kanavapaineasetusta ulkolämpötilan ylittäessä asetettupakkasraja. Paineasetuksen pudottaminen tapahtuu suhteessa ulkolämpötilan ja pakkasrajan erotukseen.

Tehostettu yötuuletus on sidonnainen aikaohjelmaan. Yötuuletusta varten ohjelma tarvitsee yötuuletusluvan aikaohjelmasta. Sen lisäksi yötuuletusta varten käyttäjällä on säädettävissä yötuuletusrajat. Ulkolämpötilan on alitettava yötuuletusraja ja poistoilman on oltava riittävän paljon lämpimämpää ulkoilmaan nähden.

Tekstiviestiohjausta varten ei tarvinnut luoda omia ohjelmia koska, Fidelix versiosta 5.30 alkaen tekstiviestitoiminnot löytyvät älystä. Käyttäjän on mahdollista tilata tekstiviestillä halutun pisteen arvo. Muuttaa asetusarvoja, sekä pakottaa puhallin tietylle nopeudelle tai sammuksiin. Lisäksi järjestelmä lähettää ohjelmoidut hälytykset tekstiviestinä käyttäjälle.

Ohjelmat testaan, että ne toimivat yhteen käyttöliittymän kanssa. Lisäksi testataan, että ohjelmat toimivat luotettavasti. Järjestelmään liittyvien ohjausten, asetusten ja hälytysten tulee toimia moitteettomasti. Käyttöliittymän tulee osata yhdistää toiminnot ja ilmoittaa niistä tilatiedoilla. Testaaminen tapahtuu ohjelmoinnin yhteydessä, siten että etäyhteydellä ohjataan järjestelmää ja asetetaan se kaikkiin mahdollisiin tiloihin ja katsotaan mitä tapahtuu. Mikäli virheitä ilmenee, tarkastellaan ohjelmaa ja pisteiden asetuksia simulointi työkalulla.

Ohjelmoinnin apuna käytettiin Sähköpalvelu J. Yrjänheikin Oy:n toimistolla olevaa Fidelix FX-Spider-40 rakennusautomaatiojärjestelmää, joka on vastaava kuin kohteeseen tuleva järjestelmä. Kun kaikki halutut pisteet ja ohjelmat oli luotu ja testattu. Ne saadaan järjestelmästä ulos varmuuskopiona, joka voidaan asentaa kohteeseen liitettävään järjestelmään. Tällä tavoin kaikki ohjelmat ja pisteet saadaan helposti siirrettyä järjestelmästä toiseen.

## 8.4 Kyt Kentäkotelot

Molempia poistoilmakanavia varten rakennettiin kytkentäkotelot. Koteloina käytettiin Fibox EKJ 30-T kotelaita (Kuva 30). Valmiit kotelot sijoitetaan poistoilmakanaviin. Koteloihin asennettiin suunniteltu määrä riviliittimiä, lämpötila-anturit ja paine-erolähtimet. Riviliittimien asennusta varten kotelon takaseinään asennettiin riviliitinrima. Riviliittimiä tulevat syöttöjä ja kentälaitteita varten. Paine-erolähtimet asennettiin koteloiden sisäseinille, mistä letkut tulevat poistoilmakanavaan ja ulkoilmaan. Lämpötila-anturit asennettiin koteloiden kanteen, mistä ne tulevat mittaamaan poistoilman lämpötilaa. Paine-erolähtiminä käytettiin Pro dual PEL 1000 (Kuva 31). Kanavalämpötila-antureina käytettiin Pro dual TEK NTC10 kanavalämpötila-anturia (Kuva 32). Lay-Out kuvat kytkentäkotelosta ovat liitteinä opinnäytetyössä. Valmiita kytkentäkotelaita nimitettiin yksinkertaisesti nimillä FIBOX\_01 ja FIBOX\_02.



Kuva 31. PEL 1000



Kuva 32. TEK NTC10

(Pro dual Oy:n www-sivut 2013. Hakupäivä 25.3.2013)



Kuva 30. Fibox EKJ 30-T (Fibox Oy Ab:n www-sivut 2013. Hakupäivä 28.3.2013)

Ulkoilman lämpötila-anturi asennettiin kohteessa rakennuksen pohjoissivun seinälle. Ulkoilman lämpötila-anturina toimii Produalin TEU NTC 10 (kuva 33).



Kuva 33. TEU NTC 10 (Produal Oy:n www-sivut 2013. Hakupäivä 7.4.2013)

## 8.5 Kenttätyöt

Kenttätyöt aloitettiin asentamalla Fidelix FX-Spider-40 näytön asennuslevy sähköpääkeskuksen seinään. Rakennuksessa on kiviseinät, joten asennuksessa tuli ensin porata reiät propuille, joihin levy saatiin ruuvattua kiinni.

Kohteen katolla hyödynnettiin rappujen välissä ilmaitse kulkevaa vaijeria, poistoilman kanavien välisten kaapeleiden vetämiseen. Kaapeleina käytettiin kahta neliparista NO-MAK-kaapelia. Kaapelit merkittiin päistä yksinkertaisesti 1 ja 2 kaapeliksi. Poistoilman kanavilta vedettiin JAPP-putket katolla olevien koppien päälle, joiden läpi yhdyskaapelit saatiin vedettyä. (Kuva 34).



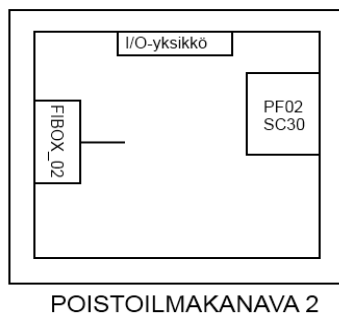
Kuva 34. JAPP-putki kanavan ja kopin katon välillä

Asennuksissa tuli suunnitelmiin pieniä muutoksia. Aluksi oli suunniteltu, että I/O-moduuliyksikkö tulisi poistoilmapuhaltimen yksi (PF01) kanavaan. PF01:ksi suunniteltu puhallin meni vaihtoon ja aikataulun vuoksi asennukset aloitettiin poistoilmapuhaltimen kaksi (PF02) kanavasta. Päätettiin asentaa PF02 ensin rakennusautomaatiojärjestelmällä toimivaksi ja jättää PF01 vanhalle ohjaukselle, siksi aikaa että puhallin on vaihdettu.

Spiderin I/O-moduuli ruuvattiin poistoilmakanavan PF02 seinälle (kuva 35). Viereisille seinille asennettiin taajuusmuuttaja ja Fibox-koteloon rakennettu kytkentäkotelo (kuva 36). Taajuusmuuttajan toimittaja oli asentanut sen valmiiksi EMC-suodattimeen ja suojakoteloon. Aikaisemmin vedettyjä yhdyskaapeleita tuli jatkaa, koska ne eivät ylittäneet läpiviennin kautta I/O-moduulille. Läpiviennin viereen asennettiin kaksi jakorasialaa, molemmille NOMAK-kaapeleille.



Kuva 35. Spider I/O-moduuli



Kuva 36. Periaatekuva yksiköiden asettelusta kanava seinille

Vanha turvakytkin poistettiin ja tilalle asennettiin uusi EMC-suojattu turvakytkin. Turvakytkin asennettiin kanavan ulkoseinälle, josta moottorin käynti voidaan estää huoltotöiden ajaksi. Taajuusmuuttajan, turvakytkimen ja moottorin välille käytettiin EMC-suojattua MCCMK kaapelia. Kovanpuolen asennuksia meillä oli mukana tekemässä Sähköpalvelu J. Yrjänheikki Oy:n työntekijä Mika Kangas.

Kammioiden väliset yhdyskaapelit asennettiin pisteluettelon mukaisille paikoille I/O-yksikköön. Taajuusmuuttaja kytkettiin I/O-yksikköön pisteluettelon mukaisille paikoille. Taajuusmuuttaja kytkettiin, aikaisemmin esitetyn normaalin VAK-liitännän mukaisesti.

Sähköpääkeskuksesta lähti neljä syöttökaapelia, jotka jossakin matkan varrella yhdistyvät kahdeksi MMO-kaapeliksi. Molemmilla tuodaan taajuusmuuttajille kolme vaihetta. PF02 tulevalla kaapelilla tuodaan myös Spiderim I/O-moduulin käyttöjännite. PF01 tulevalla MMO:lla tuodaan väylä I/O-moduulin ja näyttöyksikön välille. Molemmista MMO-kaapeleista jäi yksi ylimääräinen johdin, joita pitkin kuljetettiin näyttöyksikön käyttöjännite 24VDC.

PF01 poistoilmakanavaan asennettiin samalla tavalla Fibox-kotelo ja puhallinta ohjaava taajuusmuuttaja (kuva 37). Puhaltimelle tuleva EMC-suojattu turvakytkin asennetaan kanavan ulkopuolelle, kuten aikaisemmin.



Kuva 37. PF01 asennukset

Sähköpääkeskuksessa purettiin kytkennät ylimääräiseksi jääneistä kontakteista ja kellokytkimistä. Käyttöön otetuista kontakteista purettiin lämpöreleet pois käytöstä. Käyttöön jäi kaksi kontaktori ja kaksi kytkintä. Kytkimillä voi tarvittaessa katkaista syötön taajuusmuuttajilta sähkökeskuksesta. Spiderin näyttöyksikkö kytkettiin väylään

ja käyttöjännitteeseen. Näyttöyksikkö kiinnitettiin seinälle aikaisemmin asennettuun levyyn.

Spiderin I/O-moduulin sisälle asennetaan myöhemmässä vaiheessa gsm-modeemi, joka mahdollistaa järjestelmän tekstiviestien vastaanottamisen ja lähettämisen. Asiakas hankkii modeemille itse liittymän ja sim-kortin.

## 8.6 Testaus ja säätö

Taajuusmuuttajat olivat valmiiksi parametroitu toimittajan puolesta, annettujen moottoreiden kilpiarvojen perusteella. Taajuusmuuttajan parametrit kuitenkin tarkistettiin, että kaikki olivat oikein ja mikäli virheitä ilmeni, tehtiin parametreihin tarvittavat muutokset. Puhallin käyttöön liittyvät parametrit ovat työn liitetiedostona.

Ohjelmien ja grafiikoiden toimintaa oli testattu jo ohjelmointivaiheessa simuloimalla järjestelmän toimintaa. Järjestelmä testataan kuitenkin käytännössä, samalla nähdään toimivatko väylä ja ovatko toimilaitteet oikein kytketty. Lisäksi nähdään toimivatko säätöpiirit ja hälytykset käytännössä. On tärkeää, että kaikki mittaukset toimivat ja näyttävät oikein, jotta järjestelmän säätö tapahtuu oikeilla arvoilla. Käyttöliittymästä tarkistetaan, että ohjelma alkaa itse säätämään järjestelmää kuten on suunniteltu.

