

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Automaatiotekniikka

Niko Alatalo

TULOILMAKONEEN AUTOMATIIKAN MODERNISOINTI

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Automaatiotekniikka

ALATALO, NIKO	Tuloilmakoneen automatiikan modernisointi
Opinnäytetyö	53 sivua + 8 liitesivua
Työn ohjaajat	diplomi-insinööri Erkki Ristola projektipäällikkö Hannu Hinkkanen
Toimeksiantaja	Resta-Sky Oy, Paraisten Puhelin Oy
Syyskuu 2010	
Avainsanat	ilmastointi, tuloilmapuhallin, automaatio, PID-säädin

Ilmastointijärjestelmien tehtävänä on sisäilman laadun hallinta, jolla pyritään saavuttamaan hyvät työskentelyolosuhteet henkilöstölle sekä pitämään laitteiden käyttöolosuhteet sellaisina, että ne mahdollistavat laitteiden häiriöttömän toiminnan. Opinnäytetyön tarkoituksena oli modernisoida Paraisten Puhelin Oy:n toimitilojen tuloilmakoneen automatiikka ja virittää säätimen parametrit optimaalisiin arvoihin.

Työ alkoi esisuunnittelulla, jossa kartoitettiin, mitkä säätölaitteet uusittiin, ja käytiin läpi vanhat dokumentit. Automaatiosuunnitteluun kuului kytkentäkuvan, kenttälaiteluettelon, kenttälaittekeskuksen ja toimintakuvauksen suunnittelu. Osana työtä oli myös kenttälaittekeskuksen teko, säätimen ohjelmointi, käsikäyttöpäätteen ohjelmointi, käsikäyttöpäätteen ohjeiden luonti, asennusurakka ja käyttöönotto.

Käyttöönoton jälkeen kerättiin säätimeen tallentuvia trenditietoja. Trenditietoja kerättiin huonelämpötilasta, sisälle puhallettavan ilman lämpötilasta sekä freonipatterin ohituspellin toiminnasta ja lämmityspatterin venttiilimoottorin toiminnasta.

Trenditietojen avulla pystyttiin tarkastelemaan prosessin luonnetta. Säätimelle annettiin viritysparametrit kokeilemalla ja verrattiin annettuja parametreja laskennoista saatuihin parametreihin. Laskennallisia ja kokeilemalla saatuja parametreja simuloitiin. Simuloinnista saatujen vasteiden avulla pystyttiin virittämään säätimen parametrit sopiviksi. Sopivilla parametreilla saavutettiin hyvä ilmanvaihtoprosessin hallinta, jolla pystyttiin luomaan henkilökunnalle tasaiset ja viihtyisät työskentelyolosuhteet.

Operointipäätteen avulla henkilökunta pystyy helposti muuttamaan huonelämpötilan asetusarvoa sekä näkemään senhetkisiä mittausarvoja. Ilmastointi toimii aikaohjelman mukaan energian säästämiseksi.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Automation Engineering

ALATALO, NIKO Modernization of an Air Conditioning Control System

Bachelor's Thesis 53 pages + 8 pages of appendices

Supervisors Erkki Ristola, MSc

Hannu Hinkkanen, Project Manager

Commissioned by Resta-Sky Oy, Paraisten Puhelin Oy

September 2010

Keywords air conditioning, supply air fan, automation, PID controller

The purpose of air conditioning systems is indoor air quality management, which is aimed at achieving appropriate working conditions for people as well as at enabling trouble-free operation of devices. The objective of this thesis was to modernize the air conditioning control system at Paraisten Puhelin Oy and to adjust the control parameters to their optimum values.

The planning of the work involved the checking of old documents and consideration of which control devices should be replaced. The automation design comprised the making of a coupling drawing and a device list, the design of a field equipment box and the writing of function specifications. The work also included the construction of the field equipment box, the programming of the controller and the manual terminal and, finally, the installation and commissioning of the whole system.

After the commissioning, trend data were collected from the controller. This data gave information of room temperature, supply air temperature, the function of the Freon radiator damper and the function of the heating radiator valve.

It was possible to examine the nature of the process and select the correct parameters for the controller from the trend data. Suitable parameters achieved the best possible working conditions and cause less wear on field equipments.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Paraisten Puhelin Oy:n toimitiloihin Paraisille. Työn aiheena on toimitilojen tuloilmakoneen automatiikan modernisointi.

Työn ohjasivat diplomi-insinööri Erkki Ristola Kymenlaakson ammattikorkeakoulusta, projektipäällikkö Hannu Hinkkanen ja projektisuunnittelija Otso Kause Resta-Sky Oy:stä. Haluan kiittää Erkki Ristolaa, Hannu Hinkkasta, Otso Kausea, automatiikka-asentaja Vesa Maanpäättä ja muita työssä avustaneita.

Kotkassa 29.10.2010

Niko Alatalo

SISÄLLYS
TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
ALKUSANAT

1. JOHDANTO.....	7
2. PARAISTEN PUHELIN OY	8
2.1 Yrityksen esittely.....	8
2.2 Finnet-ryhmä	8
3. ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄT.....	10
3.1 Periaatteet	10
3.2 Ilman lämmitys patterilla	11
3.3 Säätoventtiili.....	13
3.4 Jäätymissuoja	13
4. SISÄILMASTO.....	14
4.1 Sisäilmaston muodostuminen.....	14
4.2 Laatuvaatimukset	14
4.3 Ilmanvaihdon tarve.....	15
4.4 Sisäilmaston vaikutukset	15
5. MODERISOITU AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ.....	16
5.1 Valvomotaso.....	17
5.2 Operointi.....	20
5.3 Alakeskus	20
5.4 Säädin	21
5.4.1 DI-pisteet	22
5.4.2 AI-pisteet	23
5.4.3 Pulssilaskentapisteet	24
5.4.4 DO-pisteet.....	25
5.4.5 AO-pisteet.....	26

6. OHJELMISTOT	27
6.1 Käyttöjärjestelmä	27
6.2 Paraisten Puhelin Oy:n modernisoidun automatiikan logiikkaohjelma	28
6.2.1 Mittaussekvenssi	28
6.2.2 Käyntilupa- ja lukitussekvenssi	29
6.2.3 Tuloilmapuhaltimen ohjaussekvenssi	31
6.2.4 Kaskadisäädinsekvenssi	32
6.2.5 Seisontasäätösekvenssi	33
6.2.7 Lämmitys-/jäähdytyssekvenssi	34
6.2.7 Yölämmitys- ja yöjäähdytyssekvenssi	35
7. SÄÄTÖ	37
7.1 Säätojärjestelmän rakenne	37
7.2 Säätopiirin virittäminen	38
7.3 Säädön toiminnan seuranta trenditietojen avulla	38
7.4 Prosessikokeet	42
7.5 Simulointi	44
7.6 Viritysparametrien laskenta	45
7.6.1 Lambda-menetelmä	45
7.6.2 Ziegler-Nichols-menetelmä	47
7.6.3 Ziegler-Nichols-värähtelyrajamenetelmä	48
7.7 Parametrien vertailu	49
8. OPINNÄYTETYÖN LOPPUTULOS	51
LÄHTEET	52

LIITTEET

- Liite 1. Johdotuskaavio
- Liite 2. Toimintakaavio
- Liite 3. Toimintaselostus
- Liite 4. BACVIEW-käyttöohjeet

1. JOHDANTO

Toimitilojen ilmastoinnin tehtävä on ottaa sisään ulkoilmaa, jakaa ilma toimitilojen eri osiin, pitää alueiden lämpötila halutun suuruisena ja poistaa käytetty ilma rakennuksesta. Kylmän ilman lämmittäminen vie paljon energiaa ja on kallista, joten sisään puhallettavaa ilmaa lämmitetään lämmityspatterin lisäksi freonipatterissa kiertävällä konvektorien jäähdytyskoneen lauhdevedellä.

Paraisten Puhelin Oy:n ilmastointi koostuu yhdestä tuloilmakoneesta, jäähdytyskonvektoreista ja huippuimureista. Tuloilmakoneessa on raitisilmapelti, ohituspelti, freonipatteri, lämmityspatteri ja puhallin. Lämmityspatterissa kuuma vesi kiertää tiheässä putkistossa ja läpi puhallettavaan ilmaan siirtyy pattereista lämpöenergiaa. freonipatterissa kiertää freoni.

Tämän opinnäytetyön aiheen sain Resta-Sky Oy:n projektipäällikkö Hannu Hinkkaselta. Työn tekopaikka oli Paraisten Puhelin Oy:n toimitilat Paraisilla. Työnä oli Paraisten Puhelin Oy:n tuloilmakoneen automatiikan modernisointi ja säätimen parametrien viritys. Hannu Hinkkanen oli myynyt urakan ja tehnyt laiteluettelon myydyistä säätölaitteista. Aloitin työni tutustumalla vanhaan kytkentäkuvaan ja prosessikuvaan. Vanhojen kuvien avulla tein uuden kytkentäkuvan, jonka mukaan valmistin säätölaittekeskuksen. Seuraavaksi tein ohjelman uudelle säätimelle ja kuvatieoston käsikäyttöpäätteelle. Säädin toimii kaskadisäädöllä eli säädössä on kaksi PID-säädintä. Annoin PID-säätimille parametrit simuloinnin perusteella. Simuloinnin jälkeen latsin ohjelman säätimeen ja testasin, että ohjelma ja säädin toimivat. Toimintakuvauksen tein ohjelman mukaan ja käyttöohjeet käsikäyttöpäätteelle tein kuvatieoston perusteella.