Testauksessa ilmeni muutamia ongelmia. Esimerkiksi ohjelmassa oli virhe. Ohjelman asetettua pakkasraja päälle, se ei kirjoittanut sitä enään normaalitilaan, vaikka lämpötila oli pakkasrajoituksen ulkopuolella. Asennuksissa ilmenneitä virheitä oli, että painelähettimessä oli laitettu paineletkut väärin päin. Paine-ero näytti tällöin päinvastaista. Virhe korjaantui, kun kävi vaihtamassa letkut toisinpäin. Lisäksi paineen muuntotaulukko oli vanha ja se tuli päivittää.

Säätötoimenpiteitä on asettaa asetusarvot ja viiveet oikeiksi. Tärkein on kanavapaineen asetusarvo, jonka perusteella ohjelma säätää puhaltimen kierrosnopeutta, pitäen kanavapaineen vakiona. Hälytyksille asetetaan sopivat viiveet. Liian nopeat hälytysviiveet voivat häiritä ohjelman toimintaa. Liian hitaat viiveet taas eivät ole eduksi järjestelmän toiminnalle.



## 8.7 Käyttöönotto

Järjestelmä voidaan ottaa käyttöön, kun toiminta on testattu ja säädöt on asetettu kohdilleen. Ennen käyttöönottoa on erityisen tärkeää todeta järjestelmän toimivuus luotettavaksi, sillä toimimattomuus voi aiheuttaa vahinkoja niin kiinteistölle kuin laitteille. Käyttöönotto tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että asennettu järjestelmä on todettu toimivaksi ja se voidaan jättää automaattiajolle. Kuvassa 38 on kuvattu asennettu järjestelmä sähköpääkeskuksessa.

Myöhemmässä vaiheessa järjestelmän ilmamäärät mitataan ja säädöt asetetaan kohdalleen. Ilmamäärien on oltava oikeita, että järjestelmä vastaa riittävästä ilmanvaihdosta. Ilmamäärien säätöarvot ovat ilmanvaihtolaitteiston toimivuuden kannalta tärkeimpiä asioita. Ilmamäärän mittaus ja säätö tapahtuu LVI-alan ammattilaisten toimesta.

Käyttöönottoon kuuluu järjestelmän käytönopastus. Käytönopastuksessa neuvotaan lopukäyttäjälle/tilaajalle järjestelmän toiminta, sekä muut toimenpiteet, joista tulee olla tietoinen. Tällaisia ovat esimerkiksi gsm-modeemin käyttöönotto. Käytönopastus tapahtuu myöhemmässä vaiheessa Sähköpalvelu J. Yrjänheikki Oy:n puolesta.



Kuva 38. Spider sähköpääkeskuksessa

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyö oli erittäin käytännönläheinen ja monipuolinen kokonaisuus. Kokemus oli ensimmäinen konkreettisesti alaan liittyvä työkokemus koulun ulkopuolelta. Kiinteistö- ja rakennusautomaatioon tutustuminen tuli myös täysin uutena asiana. Lähtökohdat millä opinnäytetyötä lähetettiin tekemään olivat aika hataralla pohjalla. Aiheena työ oli mielenkiintoinen, mikä motivoi opettelemaan uusia asioita.

Suurimpana haasteena työssä oli ohjelmointi. PLC ohjelmointi ST-kielillä tuli täysin uutena asiana. Koulussa ohjelmointia oli harjoitettua ainoastaan FBD- ja LD-kielillä, jotka eroavat rakenteeltaan täysin ST-ohjelmoinnista. Aikaisempaa kokemusta Windows-pohjaisesta ohjelmoinnista ei myöskään ollut, mikä olisi auttanut ohjelmoinnissa. Lisähaasteena tuli erottaa rajapinta ST-ohjelmoinnin ja Fidelix-järjestelmän pisteiden ohjelmoinnin välillä.

Grafiikkaohjelmointi tuli myös uutena asiana. Yhdellä opintojaksolla olimme tehneet valvomografiikoita, mutta varsinaisesti siitä ei ollut mitään hyötyä tässä asiassa. Grafiikkaohjelmoinnin oppi helposti ja se oli mielekästä työskentelyä.

Fidelix-järjestelmä tuli myös aivan uutena kokonaisuutena. Aikaisemmin ei ollut tietoa, kyseisestä valmistajasta/järjestelmästä. Itse järjestelmästä jäi positiivinen kuva käytön ja laajennettavuuden kannalta.

Opinnäytetyön asennusvaiheessa pääsi kehittämään myös omia käden taitoja. Viimeisillä opintojaksoilla koulussa tuli vietettyä suurin osa ajasta vesilaboratoriossa, mistä oli pientä hyötyä kentällä. Käytännönoppia tuli silti runsaasti lisää, kun pääsi työskentelemään erilaisessa ympäristössä ja uusilla laitteilla.

Projektissa tuli taas todistettua se, että suunnitelmat ja aikataulut elävät projektin myötä. Tämä asia on tullut jo todistettua monta kertaa. Muutoksiin täytyy sopeutua, sillä niitä tulee väistämättä.

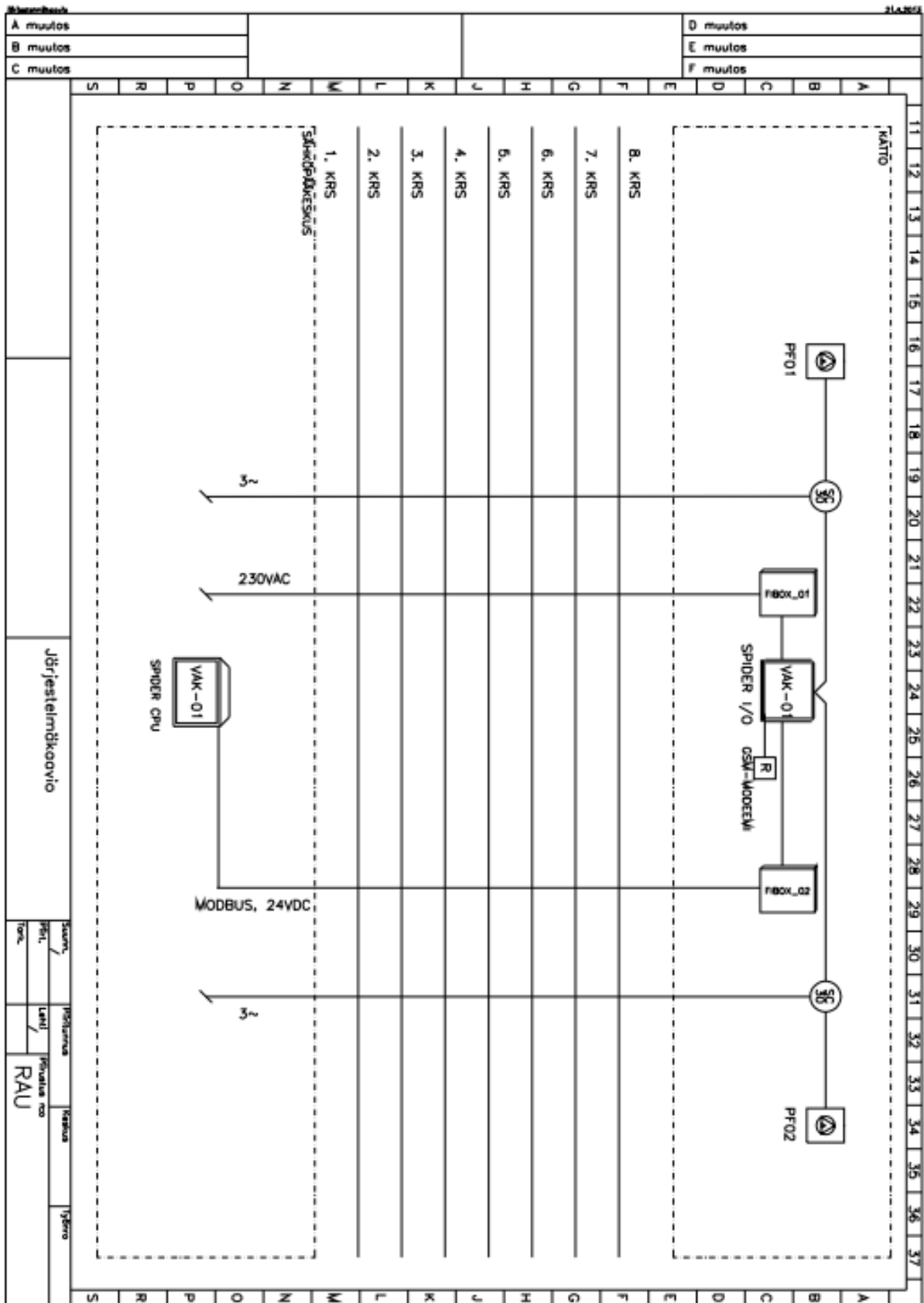
## LÄHTEET

- ABB EMCFact 2007. Hakupäivä 3.4.2013.  
<<http://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=TDM2&LanguageCode=en&DocumentPartId=&DocumentRevisionId=C&Action=Launch>>
- Alatalo, Niko, 2010. Tuloilmakoneen automatiikan modernisointi. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Kotka.
- Beijer Electronics –konsernin www-sivut 2013. Hakupäivä 3.4.2013. <<http://beijer.fi/>>
- Fibox Oy Ab:n www-sivut 2013. Hakupäivä 28.3.2013. <<http://fibox.com/>>
- Fidelix Oy:n www-sivut 2013. Hakupäivä 2.2.2013. <<http://www.fidelix.fi/>>
- Fidelix Oy, 2009. FX-Spider-40 Datasivu. Hakupäivä 2.2.2013.  
<[www.fidelix.fi/documents/tuki/Fidelix\\_SPIDER40\\_FI.pdf](http://www.fidelix.fi/documents/tuki/Fidelix_SPIDER40_FI.pdf)>
- Inverter drive supermarket www-sivut 2013. Hakupäivä 3.4.2013  
<<http://www.inverterdrive.com>>
- Härkönen, Pentti & Mikkola, Juhana & Piikkilä, Veijo & Sahala, Antti & Sahlstèn, Toivo & Sandström, Börje & Sirviö, Arto & Spangar, Tapani & Sulku Jukka, 2012. ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät. 3., uusittu painos. Tampere: Sähköinfo Ry.
- Mitsubishi FR-D700 käsikirja. Hakupäivä 3.4.2013.  
<[http://www.eco-paronen.fi/uploads/files/D700\\_kasikirja.pdf](http://www.eco-paronen.fi/uploads/files/D700_kasikirja.pdf)>
- Mitsubishi FR-D700 lyhytkäyttöohje puhallinkäyttöille, pumppukäyttöille, PID-säätösovelluksille. Hakupäivä 3.4.2013. <<http://ftc.beijer.se/files/C125728B003AF839/7BB3D837C8660414C12574E3002D0A58/D700%20lyhyt%20k%C3%A4sirja%20puhallin%20pumppu%20ja%20PID.pdf>>
- Oulun seudun ammttikorkeakoulu, 2009. TL121105 Automaatiotekniikka 1. Hakupäivä 29.1.2013.<[http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1\\_s2006u.htm](http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2006u.htm)>
- Piikkilä, Veijo & Sahlstèn, Toivo, 2006. ST-käsikirja 21 Kiinteistöjen tiedonsiirto väylät. Tampere: Sähköinfo Oy.
- Produal Oy:n www-sivut 2013. Hakupäivä 25.3.2013 <<http://produal.fi/>>
- Seppänen, Olli & Seppänen, Matti, 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Jyväskylä: SIY Sisäilmätieto Ry.
- ST 51.21, 2000. LVIS-Merkinnät. Espoo: Sähkötieto Ry.
- ST 715.00, 2010. Taajuusmuuttaja käytöt, Yleistä. Espoo: Sähkötieto Ry.
- Systemair AB. REPT6/REPT10 käyttöohje. Hakupäivä 5.2.2013.  
<<http://www.systemair.com/Documentation/Fans%20and%20Accessories/L-BAL-E081-FIN.pdf>>
- Värjä, Pertti & Mikkola, Jukka-Pekka, 2008. Uusi kiinteistöautomaatio. Korja: Mikro-Oppi Ky.
- Waara, Petri, Projektipäällikkö, Sähköpalvelu J. Yrjänheikki Oy, Poistopuhallin modernisointi Valtaväylä 36, Sähköpostiviesti, Peetu Kumpunimi, 18.1.2013.

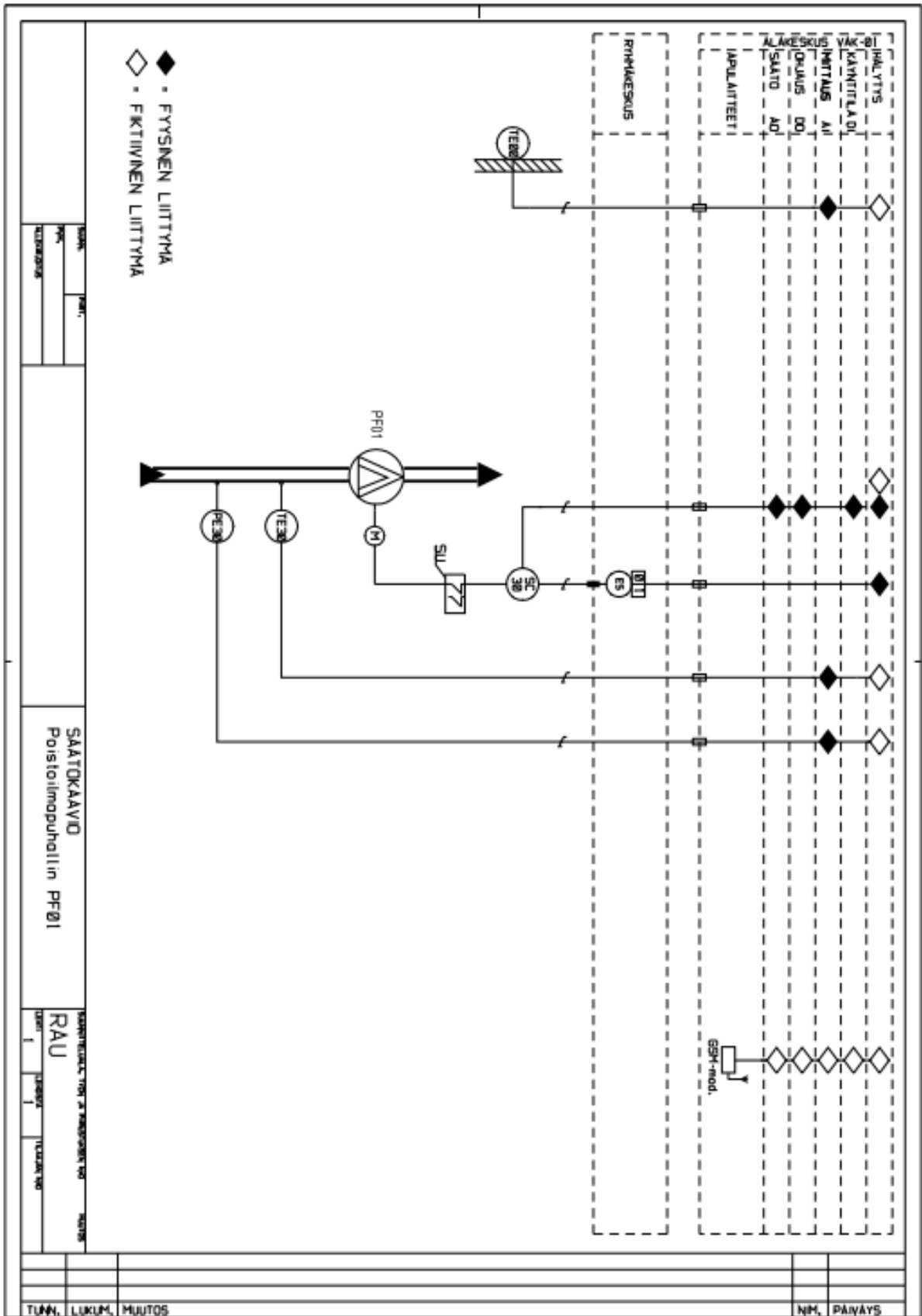
## LIITTEET

- Liite 1. Järjestelmäkaavio
- Liite 2. Sääntökaavio poistoilmakone PF01
- Liite 3. Sääntökaavio poistoilmakone PF02
- Liite 4. Toimintaselostus
- Liite 5. Laiteluettelo
- Liite 6. Pisteluettelo
- Liite 7. Lay-out kuva FIBOX\_01
- Liite 8. Lay-out kuva FIBOX\_02
- Liite 9. Piirikaavio PF01 PE30
- Liite 10. Piirikaavio PF02 PE30
- Liite 11. Piirikaavio PF01 TE30
- Liite 12. Piirikaavio PF02 TE30
- Liite 13. Piirikaavio TE00
- Liite 14. Piirikaavio PF01 SC30 Ohjaus
- Liite 15. Piirikaavio PF02 SC30 Ohjaus
- Liite 16. Piirikaavio PF01 SC30 Hälytys
- Liite 17. Piirikaavio PF02 SC30 Hälytys
- Liite 18. Piirikaavio PF01 SC30 Indikointi
- Liite 19. Piirikaavio PF02 SC30 Indikointi
- Liite 20. Piirikaavio PF01 SC30 Nopeusohje
- Liite 21. Piirikaavio PF02 SC30 Nopeusohje
- Liite 22. Piirikaavio moottorin syöttö PF01
- Liite 23. Piirikaavio moottorin syöttö PF02
- Liite 24. Kuvat käyttöliittymästä
- Liite 25. Fidelix FX-Spider datasivu
- Liite 26. Sisäilmaston vähimmäislaatusot
- Liite 27. Taajuusmuuttaja parametrit