Automatikka-asentaja Vesa Maanpää auttoi minua laitteiden asennuksissa ja kytkemisissä. Asennusten jälkeen käynnistin järjestelmän, testasimme pisteet ja tutkimme säädön tarkkuutta. Löysin säädön toiminnalle riittävät viritysparametrit. Tämän jälkeen annoin käytönopastuksen talon henkilökunnalle. Käyttöäönnoton jälkeen aloin tutkia säätimeen tallentuvia trenditietoja. Trenditietojen avulla pystyin mallintamaan prosessin luonteen. Tein askelvastekokeita, joista sain prosessin parametrit. Prosessiparametreista pystyin laskemaan uudet parametrit laskennallisilla

menetelmillä ja simuloimaan parametrien vasteet. Menetelmistä saatujen parametrien ansiosta pystyin virittämään säädön vielä paremmaksi.

2. PARAISTEN PUHELIN OY

2.1 Yrityksen esittely

Partel, Paraisten Puhelin Oy, on dynaaminen ja nopeasti kehittyvä teleyritys, jonka toiminta on keskitetty Turunmaan saaristoon. Partelilla on pitkät perinteet ja juuret syvällä Turun saaristossa. Partel on toiminut alueellaan yksityisenä teleoperaattorina menestyksekkäästi jo yli sata vuotta. (Paraisten Puhelin Oy 2010.)

Partel tarjoaa strategisine kumppaneineen niin yksityisille kuin yrityksille kattavan valikoiman nykyaikaisia tele- ja datapalveluita. Yritys panostaa toimintansa ja palveluidensa jatkuvaan kehittämiseen voidakseen auttaa asiakkaitaan parhaalla mahdollisella tavalla. Asiakastyytyväisyystutkimuksessa parhaat arvosanat tulivat vahvasta paikallisten olojen tuntemuksesta sekä loistavasta asiakaspalvelusta sekä ruotsiksi että suomeksi. (Paraisten Puhelin Oy 2010.)

Partel kuuluu Finnet-ryhmään. Finnet-ryhmä on valtakunnallinen, aidosti suomalainen tietoliikenneryhmä, jonka tietoliikennepalveluita on käytettävissä kaikkialla Suomessa. (Paraisten Puhelin Oy 2010.)

2.2 Finnet-ryhmä

”Finnet-ryhmän muodostavat 27 itsenäistä, alueellista puhelinyhtiötä tytä- ja osakkuusyhtiöineen sekä Finnet-liitto ry. Ryhmä tarjoaa asiakkailleen tehokkaita, laadukkaita ja monipuolisia tietoliikennepalveluja.” (Finnet 2009.)

Paikallisten puhelinyhtiöiden tavoitteena on aina ollut tarjota yhteyksiä asiakkaiden vaatimuksella. Yhtiöissä on pyritty kehittämään tuotteita ja palveluita, joita asiakkaat ovat osanneet käsitellä ja joihin heillä on ollut mahdollisuus. (Finnet 2009.)

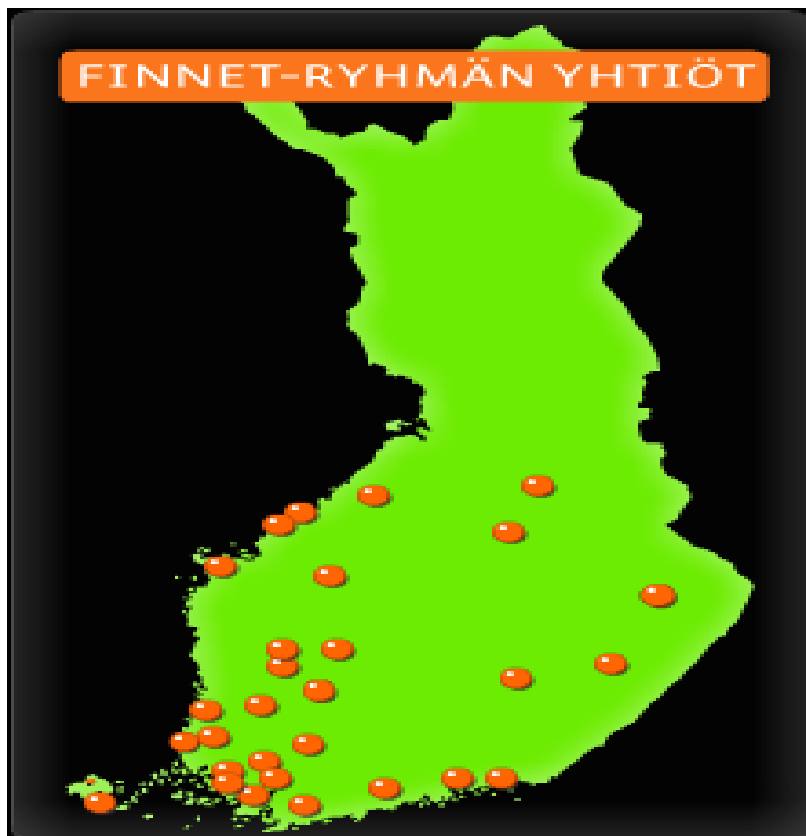
Finnet-ryhmän toiminta on kohdennettu kestävän kehityksen tielle. Puhelinyhtiöt kantavat vastuuta yhteiskunnallisista kysymyksistä ja pitävät huolta lähiyhteisöjensä

hyvinvoinnista. Samoja periaatteita on noudatettu myös laajemmassa toiminnassa. (Finnet 2009.)

Puhelinyhtiöt ovat oman alueensa huippuyhtiöitä, maksukykyisiä ja osaavia, toimivat lähellä asiakasta. Alueella käytetty raha käytetään investointeina paikalliseen talouselämään ja koko Suomi säilyy elinvoimaisena. (Finnet 2009.)

”Koko Finnet-ryhmän yhteenlaskettu liikevaihto vuonna 2008 oli 380 miljoonaa euroa ja se työllistää yli 2400 henkilöä” (Finnet 2009).

”Finnet-liitto ry on Finnet-ryhmän yhtiöiden elinkeino- ja toimintapoliittinen etujärjestö sekä yhteistyöfoorumi. Finnet-liitto vastaa jäsenistönsä edunvalvonnasta. Yhteistyö toimialan muiden yritysten ja yhteisöjen kanssa kuuluu myös vahvasti Finnet-liiton toimintaan.” (Finnet 2009.)



Kuva 1. Finnet-ryhmän yhtiöt (Finnet 2009)

3. ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄT

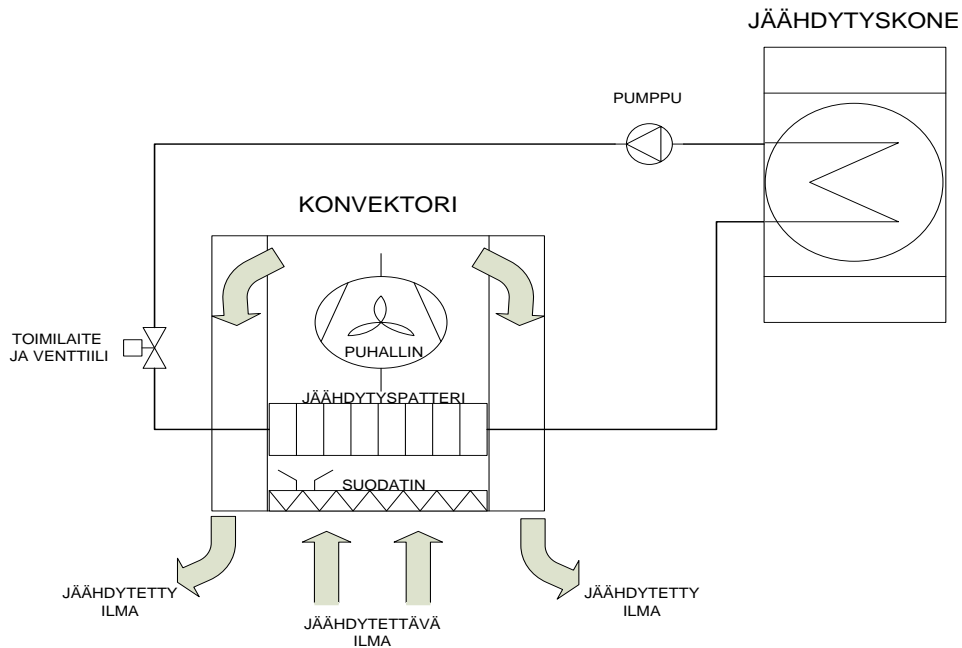
3.1 Periaatteet

Sopiva lämpötila ja hyvä ilman laatu rakennuksessa on ilmastoinnin päätavoite. Kesän jäähdystystilanne on ilmastoinnin mitoituksen kannalta yleensä hallitseva ilmavirtojen ja laitteiden valinnoissa. Jäähdytetyn ilman tai veden avulla voidaan viedä huoneeseen jäähdystystehoa. Järjestelmät jaotellaan kahteen kategoriaan ilma- ja vesijärjestelmiin. (Seppänen & Seppänen, 2007, 200.)

Ilmajärjestelmässä jäähditys tapahtuu jäähdytetyllä ilmalla, joka tuodaan tiloihin eristetyissä kanavissa. Käyttötarkoituksesta ja tarpeesta riippuen ilmajärjestelmiä on valittavana useita. Järjestelmän kriteerejä ovat muun muassa, kuinka suurta erikseen säädettävää aluetta järjestelmä voi palvella sekä onko jäähditys ja lämmittäminen samanaikaisesti mahdollista. (Seppänen & Seppänen, 2007, 200–201.)

Vesijärjestelmällä jäähditys tapahtuu siten, että tuloilman lämpötilaa ei säädetä huoneen lämmitys- tai jäähdystystehon tarpeesta riippuen, vaan teho viedään jäähdytetyn tai lämmitetyn veden avulla. Erillisessä konvektorissa tai paneelissa vesi jäähdyttää huoneen ilman. Vesijärjestelmien ilmanvaihtoilma johdetaan huoneisiin erikseen. Vesiputket ja vesijärjestelmien ilmakeinavat vievät vähemmän tilaa kuin ilmajärjestelmä kanavat, kun taas vastaavasti huonelaitteet vaativat enemmän tilaa ja huomioonottamista suunnitteluvaiheessa. (Seppänen & Seppänen, 2007, 200–201.)

Paraisten Puhelin Oy:n toimitilojen ilmastointi on ratkaistu kahdella tavalla. Ilman jäähditys tapahtuu konvektorien avulla. Konvektorien puhaltimet imevät huoneilmaa suodattimen ja jäähdytyspatterin läpi, minkä jälkeen jäähtynyt ilma puhalletaan takaisin huoneeseen. Jäähdytyspatterissa kiertää jäähdytyskoneessa jäähdytetty vesi, joka luovuttaa jäähdytysenergiaa sen läpi johdettavaan ilmaan. Kuvassa 2 on esitetty konvektorin toimintaperiaate. Konvektorit kuuluvat vesijärjestelmään.



Kuva 2. Konvektorin rakenne ja toimintaperiaate

Konvektorit vain jäähdyttävät tai kierrättävät huoneilmaa. Konvektorit eivät vaihda huoneilmaa. Ilmanvaihto tapahtuu tuloilmakone TF-1:llä. Tuloilmakoneen TF-1:n puhallin imee raitista ulkoilmaa suodattimen, freonipatterin ja lämmityspatterin läpi. Kun ilma johdetaan freonipatterin ja lämmityspatterin läpi, pattereissa kiertävä lämminvesi luovuttaa ilmaan lämpöenergiaa. Puhallin puhalttaa lämmitetyn ilman kanavien kautta huoneisiin. Tuloilmakone TF-1 kuuluu ilmajärjestelmään.

3.2 Ilman lämmitys patterilla

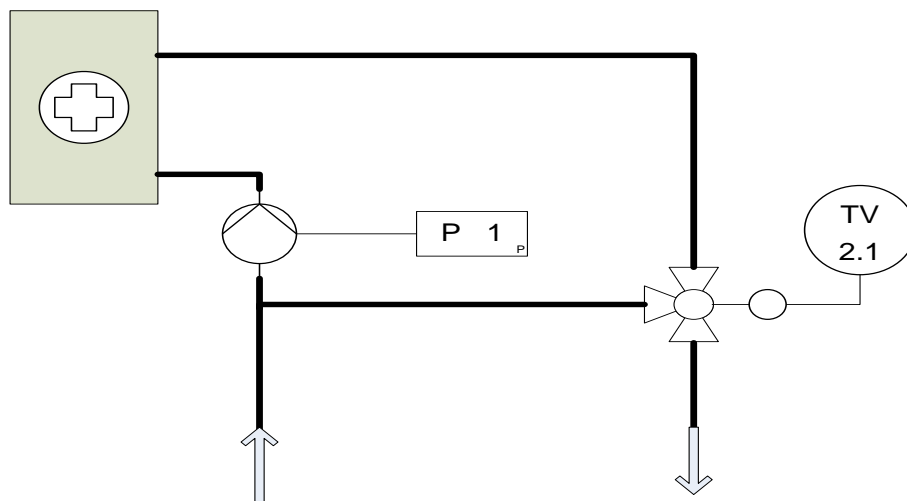
Lämmityspatterin tehtävänä on lämmittää sisään puhallettava ilma haluttuun lämpötilaan. Tuloilmakoneessa voi olla useampia lämmityspattereita, jolloin ilman lämmitys tapahtuu useammassa vaiheessa. Lämpöenergian lähteenä patterissa voi olla vesi, sähkö tai höyry. Paraisten Puhelin Oy:n tuloilmakoneessa TF-1 on kaksi lämmityspatteria. Ensimmäinen on freonipatteri ja jälkimmäinen on vesipatteri.

Jäähdytyskoneen jäähdyttäessä omaa jäähdytyspiiriään syntyy lämpöenergiaa. Tätä lämpöenergiaa otetaan talteen järjestelmällä, jossa freoni kiertää jäähdytyskoneen lauhdepiirin läpi ilmastointikoneen freonipatterille ja ulkolauhduuttimelle. Freonipatteri luovuttaa lämpöenergiaa ilmaan, joka virtaa freonipatterin lamellien välistä.

freonipatteri toimii lämmön talteenottopatterina. Talteenottopatterin lämmön siirtoa ohjataan ohituspellillä.

”Lämpöpatterissa on taivutettu kupariputki, jonka päällä on metallisia ripoja. Lämpö siirtyy vedestä putken ripoihin ja edelleen niiden ohi virtaavaan ilmaan” (Mikkola & Värjä, 2008, 105.)

Vesipatterilla ilma johdetaan ripojen tai lamellipatterien lamellien välistä, jossa ilma lämpiää, kun patterissa kiertävä vesi luovuttaa siihen lämpöenergiaa. Patterin vesikiertoa säädelään venttiilimoottorilla. (Korkala ym. 2002, 69.)



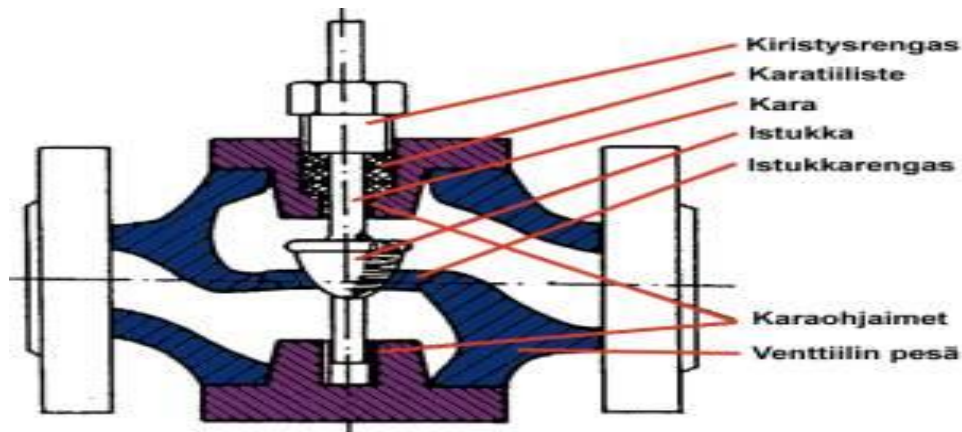
Kuva 3. Tuloilmakoneen TF 1 vesipatterin säätöperiaate

Kuvan 3 mukaisessa kytkennässä patterin säädettävyyteen vaikuttavat pääasiallisesti seuraavat tekijät:

- venttiilin sisäinen ominaiskäyrä
- venttiilin säätöalue
- venttiilin paine
- erosuhde Pr
- pumppujen (kiertopiiri, Iv-verkosto) ominaiskäyrät
- lämmityspatterin ominaiskäyrä
- lämmityspatterin aikavakio ja viive. (Sähkötieto ry, 2001, 60.)

3.3 Säätoventtiili

LVI-prosessien säädöissä käytetään yleisimmin istukkaventtiileitä. Istukka venttiilin toimielimenä on joko kaksitie- tai kolmitieventtiili. Istukkaventtiilin rakenne on esitetty kuvassa 4. (Sähkötieto ry, 2001, 60.)



Kuva 4. Istukkaventtiilin rakenne (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2010)

Venttiilin asentoa säädetään toimilaitteella. Toimilaitteen sähkömoottori liikuttaa venttiilin karaa vaihteiston välityksellä. Kun kara painuu alas kaksitieventtiilissä, tulppa puristuu tiiviiksi venttiilin runkoon sorvattuun istukkaan ja sulkee venttiilin. Sulkijan muoto vaikuttaa venttiilin ominaiskäyrään. Kolmitieventtiilin toimsuunta on yleensä vastakkainen kaksitieventtiilin toimsuuntaan nähden, eli kolmitieventtiili on kiinni, kun kara on ylhäällä. (Mikkola & Värjä, 2008, 49–51.)