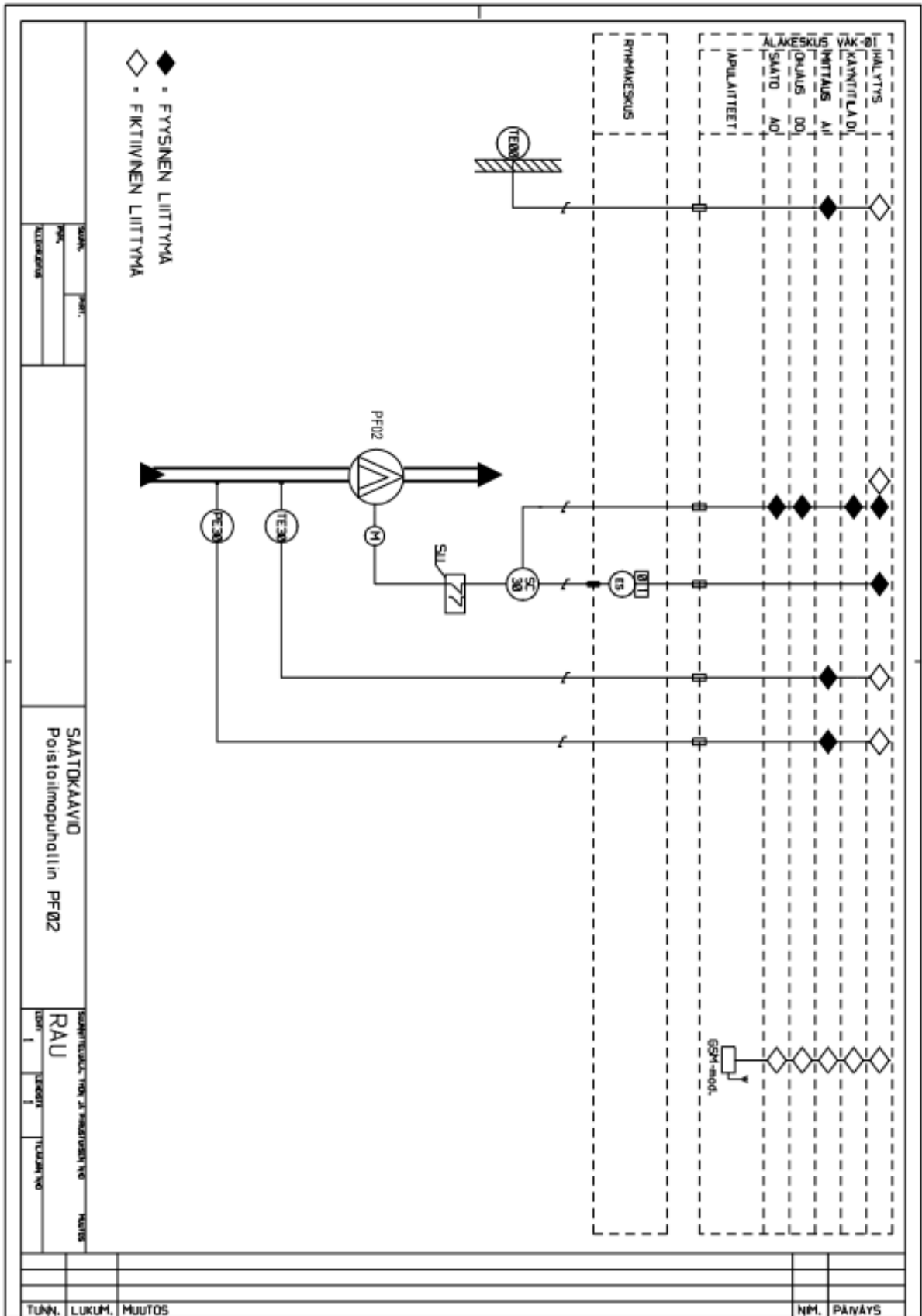
Liite 1. Järjestelmäkaavio



Liite 2. Säätkäavio poistoilmakone PF01



Liite 3. Säätoakaavio poistoilmakone PF02













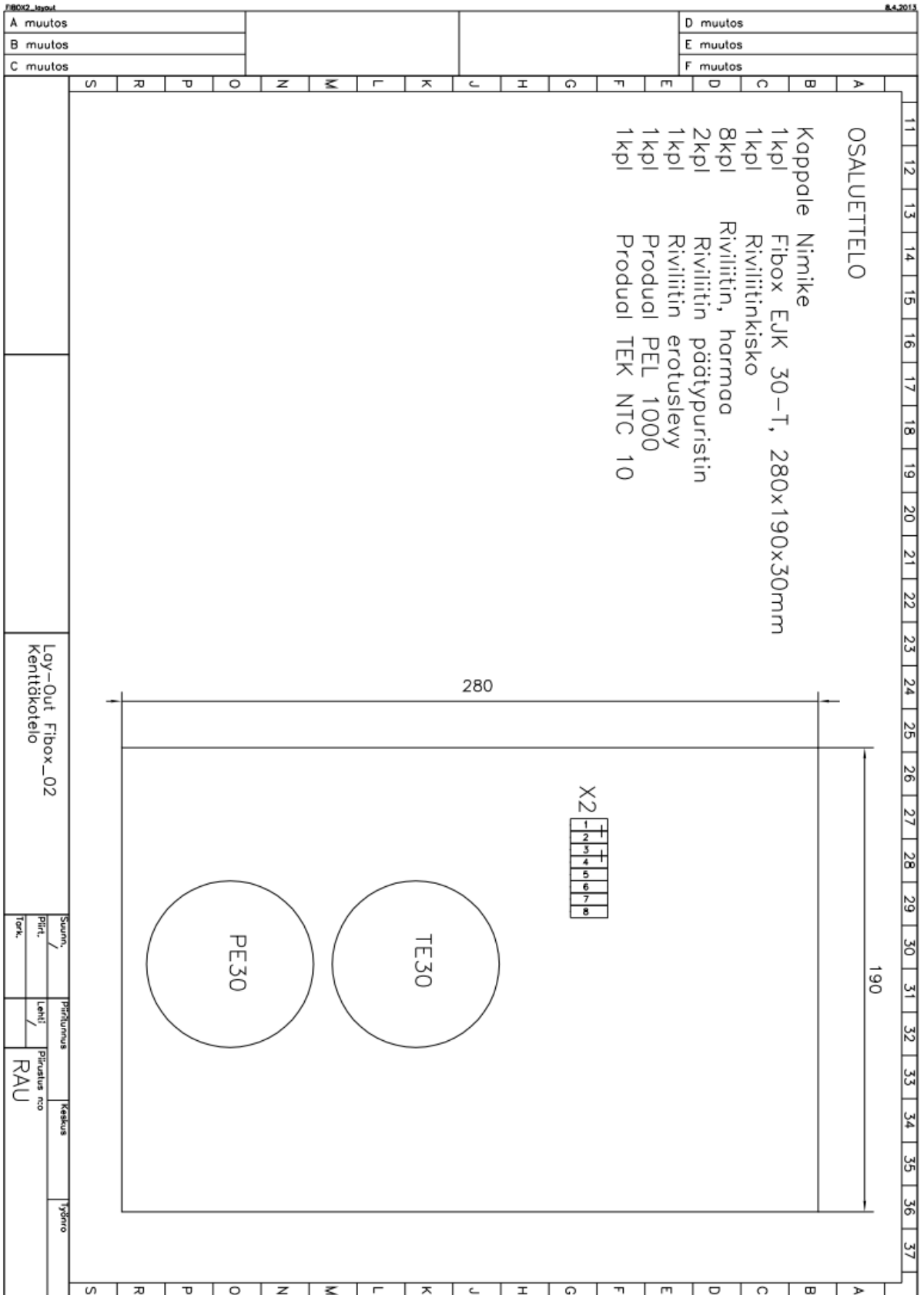
## Liite 6. 3(3) Pisteluettelo

Spider / DO-8 moduuli				Osoite 2					Ryhmäkeskus/	Kilpi	asen.	k/yk.	Testi	ok
Piste	Tunnus	Teksti	Liitin	Johdin	Tunnus	Tyyppi	Liitin	Kenttälaite						
7	01_PFO1_SC30_O	Poistopuhalin Taajuusmuuttaja	B5 B6			MMO		PF01 SC30						
8	01_PFO2_SC30_O	Poistopuhalin Taajuusmuuttaja	B7 B8			MMO		PF02 SC30						
Spider / AI-8 moduuli				Osoite 3						Kilpi	asen.	k/yk.	Testi	ok
Piste	Tunnus	Teksti	Liitin	Johdin	Tunnus	Tyyppi	Liitin	Kenttälaite						
1	01_PFO2_SC30_H	Poistopuhalin Taajuusmuuttaja	C1 I1-J8 (H3-H8)			NOMAK 4x2x0.5+0.5		PF02 SC30						
2	01_PFO1_SC30_H	Poistopuhalin Taajuusmuuttaja	C2 I1-J8 (H3-H8)			NOMAK 4x2x0.5+0.5		PF01 SC30						
3	01_PFO2_SC30_J	Poistopuhalin Taajuusmuuttaja	C3 I1-J8 (H3-H8)			NOMAK 4x2x0.5+0.5		PF02 SC30						
4	01_PFO1_SC30_J	Poistopuhalin Taajuusmuuttaja	C4 I1-J8 (H3-H8)			NOMAK 4x2x0.5+0.5		PF01 SC30						
Spider / AI-8 moduuli				Osoite 4						Kilpi	asen.	k/yk.	Testi	ok
Piste	Tunnus	Teksti	Liitin	Johdin	Tunnus	Tyyppi	Liitin	Kenttälaite						
1	01_TE00_M	Ulkoilma Lämpötila	D1 I1-J8 (H3-H8)			KLMA 4x0,8+0,8		PF TE00						
2	01_PFO2_PE30_M	Poistokanava Kanavapaine	D2 I1-J8 (H3-H8)			NOMAK 4x2x0.5+0.5		PF02 PE30						
3	01_PFO2_TE30_M	Poistoilma Lämpötila	D3 I1-J8 (H3-H8)			NOMAK 4x2x0.5+0.5		PF02 TE30						
4	01_PFO1_PE30_M	Poistokanava Kanavapaine	D4 I1-J8 (H3-H8)			NOMAK 4x2x0.5+0.5		PF01 PE30						
5	01_PFO1_TE30_M	Poistoilma Lämpötila	D5 I1-J8 (H3-H8)			NOMAK 4x2x0.5+0.5		PF01 TE30						
Spider / AO-8 moduuli				Osoite 6						Kilpi	asen.	k/yk.	Testi	ok
Piste	Tunnus	Teksti	Liitin	Johdin	Tunnus	Tyyppi	Liitin	Kenttälaite						
1	01_PFO2_SC30_A	Poistopuhalin Taajuusmuuttaja	F1 I1-J8 H3-H8			NOMAK 4x2x0.5+0.5		PF02 SC30						
2	01_PFO1_SC30_A	Poistopuhalin Taajuusmuuttaja	F2 I1-J8 H3-H8			NOMAK 4x2x0.5+0.5		PF01 SC30						

Syöttöliittimet	
H3-H8	24VDC
G3-G6	12VDC
I1-J8	0 VDC



## Liite 8. Lay-out kuva FIBOX\_02



Liite 9. Piirikaavio PF01 PE30

PROJPE30										8.4.2015									
A muutos										D muutos									
B muutos										E muutos									
C muutos										F muutos									
S	R	P	O	N	M	L	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A			
										<p>PROJUAL PEL-1000</p> <p>Tekniset tiedot:                      Syöttö 24 Vac/dc, 18...28 Vac/dc                      Tehonkulutus 24 Vdc max. 0,5 VA                      24 Vac max 1,0 VA                      Mitta-alue (voittavissa käyttöolosuhteissa)                      0...500 Pa, S1=OFF                      0...1000 Pa (tehdas), S1=ON                      Lämpövesi 0...10 Vdc, 3 mA max.                      Tarkkuus +/- 3 Pa (25 °C) (&lt; 500 Pa)                      Alkoyakio 4 s                      Lämpötilariippuvuus, tyypp. &lt; 0,8 Pa/K                      Pitkänajan stabiilisuus, tyypp. &lt; +/- 8 Pa/vuosi                      Käyttötämpötila 0...+50 °C                      Ylipaineen sieto 25 kPa max.                      Kotelot IP54, PBT, PC ja PA</p> <p>Kytkenä:                      1 24 Vac/dc syöttö                      2 0 V                      3 0...10 Vdc lähtövesi</p>									
					Suunn. / Pilt. / Tark.					Piiirikuvaus Lehti / Tark.					Keskus Piiirikaavio RAU				
S	R	P	O	N	M	L	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A			