3.4 Jäätymissuoja

Jäätymissuojan voi toteuttaa jäätymisvaaratermostaattilla tai ohjelmallisesti. Paraisten Puhelin Oy:n tuloilmakoneen TF 1 jäätymissuoja on toteutettu ohjelmallisesti. Anturi mittaa tuloilmakoneen lämmityspatterin paluuv veden lämpötilaa. Kun lämpötila alittaa +8 °C, ohjelma pysäyttää tuloilmakoneen. Tällöin jokin on epäkunnossa, esimerkiksi venttiilimoottori tai pumppu. Normaalisti paluuv veden lämpötila ei koskaan alita +8 °C. Ohjelmassa on tehty myös jäätymissuojan ennakointi, eli säädin lähtee avaamaan venttiilimoottoria suhteellisesti auki, kun paluuv veden lämpötila laskee alle halutun asetuksen. (Mikkola & Värjä, 2008, 114.)

4. SISÄILMASTO

Ihmiset viettävät elämästään noin 90 % sisätiloissa ja 10 % ulkotiloissa. Tästä johtuen ulkoilman laatu ei ole niin tärkeä ihmiselle kuin sisäilman laatu. Huono sisäilmasto saa aikaan Suomessa vuosittain miljardien ylimääräiset kustannukset sairaskustannusten ja sairauslomien muodossa. LVI-laitteistot ja itse rakennuskin vaikuttavat rakennusten sisäilmastoon. Tämän vuoksi sisäilmasto käsitellään erityisen tarkasti rakennussuunnittelun ja LVI-tekniikan yhteensopivuuden ja toimivuuden kannalta. Sisäilman fysikaaliset tekijät esimerkiksi lämpötilat ja niiden tavoitearvot tuodaan esille ensin. Erityistä huomiota kiinnitetään korkeiden lämpötilojen välttämiseksi ja hyvän sisäilmaston aikaansaamiseksi rakennusteknisin keinoin. (Seppänen & Seppänen 2007, 10.)

4.1 Sisäilmaston muodostuminen

Huoneessa vaikuttavien kemiallisten ja fysikaalisten olosuhteiden kokonaisuudesta koostuu sisäilmasto. Sisäilmaston tärkeimpinä tekijöinä voidaan pitää huoneen lämpöolosuhteita, joita ovat lämpötila ja veto, sekä ilman laatu tekijöitä, joita ovat erilaiset kemialliset ja biologiset epäpuhtaudet, kosteus ja pölyt. Sisäilmastossa ilmenevät puutteet ja ongelmat vaikuttavat merkittävästi sen vaikutuspiirissä olevien ihmisten terveyteen, työtehoon ja viihtyvyyteen. Epäpuhtaudet ja muut haitalliset sisäilmastotekijät vaikuttavat ihmiseen monilla eri tavoin. Vaikutukset ihmiseen voivat riippua monesta tekijästä, esimerkiksi ihmisen terveydentilasta, iästä, herkistymisestä, altistusajasta ja kuormituksesta. Tästä syystä on vaikeaa asettaa tarkkoja raja-arvoja esimerkiksi lämpötiloille ja raja-arvoja joudutaan jatkuvasti tarkastamaan tietojen lisääntyessä. (Seppänen & Seppänen 2007, 11.)

4.2 Laatuvaatimukset

Sisäilman laadulle voidaan asettaa useita erilaisia vaatimuksia. Vaatimukset riippuvat sisätilojen käyttötarkoituksesta ja sisätilassa tapahtuvasta toiminnasta. Vaatimus voi syntyä sisällä työskentelevistä ihmisistä, rakennusten rakenteista, sisätiloissa tapahtuvasta toiminnasta tai laitteista. Sisäilman terveellisyys- ja viihtyvyyttävaatimus ovat ihmisperäisiä vaatimuksia. Näistä terveydellisyysvaatimus on useammin

tiukempi ja tärkeämpi. Sisäilmassa saattaa olla epäpuhtauksia, joita ihminen ei pysty aistimaan. Tällaisia epäpuhtauksia ovat esimerkiksi radioaktiiviset aineet. (Seppänen 1988, 10.)

4.3 Ilmanvaihdon tarve

”Ihmisen aineenvaihdunta tuottaa ilmaan hiilidioksidia ja muita epäpuhtauksia.” Sisäilmassa olevaa hiilidioksidia ja sen määrää voidaan pitää ihmisestä lähtöisin olevien epäpuhtauksien esiintymisen mittarina. Laadultaan tyydyttävässä huoneilmassa hiilidioksidipitoisuus on alle 2700 mg/m³. Hiilidioksidipitoisuuden ylittäessä tämän rajan sisäilmasta tulee tunkkaisen oloista. Korvausilman määrän pitäisi olla yleensä noin 4 l/s henkilöä kohden. Näin hiilidioksidipitoisuus ei nousisi suuremmaksi kuin 2700 mg/m³. *”Asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa on yleensä myös muita tekijöitä, jotka lisäävät sisäilman epäpuhtauksien määrää.”* Niiden vähentämiseksi ja poistamiseksi tarvitaan korvausilmaa normaalia enemmän, yleensä 7–8 l/s henkilöä kohden. Ilmanvaihdon tarvetta määritettäessä on otettava huomioon myös liian suuren ilmanvaihdon aiheuttamat haitat, kuten vetoisuus, melu ja sisäilman liiallinen kuivuminen. (Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus 1997, 17.)

4.4 Sisäilmaston vaikutukset

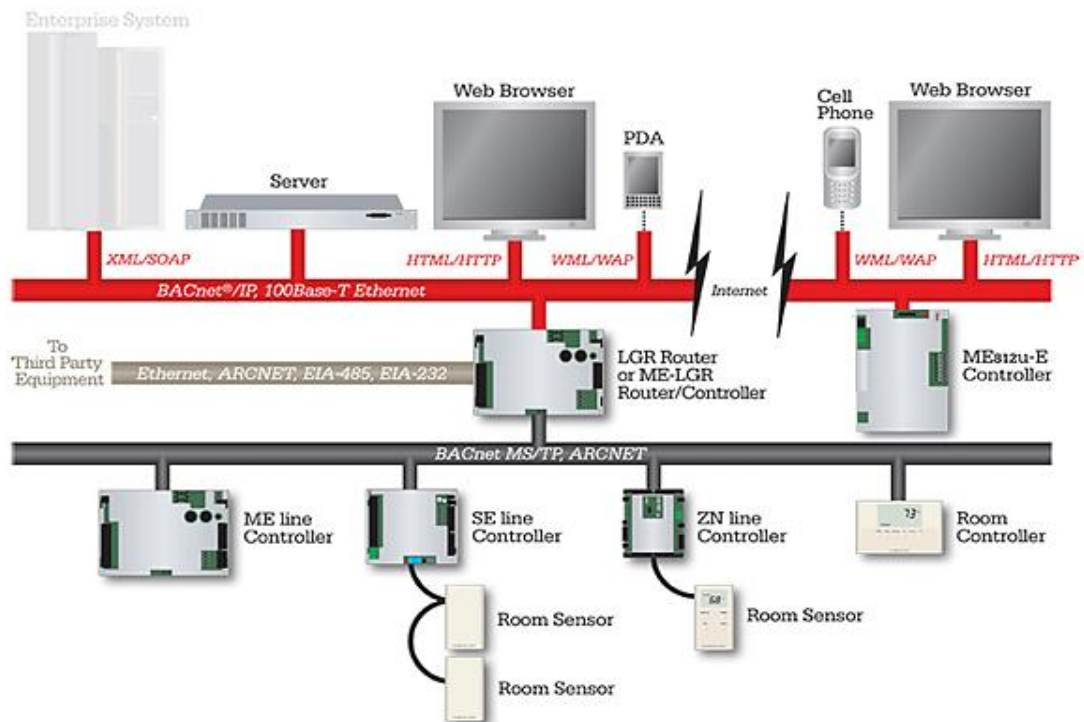
Sisäilmasto vaikuttaa ihmisiin monin eri tavoin. Vaikutukset käyvät yleensä ihon, limakalvojen ja hengityselinten kautta ihmiseen. Rajapintana ihmiselle ja ympäristölle ovat iho ja limakalvot. Tämän vuoksi oireet näyttäytyvät tavallisesti niissä. Tavoiteltavana sisäilmastona voidaan pitää tilannetta, jossa sisäilmaston eri tekijät vaikuttavat positiivisesti sisätilassa olevan ihmisen terveyteen ja viihtyvyyteen. Lämpötilan poikkeama ja vaihtelu sisätiloissa aiheuttaa epäviihtyvyyttä. Epäviihtyvyyden kasvaessa ihmisen kehon rasitus kasvaa ja sillä voi olla vaikutusta terveyteen. Vaikutus voi olla tällöin suora, kuten kuumeilu ja paleltuminen tai epäsuora, kuten vilustuminen. Ihmisen altistuminen pitkäaikaiselle ja jatkuvalla lämpötilan poikkeamalle alkaa vaikuttaa ihmisen terveyteen. (Seppänen & Seppänen 2007, 11–12.)

Korkein työteho toimistohenkilöille saavutetaan, kun sisäilman lämpötila on ihanne arvossaan. Ihanearvo on +21 °C astetta. Työteho laskee selvästi, jos lämpötila alenee tai kohoaa ihanearvostaan. (Korkala ym. 2002, 15.)

5. MODERISOITU AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Rakennusautomaatiojärjestelmät rakentuvat tavallisesti seuraavista hierarkkisista tasoista:

1. valvomotaso järjestelmän operointia varten
2. alakeskustaso prosessin säätö-, ohjaus- ja valvontatoimintojen toteuttamiseen
3. kenttälaitetaso mittausantureineen ja toimilaitteineen
4. väyläratkaisut.



Kuva 5. Automated Logic-automaatiojärjestelmän systeemiarkkitehtuuri (Automated Logic Corporation 2000–2009)

Laajoissa ja isoissa automaatiojärjestelmissä voidaan käyttää lisäksi ylimpänä tasona niin sanottua hallintajärjestelmätasoa, joka toimii linkkinä kiinteistön muihin tietojärjestelmiin tai voidaan käyttää niin sanottua vyöhykesäädintä alakeskustason alapuolella. Vyöhykesäädintä tulee kysymykseen silloin, kun yksittäisiä ohjaus- ja säätöpiirejä on runsaasti ja ne sijaitsevat hajallaan kiinteistössä. Esimerkiksi huonekohtaisissa säädöissä voidaan käyttää huonetermostaatteja, jotka saadaan kytkettyä helposti kytkettyä järjestelmään väylän kautta. (Sähkötieto ry 2001, 89.)

Valvomolaitteiston tiedonsiirtoyhteydellä yhdistetään alakeskukset toisiinsa. Tiedonsiirtoväylää kutsutaan useilla eri termeillä: alakeskusväylä, runkoväylä, alakeskus- silmukka ja niin edelleen. Tiedonsiirtoväylää pitkin siirtyvät erilaiset hälytys-, ohjaus-, mittaus- ja säätötiedot valvomon ja alakeskusten välillä. Alakeskukset kommunikoivat keskenään. Näin ollen kentän ja alakeskusten välinen kommunikointi tapahtuu valvomon kautta. (Sähkötieto ry 2001, 89.)

Paraisten Puhelin Oy:n ilmanvaihdon automaatio on toteutettu AutomatedLogic-automatiojärjestelmällä. Järjestelmä toteutettiin yhdellä alakeskuksella, jossa käytetään SE-luokan yksikkösäädintä. Kuvassa 5 on esitetty automatiojärjestelmän arkkitehtuuri. Järjestelmä ei vaatinut väyläratkaisuja, koska alakeskuksia oli vain yksi. Järjestelmä toteutettiin ilman PC-pohjaista valvomotasoa. Järjestelmän operointi tapahtuu PC:n sijasta operointipäätteeltä.

5.1 Valvomotaso

Yleisimpiä valvomo laitteita ovat keskusyksiköt, operointipäätteet, kirjoittimet ja päivystyslaitteet. Nykyaikaisen rakennusautomaatiojärjestelmän valvomolaitteistot on lähes aina toteutettu PC-laitteistolla.

Pienemmissä kohteissa, kuten omakotitaloissa, pienehköissä kerrostaloissa ja pienemmissä yrityksissä valvomojärjestelmä voi olla toteutettu yleiskäytössä olevilla PC-koneilla.

Kirjoittimia käytetään valvomoissa kahteen eri käyttötarkoitukseen: hälytyskirjoittimena ja raporttikirjoittimena. Raporttikirjoittimet ovat usein laser- tai mustesuihku-

tulostimia. Raportit voivat sisältää grafiikkaa, eri värejä ja paljon tekstityyppistä tietoa. (Sähkötieto ry 2001, 95.)

Hälytyskirjoittimet ovat usein pistematriisikirjoittimia, jotka on varustettu traktori-vedolla, jotka tulostavat jatkolomakkeille. Tulosteet on helppo säilyttää ja tulostetta on myös helppo lukea tulostuksen aikanakin. (Sähkötieto ry 2001, 95.)

Hälytyskirjoittimien käyttö rakennusautomaatiossa on nykypäivänä harvinaista. Hälytykset siirretään useimmiten tekstiviestinä matkapuhelimeen tai sähköpostiin.

Päivystyslaitteet ovat usein mukana kannettavia laitteita esimerkiksi PC-laitteet, joilla järjestelmään saadaan yhteys ulkoapäin. PC-laitteilla voidaan ottaa yhteys päävalvomoon valinnaisen puhelinverkon välityksellä esim. päivystystilanteissa. Valvomot toimivat yleensä itsenäisesti. Tästä syystä vaaditaan jonkinlainen jatkohälytysmenetely. Yleisin tapa on lähettää erillisellä laitteistolla hälytysteksti tekstiviestinä GSM-puhelimeen. (Sähkötieto ry 2001, 95.)

Valvomo on tärkein osa nykyaikaisen automaatiojärjestelmän käyttöliittymää. Käyttöliittymä sisältää ne järjestelmän osat, joiden avulla käyttäjä on yhteydessä järjestelmään. Avoimissa automaatiojärjestelmissä, kuten BACnet, valvomoiden rakentaminen ja muuttaminen on erittäin helppoa. Koska valvomoiden ja alakeskusten moduulien väliset rajapinnat ovat avoimet, on eri valmistajien ja jopa eri protokollia käyttävien laitteiden yhdistämisen samaan valvomoon. Vanhoissa suljetuissa järjestelmissä alakeskusten ja valvomoiden väliset rajapinnat olivat aina salaisia, joten alakeskukset ja valvomot oli tilattava samalta valmistajalta. Avoimessa järjestelmässä kaikki protokollista lähdekoodiin on vapaasti kaikkien nähtävillä, alalle syntyy tervettä kilpailua. Avointa järjestelmää käytettäessä valvomo-ohjelmisto ja -laitteisto on helppo vaihtaa vaihtamatta alakeskuksia. Vaihto onnistuu yhtä hyvin myös toisin päin. (Sähkötieto ry 2001, 113.)

Jos käsiteltävän informaation määrä on hyvin suuri, on tärkeää, että valvomojärjestelmän käyttöliittymä on looginen ja helppokäyttöinen. Tämän lisäksi hyvän käyttö-

liittymän edellytyksiin kuuluu, että se on luotettava, yhdenmukainen ja järkevä. Hyvän käyttöliittymän ansiosta käyttäjä pystyy tehokkaasti hyödyntämään järjestelmää. Huono taas karkottaa käyttäjän ja muodostaa järjestelmän kanssa kommunikoinnista enemmän taakan kuin avun käyttäjälle. Kun käyttöliittymä on selkeästi, loogisesti, järkevästi ja muutenkin hyvin tehty, sen käyttö ei välttämättä vaadi edes kirjallisia käyttöohjeita. (Sähkötieto ry 2001, 114.)

Aivan kuten missä tahansa automaatiojärjestelmässä myös rakennusautomaatiojärjestelmässä sen tärkein toiminta on hälytysvalvonta. Hälytys on usein hälytysteksti, johon on pyrittävä saamaan selväkielinen teksti. Lisäksi hälytys voidaan ilmaista äänitai valomerkillä tai molemmilla, joskus jopa puheena. Hälytystekstin on hyvä näkyä ainakin valvomopäätteellä ja hälytyskirjoittimella. Lisäksi se voi, hälytysluokka ja tulostusmäärittelyiden perusteella, näkyä myös mittalaitteessa, alakeskuksessa ja tekstiviestinä tai sähköpostina. (Sähkötieto ry 2001, 119–120.)

Hälytykset luokitellaan niiden tärkeyden ja kiireyden perusteella hälytysluokkiin. Jokainen hälytys luokitellaan ohjelmointivaiheessa tai viimeistään käyttöönottovaiheessa, tosin niitä voidaan muuttaa käytön aikanakin. (Sähkötieto ry 2001, 119.)

Hälytysten tyypillinen luokittelu on käytännössä nykyään kaksi-, kolmi- tai neliportainen. Hälytysluokkia tosin voi olla jopa neljästä kymmeneen. Tyypillinen luokittelu voi olla seuraavanlainen.

- Luokka A (3 tai 4): Turvallisuushälytykset
- Luokka A (3): Kiireelliset hälytykset
- Luokka B (2): Vikailmoitukset
- Luokka C (1): Huoltoilmoitukset

Turvallisuushälytyksiin voi kuulua esimerkiksi rikosilmoitukset ja paloilmoitukset. Myös hissihälytykset kuuluvat tyypillisesti turvallisuushälytyksiin. Kriittisiin hälytyksiin kuuluu jäätymissuojat, pumput ja verkostojen paineet. Vikailmoituksiin voi

kuulua esimerkiksi lämpötilarajahälytykset. Huoltoilmoituksiin tyypillisesti kuuluvat käyttötuntiyliytykset ja suodatinvahdit. (Sähkötieto ry 2001, 119–120.)

Tässä luokittelussa kiireellisin ja tärkein hälytysluokka on luokka A. Se edellyttää yleensä välittömiä toimia. Vähiten tärkeä hälytysluokka on kolmas eli luokka C. Se ei edellytä välttämättä välittömiä toimenpiteitä.

5.2 Operointi

Paraisten Puhelin Oy:n ilmanvaihdon operointi tapahtuu valvomo PC:n sijasta kuvassa 6 esitellyltä BACview-operointipäätteeltä. Operointipäätteet ovat joko mukana kuljetettavia laitteita tai kiinteästi alakeskuksissa olevia laitteita, kuten Paraisten Puhelin Oy:ssä. Käytössä voi olla joko valmiiksi ohjelmoituja laitteita tai asiakkaalle varta vasten tehty käyttöliittymä. Yleensä operointipäätteet on toteutettu ainoastaan yksinkertaisilla tekstinäytöillä, joita ovat esimerkiksi LCD- ja Led-näytöt.