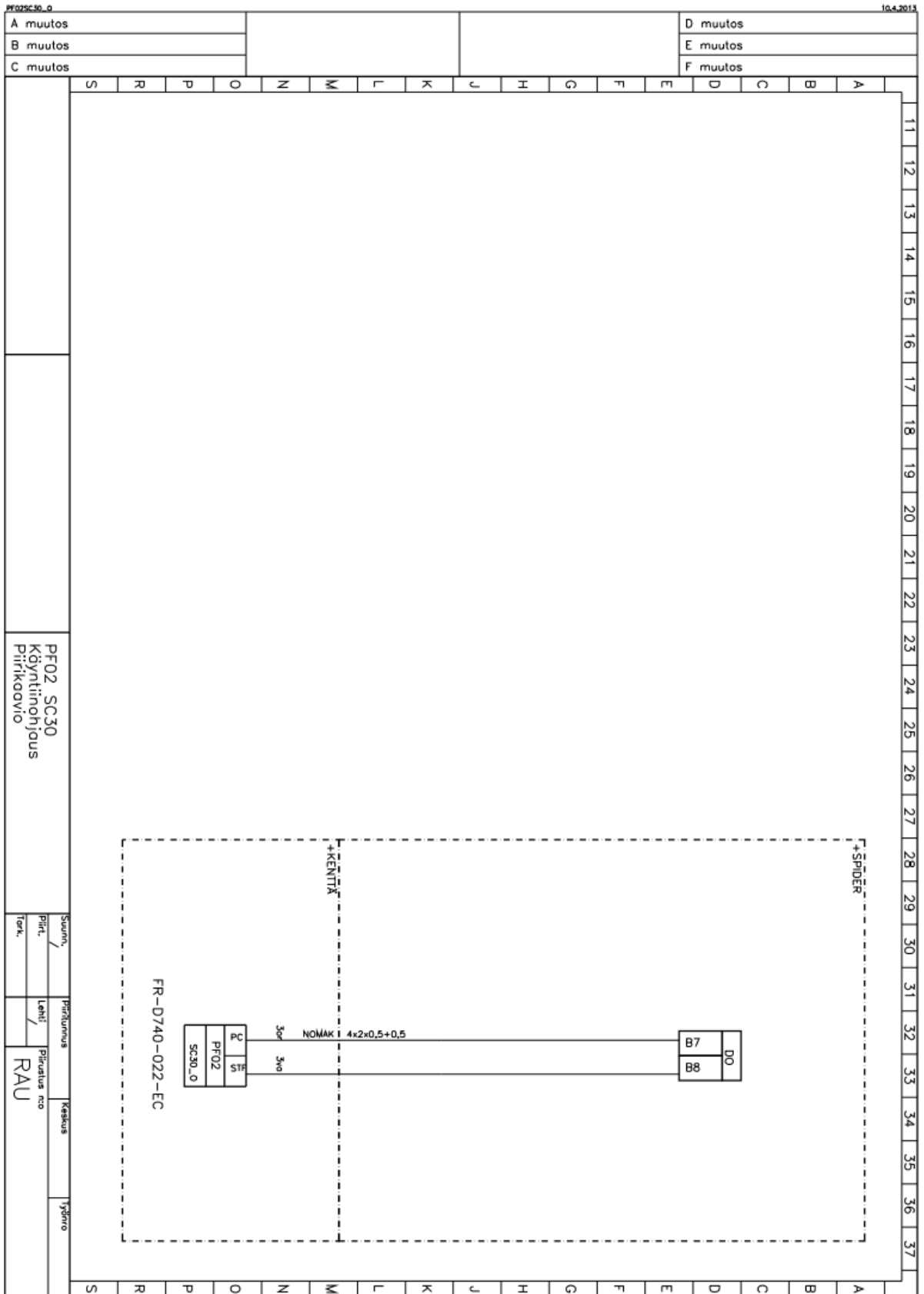


## Liite 13. Piirikaavio TE00

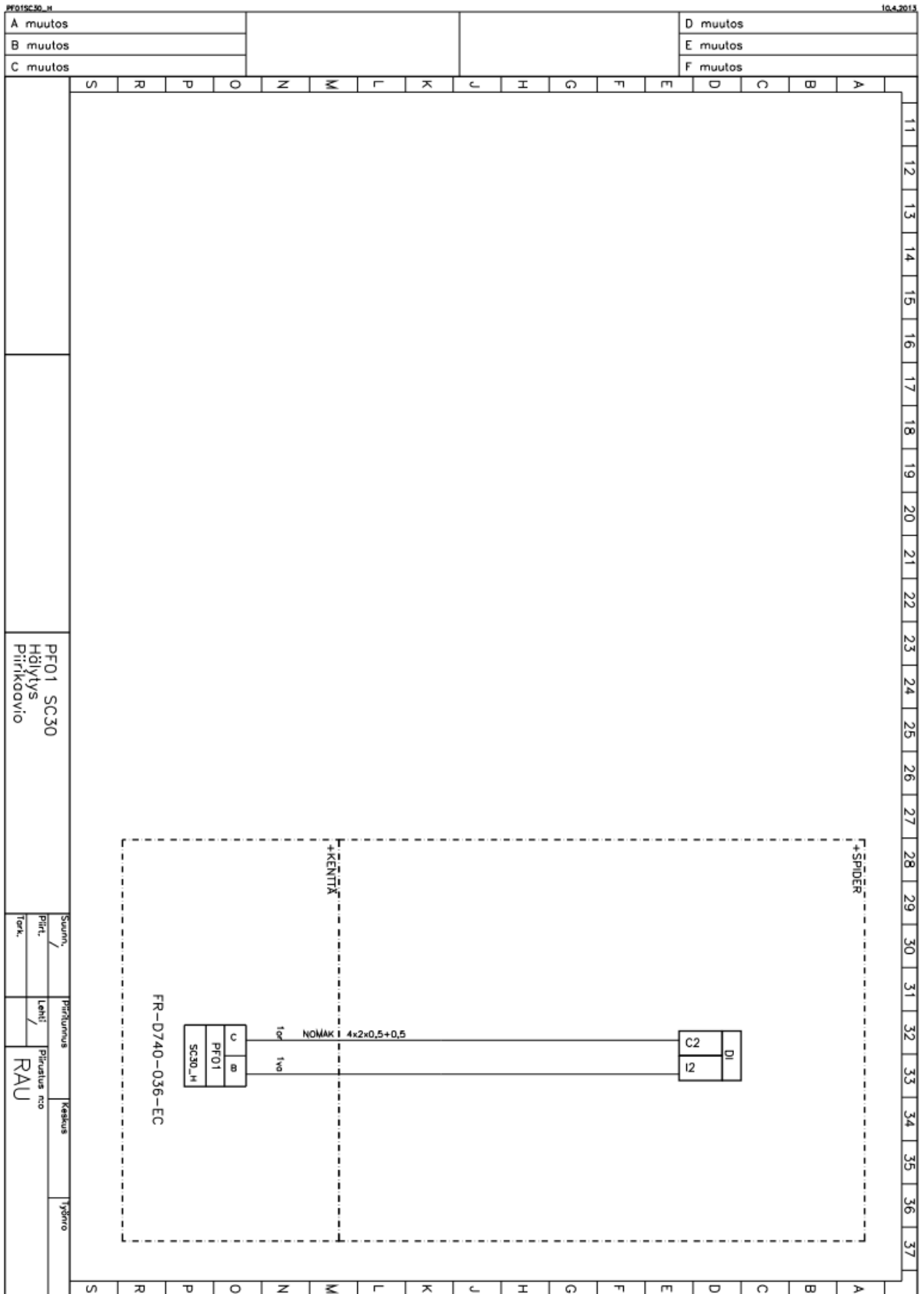
TE00											8.4.2015																																																																																					
A muutos										D muutos																																																																																						
B muutos										E muutos																																																																																						
C muutos										F muutos																																																																																						
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37																																																					
<p>Tekniset tiedot:</p> <p>onturi 10 kohm NTC –termistori  kotelo sädikestävästä muovista  suojajansuokka IP 54, kaapeliäpivienni: alaspäin  kaapeliäpivienni: M16  mittausalue -50...50 °C  tarkkuus ± 0,2 °C (25 °C:ssa)  kiinnitys Ø 4,5mm ruuveilla  reikäväli 82 mm</p> <p>Lämpötila/vastus –taulukko:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>°C</th> <th>NTC 10 / ohm</th> <th>°C</th> <th>NTC 10 / ohm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>120</td><td>389,0</td><td>25</td><td>10000,0</td></tr> <tr><td>100</td><td>680,0</td><td>20</td><td>12490,0</td></tr> <tr><td>90</td><td>917,7</td><td>15</td><td>15710,0</td></tr> <tr><td>80</td><td>1258,0</td><td>10</td><td>19900,0</td></tr> <tr><td>75</td><td>1480,0</td><td>5</td><td>25400,0</td></tr> <tr><td>70</td><td>1752,0</td><td>0</td><td>32650,0</td></tr> <tr><td>65</td><td>2082,0</td><td>-5</td><td>42340,0</td></tr> <tr><td>60</td><td>2488,0</td><td>-10</td><td>55330,0</td></tr> <tr><td>55</td><td>2968,0</td><td>-15</td><td>72980,0</td></tr> <tr><td>50</td><td>3603,0</td><td>-20</td><td>97070,0</td></tr> <tr><td>45</td><td>4368,0</td><td>-25</td><td>130400,0</td></tr> <tr><td>40</td><td>5327,0</td><td>-30</td><td>177000,0</td></tr> <tr><td>35</td><td>6532,0</td><td>-40</td><td>336500,0</td></tr> <tr><td>30</td><td>8057,0</td><td>-50</td><td>670100,0</td></tr> </tbody> </table> <p>Tilausohje:</p> <p>Typpi TEU NTC 10  10 kohm / 25 °C</p> <p>Tuotenumero 1175090  Kuvous ulkolämpötila –onturi</p>																																					°C	NTC 10 / ohm	°C	NTC 10 / ohm	120	389,0	25	10000,0	100	680,0	20	12490,0	90	917,7	15	15710,0	80	1258,0	10	19900,0	75	1480,0	5	25400,0	70	1752,0	0	32650,0	65	2082,0	-5	42340,0	60	2488,0	-10	55330,0	55	2968,0	-15	72980,0	50	3603,0	-20	97070,0	45	4368,0	-25	130400,0	40	5327,0	-30	177000,0	35	6532,0	-40	336500,0	30	8057,0	-50	670100,0
°C	NTC 10 / ohm	°C	NTC 10 / ohm																																																																																													
120	389,0	25	10000,0																																																																																													
100	680,0	20	12490,0																																																																																													
90	917,7	15	15710,0																																																																																													
80	1258,0	10	19900,0																																																																																													
75	1480,0	5	25400,0																																																																																													
70	1752,0	0	32650,0																																																																																													
65	2082,0	-5	42340,0																																																																																													
60	2488,0	-10	55330,0																																																																																													
55	2968,0	-15	72980,0																																																																																													
50	3603,0	-20	97070,0																																																																																													
45	4368,0	-25	130400,0																																																																																													
40	5327,0	-30	177000,0																																																																																													
35	6532,0	-40	336500,0																																																																																													
30	8057,0	-50	670100,0																																																																																													
TE00 ulkolämpötila Piirikaavio																																																																																																
Suunn. / Piirt. / Toim.					Pääluonnus / Lehti /					Käsi / Pöytä /					RAU																																																																																	