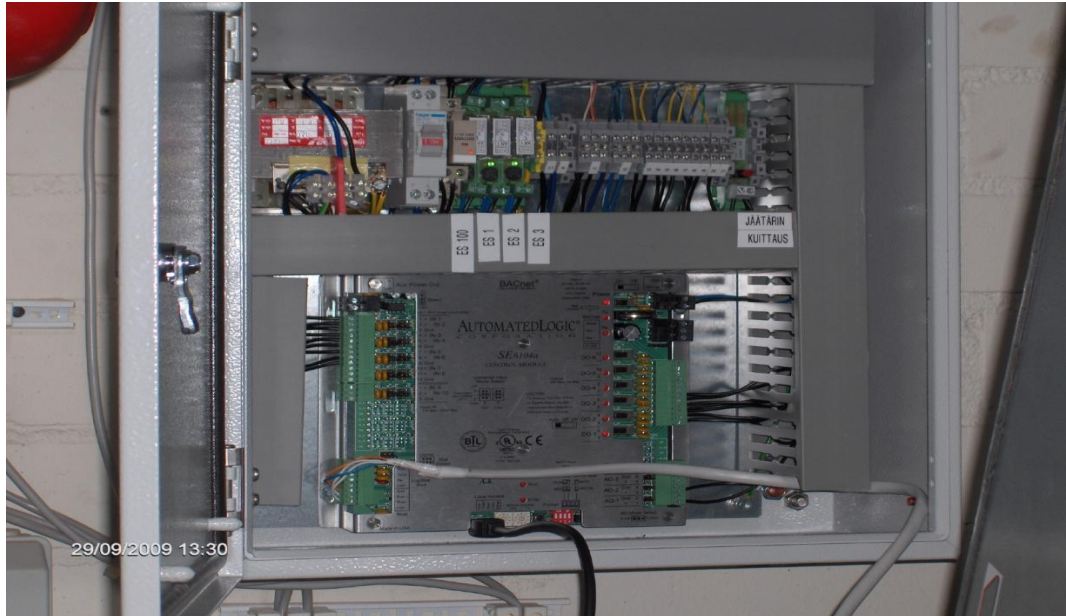


Kuva 6. Paraisten Puhelin Oy:n BACview-operointipäätte (Automated Logic Corporation 2000–2009)

5.3 Alakeskus

Alakeskukseen sijoitetaan tarvittavat säätimet, muuntajat, kytkimet, riviliittimet, painonapit, releet ja kaapelikourut. Kenttälaitteet liitetään alakeskuksen tulo- ja

lähtöpiireihin. Usein puhutaankin niin sanotuista fyysisistä I/O-liityntäpisteistä erotuksena ohjelmallisista pisteistä. Kuvassa 7 on Paraisten Puhelin Oy:n uusittu alakeskus.



Kuva 7. Paraisten Puhelin Oy:n uusittu alakeskus

5.4 Säädin

Paraisten Puhelin Oy:n ilmanvaihdon modernisoidun automatiikan uusi säädin on AutomatedLogic SE6104a, joka on esitetty kuvassa 8. Säätimen päättelevä on pitää säädettävä suure, tavallisesti lämpötila tai ilman virtaus, jossakin halutussa vakioarvossa tai ohjelman mukaan vaihtelevassa arvossa erilaisista häiriötekijöistä huolimatta. Häiriötekijöitä ovat vaihteleva ulkolämpötila, tuuli, auringonpaiste, ovien avautumiset, huonetilaan lisälämpöä tuovat ihmiset, valaisimet ja koneet, erilaiset säätölaitteiston kuormitusmuutokset kuten esimerkiksi lämpimän käyttöveden vaihteleva kulutus ja tuuletuksen muutokset vuorokauden eri aikoina. (Mikkola & Värjä, 2008, 58.)



Kuva 8. Automated Logic SE6104a-säädin (Automated Logic Corporation 2000–2009)

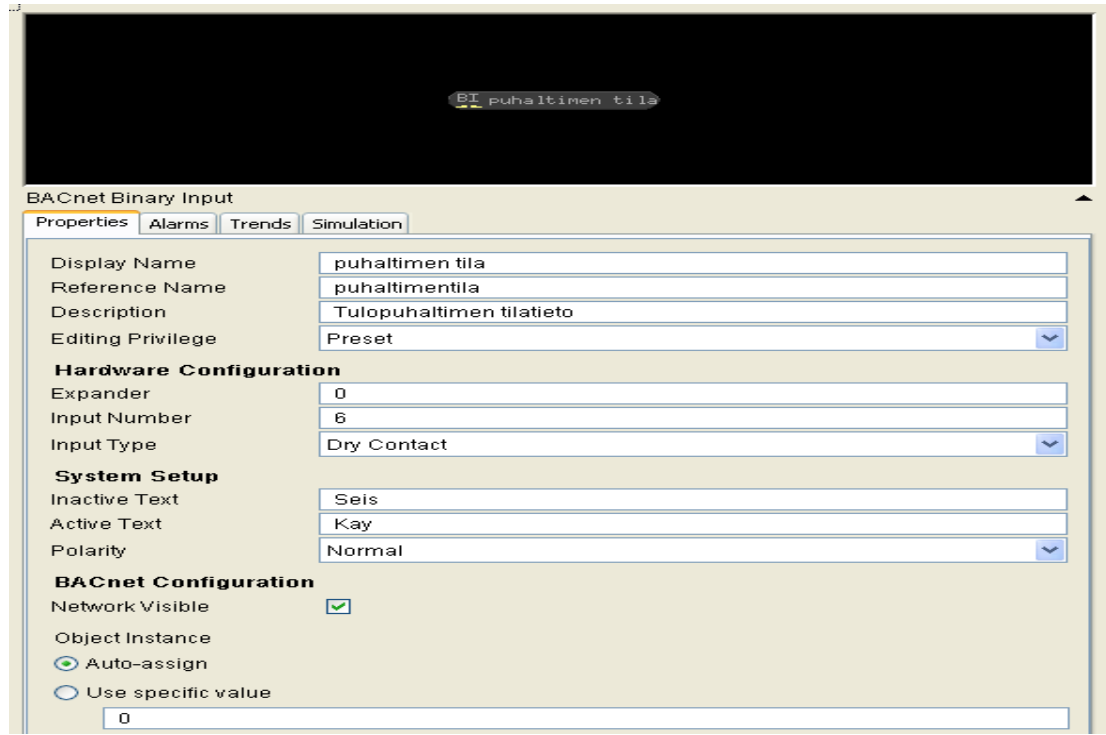
SE6104a-säätimen pistekapasiteetti sisältää neljä analogista ja kuusi digitaalista lähtöpistettä. Tulopisteitä on kymmenen ja kanavat ovat vapaasti valittavissa analogisiksi tai digitaalisiksi. Tulokanavista 1 ja 2 ovat myös valittavissa pulssilaskentapisteeksi tai ajastetuksi ylikirjoituspisteeksi (Timed Logical Override).

5.4.1 DI-pisteet

Erilaiset kosketintietoon perustuvat hälytykset ja tilatiedot liitetään alakeskukseen niin sanottuihin digitaalisiin tulopisteisiin. Tulopisteiden lyhenteinä käytetään kirjaimia DI. Kenttälaitteiden koskettimia on kahdenlaisia: avautuvia ja sulkeutuvia. Termejä ”normally closed” (NC) ja ”normally open” (NO) käytetään kuvaamaan koskettimen tilaa, kun kosketin ei ole vetäneenä. Termejä käytetään myös ilmaisemaan kytkimen tilaa ennen kuin säädetty raja-arvo on ylitetty, esimerkiksi paine-erokytkin tai lämpötilatermostaatti. (Sähkötieto ry 2001, 97–98.)

Paraisten Puhelin Oy:n SE6104a-säätimen tulopisteistä kaksi käytettiin digitaalisiin tietoihin. Puhaltimen tilatieto on ensimmäinen. Tilatieto saadaan puhaltimen sähkömoottorin kontaktorin lisäkärjeltä. Toinen digitaalitieto käytettiin jäätymissuojan resetointipainikkeeseen. Kuvassa 9 on esitetty EIKON-logiikkaohjelman DI-piste,

joka on konfiguroitu tuloilmapuhaltimen tilatiedolle. Kuvasta voi todeta, että kyseessä on kosketintieto, joka on ohjelmoitu säätimen sisääntulokanavaan 6.



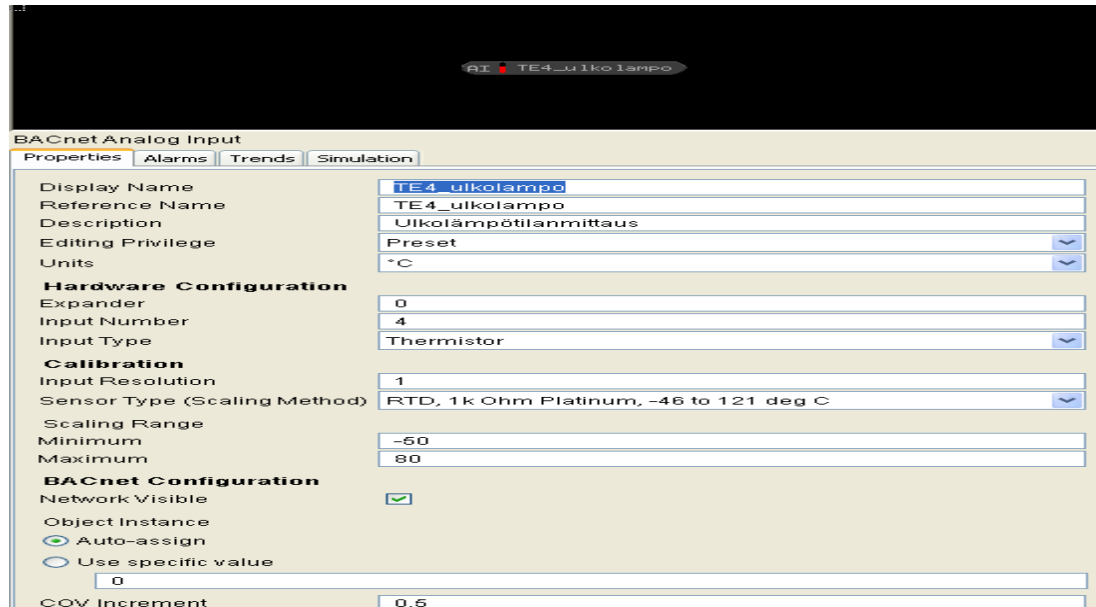
Kuva 9. Tuloilmapuhaltimen tilatiedon konfigurointi EIKON -logiikkaohjelmassa

5.4.2 AI-pisteet

Analogisiin tuloihin liitetään erilaiset mittausanturit. Lämpötiloja mitattaessa, anturien mittaussignaalit ovat yleensä joko NTC- tai PTC-tyyppisiä vastusarvoja. Pääsääntöisesti muita mittaustyppejä ovat 0–10 VDC viestityypit, kuten paineet ja pitoisuudet. Viestit skaalataan alakeskuksissa vastusalueiden mukaan vastaamaan anturien teknisiä arvoja ja valitaan jänniteviestialueelle tarpeen mukaan. Rakennusautomaatiossa käytetään harvoin mA-tyyppisiä lähetinantureita. (Sähkötietyö 2001, 98.)

SE6104a-säätimen tulopisteistä neljä käytettiin analogisiin mittaustietoihin. Analogiset tulot ovat huonelämpötilan, ulkolämpötilan, paluveden ja tuloilman lämpötilan mittaukset. Mittausanturit ovat kaikki PT 1000-tyyppisiä. Kuvassa 10 on esitetty EIKON -logiikkaohjelman AI-piste, joka on konfiguroitu ulkolämpötilan

mittaukselle. Kuvasta voi todeta, että kyseessä on mittaustieto, joka on ohjelmoitu säätimen sisääntulokanavaan 4 ja, että anturielementiksi on valittu NTC 1 k Ω elementti.



Kuva 10. Ulkolämpötilamittauksen konfigurointi EIKON-logiikkaohjelmassa

5.4.3 Pulssilaskentapisteen

Kulutusmittareiden kuten energia-, vesi-, ja sähkömittareiden liittämiseen alakeskukseen käytetään pulssilaskentatulvoja. ”Mittarin kosketinlähtö antaa pulssin jokaista tiettyä kulutusmäärää kohden.” Pulssit tallentuu pulssilaskentapisteenmuistipaikkaan ja skaalataan ohjelmassa oikealla kertoimella vastaamaan reaaliaikaisia kulutusyksikköä, esimerkiksi 1 pulssi = 1 kWh. Ohjelmassa tehdään laskenta, josta saadaan esimerkiksi laskettua päivän kulutus. Kulutus tallennetaan säätimen muistiin, josta se saadaan siirrettyä valvomotasolle. (Sähkötieto ry 2001, 99.)

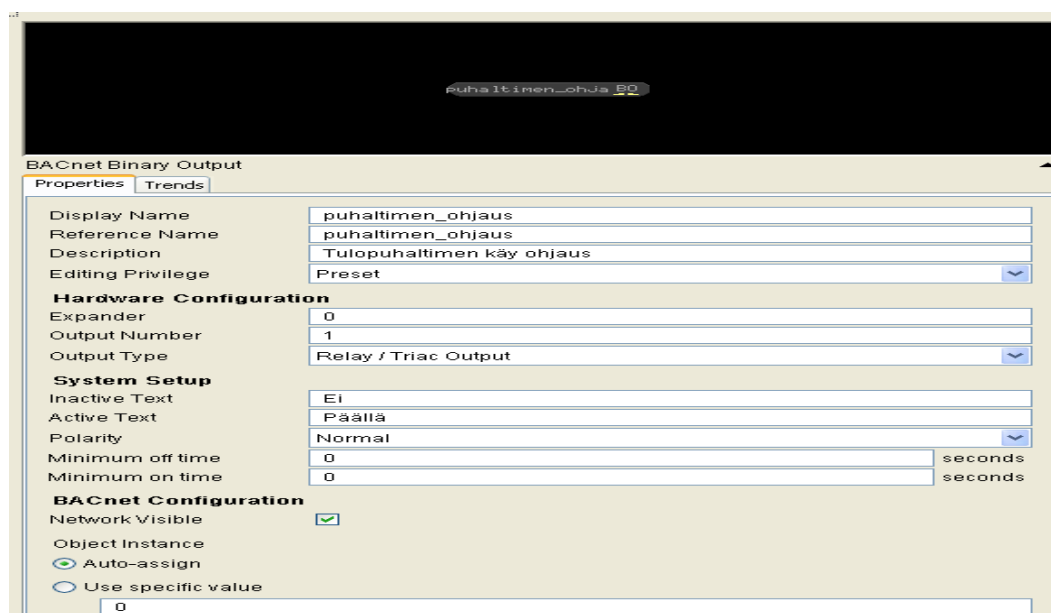
Paraisten Puhelin Oy:n ilmanvaihdon modernisoituun automaatiikkaan ei liitetty kulutusmittareita, joten pulssilaskentatulvoja ei tarvittu.

5.4.4 DO-pisteet

Erilaiset on/off-tyyppiset toiminnot eli ohjaukset toteutetaan digitaalisilla lähdoilla. Toimilaitteiden näennäistehoista johtuen ohjaukset tapahtuvat tavallisesti välireleen avulla joko 24 VAC:n tai 230 VAC:n jännitteillä. ”Usein ohjaukomentojen toteutusta valvotaan erillisellä DI-tilatietopisteellä, joka seuraa esimerkiksi ohjaukskontaktin tilaa. Mikäli tilatieto poikkeaa annetusta ohjaukskommentotilasta, järjestelmä antaa niin sanotun ristiriitahälytyksen.” (Sähkötieto ry 2001, 99.)

Potentiaalivapaat kosketinkärkiohjaukset esimerkiksi taajuusmuuttajan käyntikäsky voidaan liittää ohjauspisteeseen ilman välireleitä. Ohjauspisteitä ohjataan päälle yleensä aikaohjelman tai raja-arvon mukaan. Myös grafiikkaan sijoitettavien painonapeilla voidaan ohjata ohjauspisteitä.

SE6104a-säätimeen on kytketty kolme on/off-tyyppistä digitaalilähtöä. Ensimmäisellä lähdoilla ohjataan tuloilmapuhallinta. Toisella lähdoilla ohjataan Freon-patterin magneettiventtiileitä. Kolmas digitaalilähtö on jatkohälytys. Kriittisen hälytyksen sattuessa jatkohälytyspiste lähettää tiedon eteenpäin esimerkiksi hälytyskeskukseen. Kuvassa 11 on esitetty EIKON -logiikkaohjelman DO-piste, joka on konfiguroitu tuloilmapuhaltimen ohjaukselle. Kuvasta voi todeta, että ohjaus on ohjelmoitu säätimendigitaaliulostulotulokanavaan 1.



Kuva 11. Tuloilmapuhaltimen ohjauksen konfigurointi EIKON -logiikkaohjelmassa

5.4.5 AO-pisteet

Analogisiin lähtöihin liitetään portaattomalla jänniteviestillä ohjattavat peltien ja venttiilien toimilaitteet. ”Alakeskuksen ohjelman laskema ohjausarvo muutetaan analogiseksi jännite- tai virtaviestiksi.” Ohjausviestin jännite on yleensä 0–10 VDC tai 2–10 VDC toimilaitteiden valmistajasta riippuen. Virtaviestilähdöt ovat harvemmin käytettyjä viestimutoja rakennusautomaatiossa. (Sähkötieto ry 2001, 99.)

SE 6104a-säätimellä ohjataan kahta analogista lähtöä. Ensimmäisellä lähdöllä ohjataan vesipatterin venttiilin toimilaitetta. Toisella lähdöllä ohjataan Freon-patterin ohi-tuspellistön toimilaitetta. Kuvassa 12 on esitetty EIKON -logiikkaohjelman AO-piste, joka on konfiguroitu lämpöpatterin venttiilin toimilaitteelle. Kuvasta näkee, että kyseessä on lineaarinen 0-10 volttiin säätöviesti, joka on ohjelmoitu säätimen analogiaulostulokanavaan 1.