Liite 15. Piirikaavio PF02 SC30 Ohjaus



Liite 16. Piirikaavio PF01 SC30 Hälytys

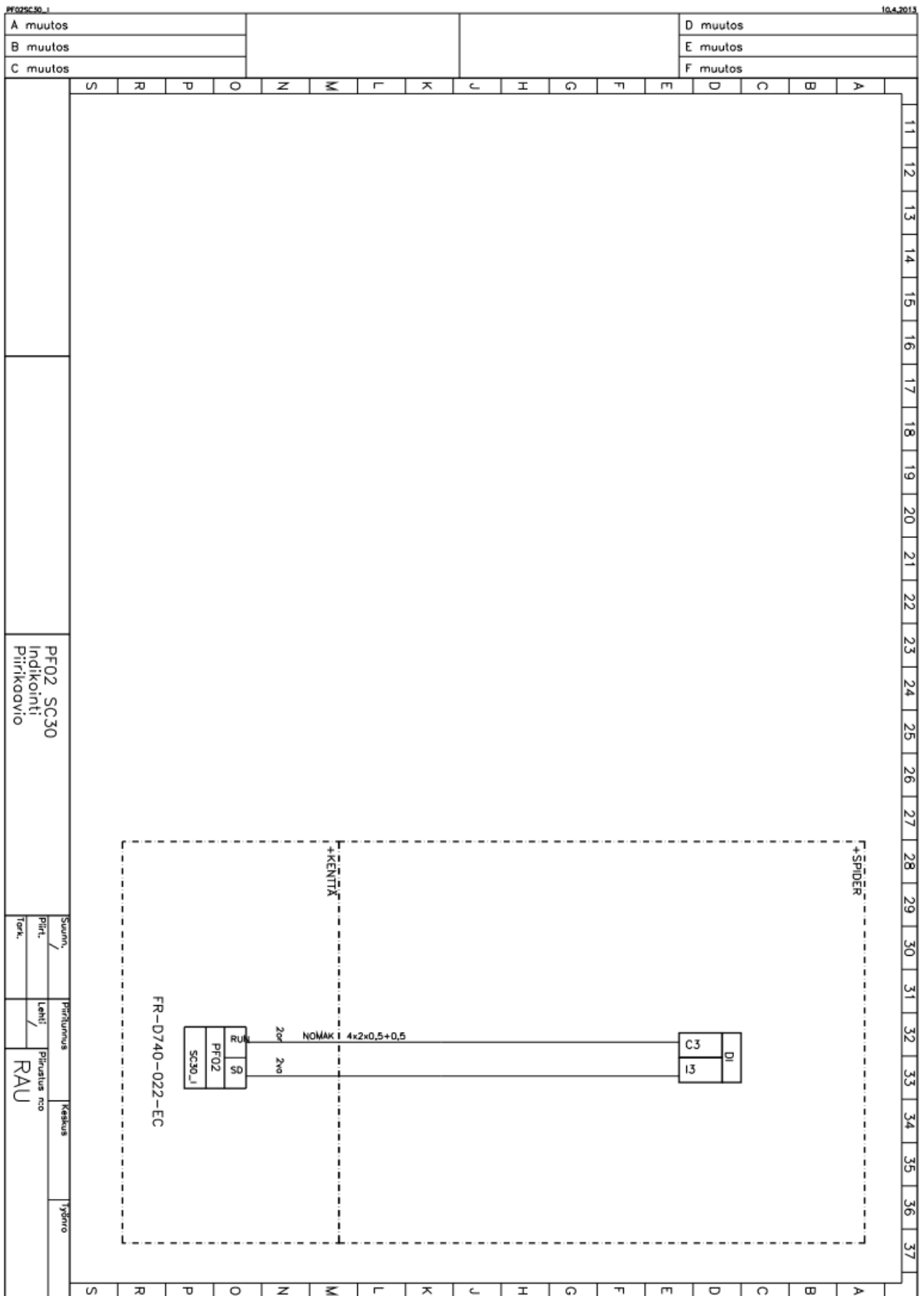




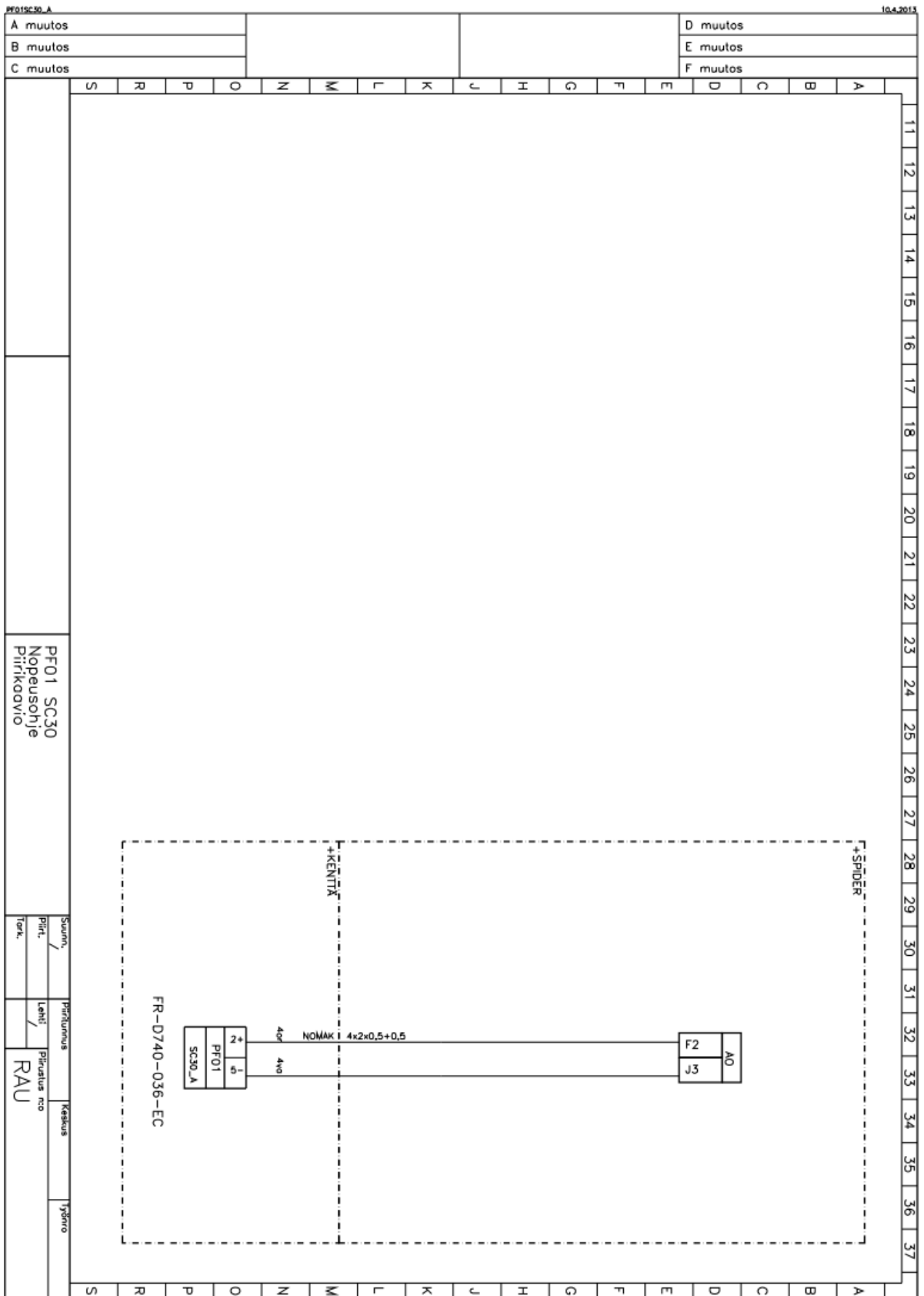




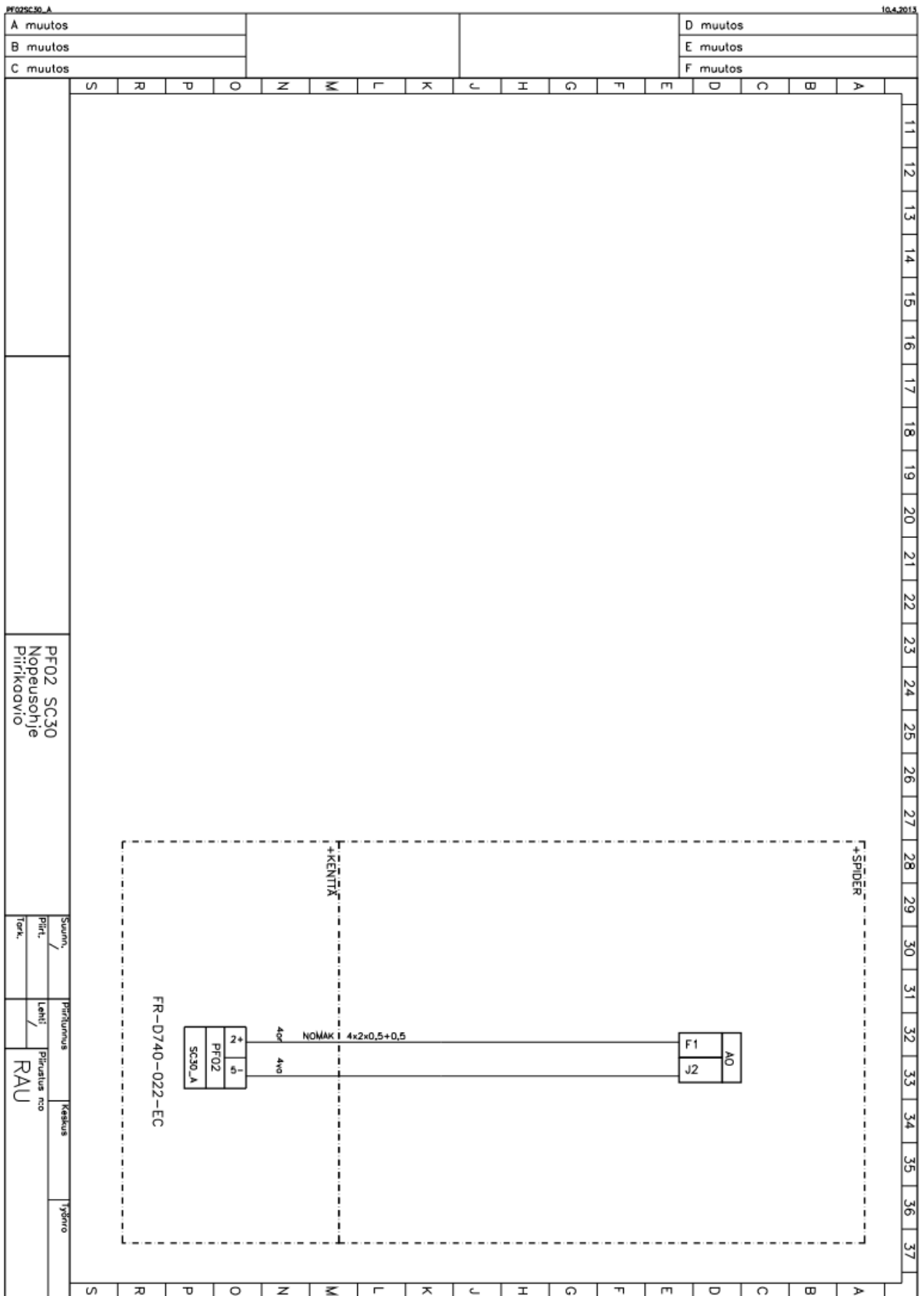
Liite 19. Piirikaavio PF02 SC30 Indikointi



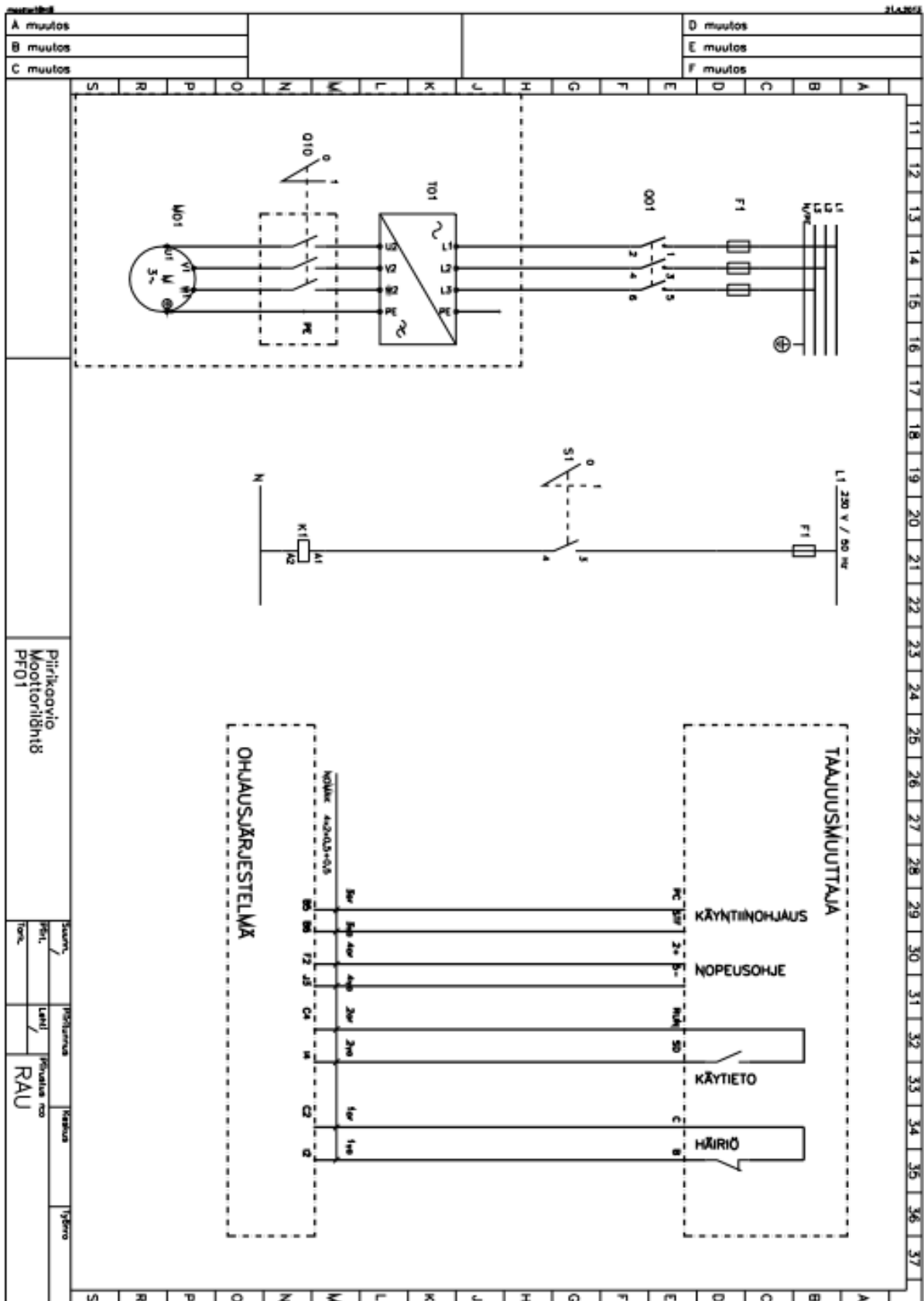
Liite 20. Piirikaavio PF01 SC30 Nopeusohje



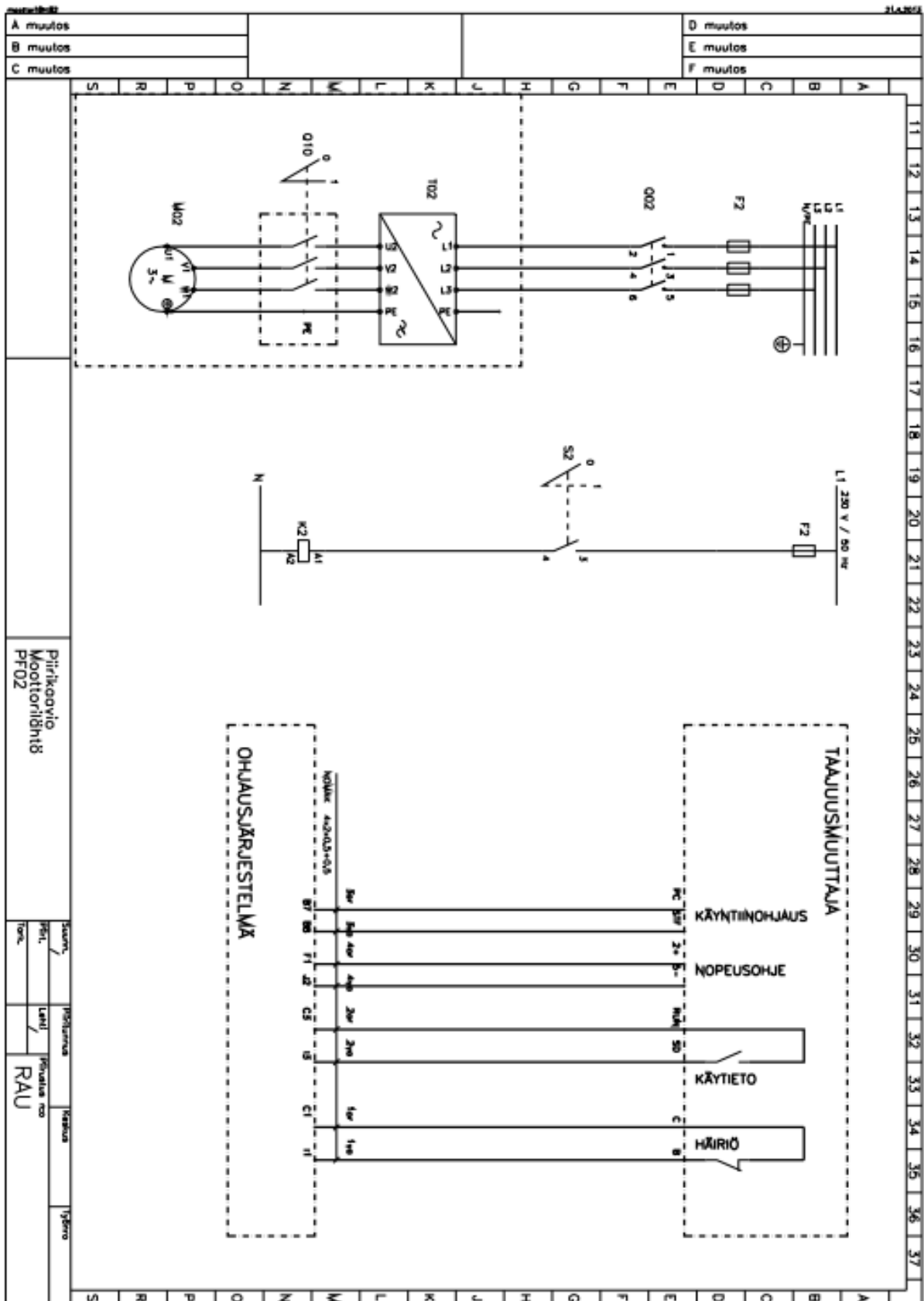
Liite 21. Piirikaavio PF02 SC30 Nopeusohje



Liite 22. Piirikaavio moottorilähtö PF01



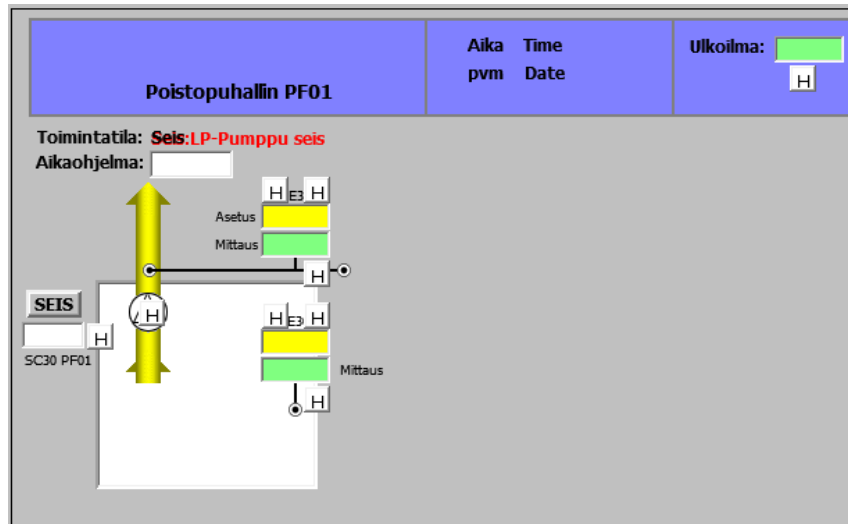
Liite 23. Piirikaavio moottorilähtö PF02



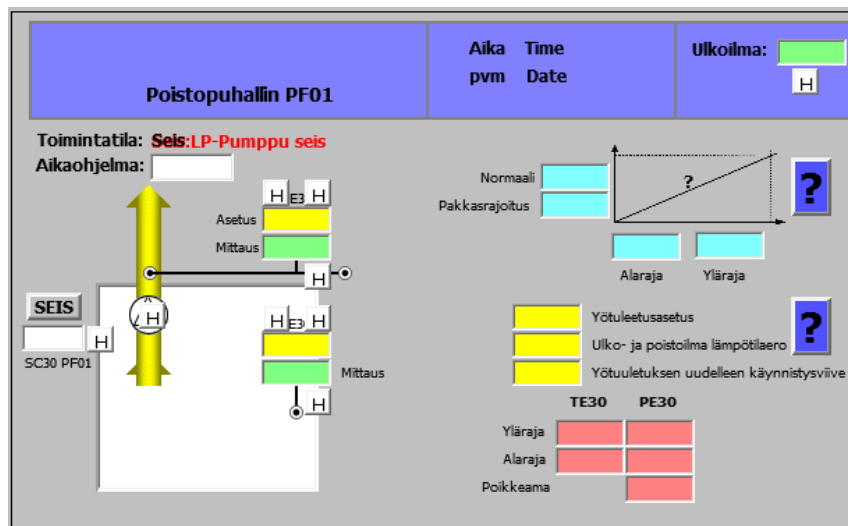
Piirikaavio  
Moottorilähtö  
PF02

suunn.	projektointi	kehitys	työno
piirt.	lehti	privatis no	
toim.		<b>RAU</b>	

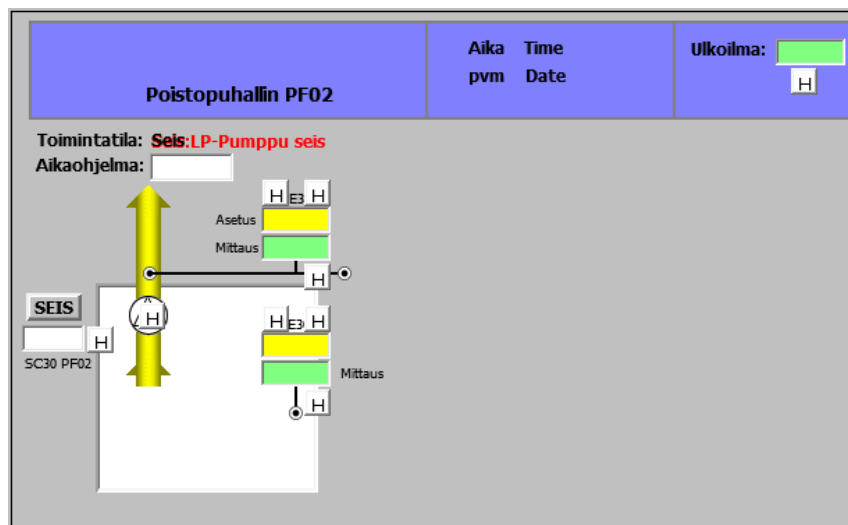
## Liite 24. 1(2) Kuvat käyttöliittymästä



PF01 Perusnäkömä



PF01 Asetusnäkömä



PF02 Perusnäkömä

## Liite 24. 1(2) Kuvat käyttöliittymästä

The screenshot shows the PF02 control interface. At the top, there is a header with 'Poistopuhallin PF02' on the left, 'Aika Time pvm Date' in the middle, and 'Ulkoilma: [input] H' on the right. Below the header, the status is 'Toimintatila: Seis:LP-Pumppu seis' and 'Aikaohjelma: [input]'. A schematic diagram on the left shows a pump unit with 'SEIS' and 'SC30 PF02' labels, and a yellow arrow pointing upwards. To the right of the diagram are several control elements: 'Asetus' (yellow), 'Mittaus' (green), and 'H E3 H' labels. Further right, there are 'Normaali' and 'Pakkasrajotus' settings, a graph with a question mark, and 'Alaraja' and 'Yläraja' labels. Below these are 'Yötuleetusasetus' (yellow), 'Ulko- ja poistoilma lämpötilaero' (yellow), and 'Yötuleetuksen uudelleen käynnistysviive' (yellow). At the bottom, there are 'TE30' and 'PE30' labels, and a table with 'Yläraja', 'Alaraja', and 'Poikkeama' rows and 'TE30', 'PE30' columns.

## PF02 Asetusnäkyvä

### PAKKASRAJOITUSOHJE

Pakkanen laskee kanavapaineen asetusta ulkolämpötilan suhteen. Käyttäjä määrittää kanavapaineelle normaaliasetuksen ja pakkasetuksen, sekä pakkasrajotuksen ylä- ja alaraja-arvot. Ulkolämpötilan alittaessa yläraja-arvon ohjelma alkaa laskemaan kanavapainetta kohti rajoitettua kanavapainetta. Ulkolämpötilan saavuttaessa alaraja-arvon ohjelma asettaa 100% pakkasrajotuksen kanavapaineelle.

**Takaisin**

## Pakkasrajotusohje

### YÖTUULETUSOHJE

Yötuleetus tehostaa puhaltimen käyntiä ulkolämpötilan ylittäessä yötuleetusrajan. Käyttäjä määrittää aikaohjelmaan ajat, jolloin yötuleetuslupa on voimassa. Yötuleetukselle asetetaan raja-arvot ulkolämpötilalle, sekä poisto- ja ulkoilman väliselle erotukselle. Automaattinen yötuleetus käynnistyy mikäli seuraavat ehdot täyttyvät, aikaohjelmasta yötuleetuslupa päällä, ulkolämpötila ylittää yötuleetusrajan ja poistoilman + lämpötilaerotus on pienempi ku ulkolämpötila. Mikäli kanavapaine laskee alle pakkasrajotuksen puhallin menee normaalia tilaan määrääjäksi.

**Takaisin**

## Yötuleetusohje



# FX-SPIDER-40

Automaatiokeskus



## Yleistä

- Teollisuus-PC
- Windows CE käyttöjärjestelmä
- Webpalvelin / Webselain
- 128 MB Compact Flash
- 128 MB RAM
- Ethernet-liityntä
- 5.7" kosketusnäyttö
- Liityntäelektronikka 40 I/O-pisteelle
- I/O- ja näyttöyksikkö voidaan asentaa erikseen tai yhdessä
- Ulkopuoliset IO-modulit (optio)
- Kulunvalvontajärjestelmä (optio)

**SPIDER-40** on monipuolinen, vapaasti ohjelmitavissa oleva automaatiokeskus, joka sisältää sulautetun web-palvelimen. Spider perustuu teollisuus PC:n ja Windows CE:n käyttöön. HTML-pohjaiset grafiikkakuvat tehdään Fidelix-työkaluohjelmistolla. Käyttö, perusohjelmointi ja määrittäykset tehdään nettiselaimella joko paikalliselta kosketusnäytöllä tai verkkoyhteydellä. PLC-ohjelmointi tapahtuu teollisuusautomaatiostandardin IEC 61131-3 mukaisesti.

## Tekniset tiedot

Syöttöjännite:	100-240V max 1,5 A
Käyttölämpötila:	0°C - 40°C
Käyttöolosuhde:	max 95%RH, ei kond.
Näyttöyksikön koko:	255x220x55 mm, 2 kg
I/O-yksikön koko:	255x220x105 mm, 3 kg
EMC-vastaavuus emissio:	EN61000-6-3 ja EN55022
EMC-vastaavuus häiriösieto:	EN50130-4 ja EN55024
Sähköturvallisuus:	EN60950-1
Värikoodi:	BS0282

### I/O-liitynnät

16 UI/DI/AI, resistiivinen tai jännitemittaus  
 8 DI, impulssimittaukset, valvotut hälytyssilmukat  
 8 DO, relelähdt 6 A / 230 V  
 8 AO, jännitelähdt 0-10V

### Tiedonsiirto

Ethernet RJ-45, 100 Mbit/s  
 RS-485, Modbus RTU, 9.600-57.600 bps  
 2 USB, esim. RS-485/232  
 langaton internet (3G), optio  
 GSM-modeemi SMS-hälytysten siirtoon, optio

### Digitaaliset sisääntulot, erityistiedot

Mittausjännite DI:	20 – 48 VDC
Mittauspiirin virrankulutus:	2.5 mA @ 24 VDC / suljettu piiri



## Liite 25. 2(2) Fidelix FX-Spider datasivu

**SPIDER-40, Webserver**

2

Sallittu vastus, avoin piiri: 50 k $\Omega$  –  $\infty$  (rinnalla) 24 VDC mittausjännitteellä  
Sallittu vastus, suljettu piiri: 0  $\Omega$  – 1 k $\Omega$  (sarjassa) 24 VDC mittausjännitteellä  
sallittu minimi pulssinpituus: ohjelmoitavissa, 5 ms – 1275 ms

**Ohjauspisteet, erityistiedot**

Virrankesto / lähtö: 6 A / 250 VAC  
Kytkenäkyky: 2500 VA  
Releen ohjausvirta: 26 mA / rele

**Mittaukset, erityistiedot**

Tarkkuus: 20 bittiä  
Vaimennus 50 Hz: > 110 dB  
Anturityypit: NTC, PT1000, Ni1000, 0..20mA, 4..20mA

, 0–10V, 2–10V

Virrankulutus vastusantureilla: 0.5 mA - 1 k $\Omega$ , 0.2 mA  
- 10 k $\Omega$

**Säätölähdöt, erityistiedot**

Tarkkuus: 10 bittiä  
Normaali virransyöttö: 10 mA  
Maximi virransyöttö: 20 mA  
Maximi jännitesyöttö: 10 V

## Liite 26. Sisäilmaston vähimmäislaatuolosuhteet

21

Jos ilmanvaihto- tai kierrätysilmalaitteiden tehostusta voidaan ohjata henkilökohtaisesti käyttöajan ohjearvoja suuremmiksi, voidaan tehostuksen aikana taulukoiden ilman nopeuden ohjearvot ylittää + 0,1 m/s ja äänitason ohjearvot ( $L_{A,eq,T}$  ja  $L_{A,max}$ ) + 10 dB.

## TAULUKKO 1. ASUINRAKENNUKSET

Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä taulukon poistoilmavirtojen perusteella siten, että asuntojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 1/h ja ulkoilmavirtojen riittävyys varmistetaan vähintään ohjearvojen mukaisiksi. Pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston käyttöajan ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 1/h ja poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti tarpeen mukaan. Jos poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, voidaan pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0. Suurten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja suuremmiksi, jotta tilakohtainen ulkoilmavirta olisi ohjearvon mukainen ja huoneiston ilmanvaihtokerroin olisi vähintään 0,5 1/h.

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta dm <sup>3</sup> /s	Äänitaso $L_{A,eq,T}$ / $L_{A,max}$ dB	Ilman nopeus talvi m/s	Huom!
Asuintilat:	6					
Asuinhuoneet		0,5		<b>28 / 33</b> *	0,20	*C1 määräys
Keittiö		#S	8 #A	<b>33 / 38</b> *	0,20	*C1 määräys
– käyttöajan tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
– käyttöajan tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
– käyttöajan tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhoituhuone		#S	8	33 / 38	0,30	
– käyttöajan tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistos sauna		2 #C	2/m <sup>2</sup> #C	33 / 38		
Yhteistilat:						
Porrashuone		0,5 1/h	0,5 1/h	38 / 43		
Varastot		0,35	0,35 /m <sup>2</sup>	43 / 48		
Kylmäkellari (myös asuntokylmiö, jos pinta-ala > 4m <sup>2</sup> )		0,2	0,2 / m <sup>2</sup>	43 / 48		
Pukuhuone		2	2 / m <sup>2</sup>	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	3 / m <sup>2</sup>	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	2 / m <sup>2</sup>	33 / 38		
Talopesula		1	1 / m <sup>2</sup>	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	2 / m <sup>2</sup> #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerho		1 #E	1 / m <sup>2</sup> #E	33 / 38	0,20	

# A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm<sup>3</sup>/s.

# B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttöajan tehostuksen mukainen.

# C Kuitenkin vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta.

# D Voidaan mitoitaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta.

# E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>.

# S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.

## Liite 27. Taajuusmuuttaja parametrit

4

**Puhallinkäyttöön liittyvät parametrit ja kytkennät**

Alla on katsaus parametreihin, jotka pitää ohjelmoida puhallinsovellutuksiin. Parametrin numeron perässä on ohjeellinen suositusarvo. Nämä asetusarvot on myös valmiiksi ohjelmoitu, mikäli taajuusmuuttaja on tilattu Beijer Electronicsilta koteloituna puhallinkäyttöön.

Parametri **160 = 0, parametrialueen laajennus, ohjelmoidaan ensimmäiseksi**  
**1 = 50Hz, yläkierrosrajoitin, muuta tarvittaessa**  
**7 = 60s, kiihdytysaika sekunteina, muuta tarvittaessa**  
**8 = 60s, jarrutusaika sekunteina, muuta tarvittaessa**  
**9 = moottorin nimellisvirta, elektroninen lämpörelä, tarkista moottorin kilvestä**  
**12 = 0 %, DC-jarrutus**  
**14 = 1, momenttikäyrä pumpeille ja puhaltimille**  
**52 = 5, ohjelmointiyksikön näytön toiminnan valinta, nopeusohjearvo**  
**57 = 0, automaattinen käynnistys hetkellisen verkkokatkon jälkeen**  
**73 = 0, ohjearvojännite 0-10VDC**  
**75 = 1, STOP -näppäimen toiminta**  
**77 = 2, ON-line ohjelmointi**  
**125 = 50Hz, maksiminopeus 10V ohjearvolla, muuta tarvittaessa, huom pr.1**  
**161 = 1, digitaalipotentiometrin toiminta**  
**162 = 10, tahdistus pyörivään moottoriin jokaisessa käynnistyksessä**  
**250 = 1 (ei pumppukäyttöihin) pysäytystavan valinta, vapaa pysäytys**  
**C... - C2 = 10Hz, minimitaajuus 0V ohjearvolla, muuta tarvittaessa**

Lisäksi tarvittaessa

4 = 50Hz, kiinteä nopeus RH-tulolla  
 5 = 30Hz, kiinteä nopeus RM-tulolla  
 6 = 10Hz, kiinteä nopeus RL-tulolla  
 17 = 2, MRS-tulon toiminta avautuvalla koskettimella, jos jäätymissuoja on käytössä  
 180 = 24, RL-tulon toiminta jäätymissuojan lukitus

**KytKentäesimerkki, normaali VAK-liitäntä**

Ohjaukset: käyntilupa ja säätöviesti

Indikoinnit: häiriö ja käyntitieto