TV 1_lämmitysve AO

BACnet Analog Output

Properties | Alarms | Trends

Display Name: TV 1_lämmitysventtiili

Reference Name: TV1_lämmitysventtiili

Description: TV 1 lämmitysventtiilin säätö

Editing Privilege: Preset

Units: %

Hardware Configuration

Expander: 0

Output Number: 1

Output Type: Electrical Output

Output Configuration and Calibration

Minimum Value: 0.0

Maximum Value: 100

Resolution: 0.1

Actuator Type: Linear

BACnet Configuration

Network Visible:

Object Instance: Auto-assign Use specific value

0

COV Increment: 1.0

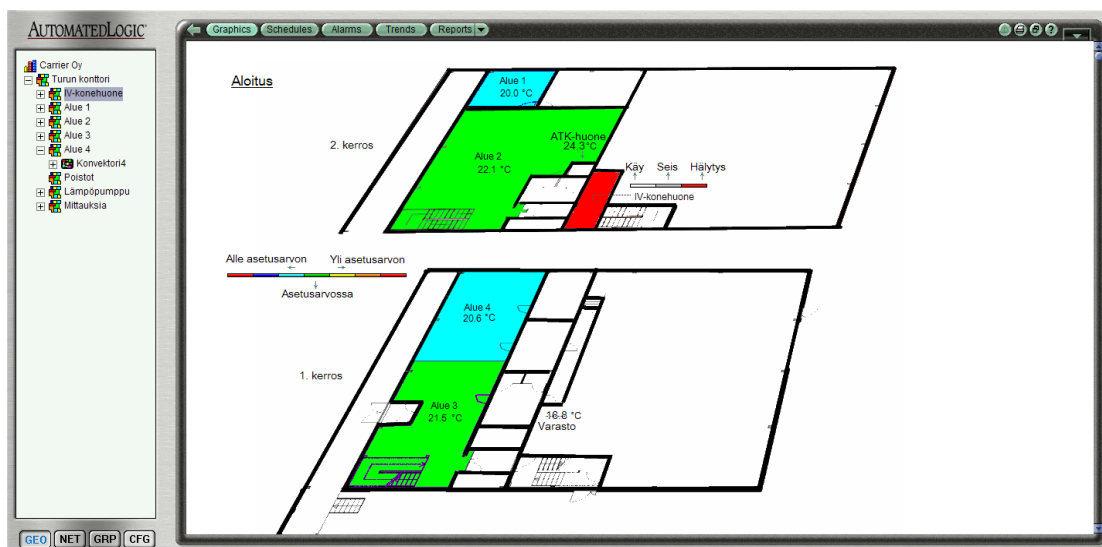
Kuva 12. Tuloilmapuhaltimen lämpöpatterin toimilaitteen ohjauksen konfigurointi EIKON -logiikkaohjelmassa

6. OHJELMISTOT

6.1 Käyttöjärjestelmä

Nykyaikaisen alakeskuksen täytyy selvittää yhä vaativammista ja vaihtelevammista tehtävistä, mikä asettaa kovat vaatimukset käyttöjärjestelmälle. On lähes välttämätöntä, että käyttöjärjestelmä kykenee suorittamaan monia rinnakkaisia ohjelmistoprosesseja tiettyjen keskeytys- ja priorisointiperiaatteiden mukaisesti. (Sähkötieto ry 2001, 101–102.)

Automated Logic Corporation on yhdysvaltalainen yhtiö, jonka toiminta keskittyy rakennusautomaatioon. Yhtiö valmistaa säätimiä, ja sillä on oma valvonta-ohjelmisto. Automated Logic Corporationin graafinen käyttöliittymä helpottaa operointia ja käyttäjillä on käytössään paljon eri ominaisuuksia, kuten hierarkkiset aikataulut, huonelämpötilojen havainnointi värillisistä pohjapiirustuksista, trendikäyrät, hälytyshallinta sekä raportointi. Huonelämpötilojen havainnointia värillisestä pohjapiirustuksesta on esitetty kuvassa 13. WebCTRL, web-pohjainen rakennusautomaatiojärjestelmä, jonka kaikki ominaisuudet ovat käytettävissä tavallisella web-selaimella, ilman erityisiä ohjelmistoja tai laajennuksia. (Automated Logic Corporation 2000–2009.)



Kuva 13. Lämpötilojen vaihtelu on kuvattu väreillä suoraan pohjapiirustuksesta (Carrier Oy 2010)

6.1.2 EIKON -logiikkaohjelmisto WebCTRL:iin

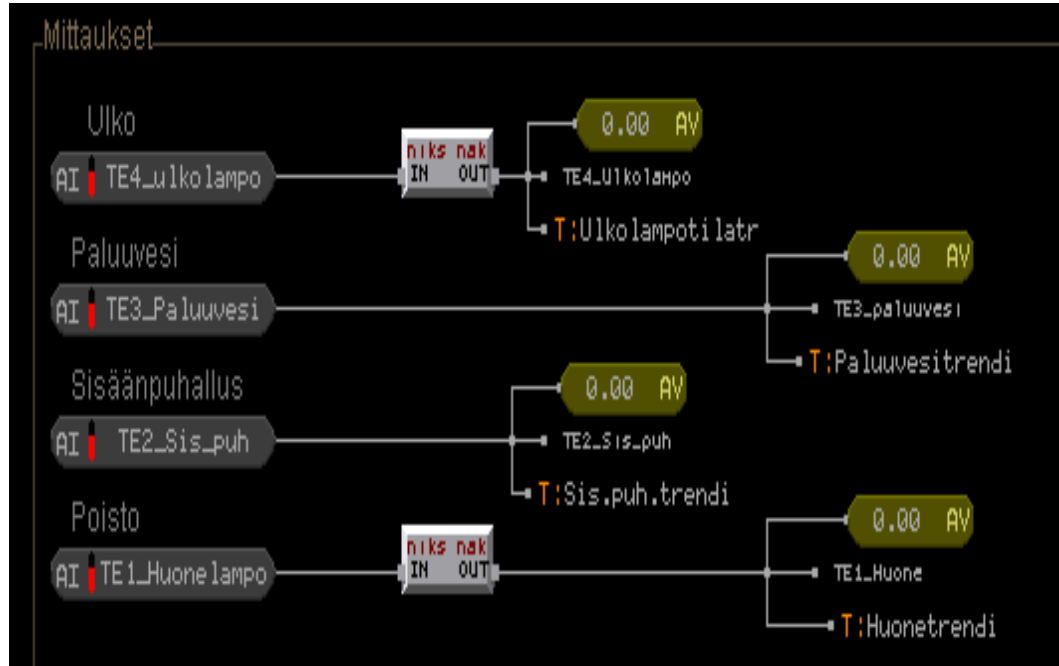
EIKON-logiikkaohjelma on graafinen ohjelmointityökalu, jota käytetään rakennus-alalla. EIKON-logiikkaohjelmalla luodaan valvontaohjelmia yksittäisten ohjaus-laitteiden ohjaamisesta monimutkaisten energiahallintajärjestelmien valvontaan. Valvontaohjelmat luodaan käyttämällä erillisiä lohkoja, joita yhdistellään graafisilla johdoilla tai nimilapuilla. Graafisia johtoja ohjelmissa voi olla kahden tyyppisiä. Analogiset johdot on kuvattu jatkuvalla viivalla ja digitaaliset johdot katkoviivalla. Nimilappuja käytetään, kun halutaan välttää graafisen johdon kuljettamista ohjelman alkupuolelta loppupuolelle. Nimilaput myös selkeyttävät ohjelman tekemistä ja tulkittamista. Ohjelmalohkoilla voi luoda monimutkaisia säätöalgoritmeja ja diagnosoida erilaisia ongelmia. Lohkoja voi testata reaaliaikaisesti tai simuloimalla operatiivisia tapahtumia ja niiden suorituskykyä ja vaikutusta ohjauksiin. (Automated Logic Corporation 2000–2009.)

6.2 Paraisten Puhelin Oy:n modernisoidun automatiikan logiikkaohjelma

Paraisten Puhelin Oy:n modernisoidun automatiikan logiikkaohjelma on toteutettu kahdeksassa sekvenssissä. Sekvenssit ovat mittaus-, käyntilupa-, ohjaus-, seisontasäätö-, lämmitys-/jäähdytyslupa-, yölämmitys- ja yöjäähdytyssekvenssit sekä kaskadisäädinsekvenssi.

6.2.1 Mittaussekvenssi

Logiikkaohjelman ensimmäinen sekvenssi koostuu ilmanvaihtoprosessille tärkeistä mittauksista. Analogiset tulokanavat näkyvät kuvan 14 vasemmassa reunassa. Tulokanaviin on konfiguroitu huonelämpötilan, tuloilman lämpötilan, paluuv veden lämpötilan ja ulkolämpötilan mittaukset. Jokaiseen mittaustietoon on graafisella johdolla lisätty ohjelmallinen näyttöpiste (Analog Value), trenditietotallennus ja nimilaput. Lisäksi ulko-, ja huonelämpötilamittauksiin on lisätty vaimennuslohko, joka vaimentaa mittausarvoa keskiarvollisesti asetellun ajan mukaan. Trenditietojen tallennuksista saatiin grafiikkakuvaa säätöpiirien viritystä varten.



Kuva 14. Logiikkaohjelman mittaussekvenssi

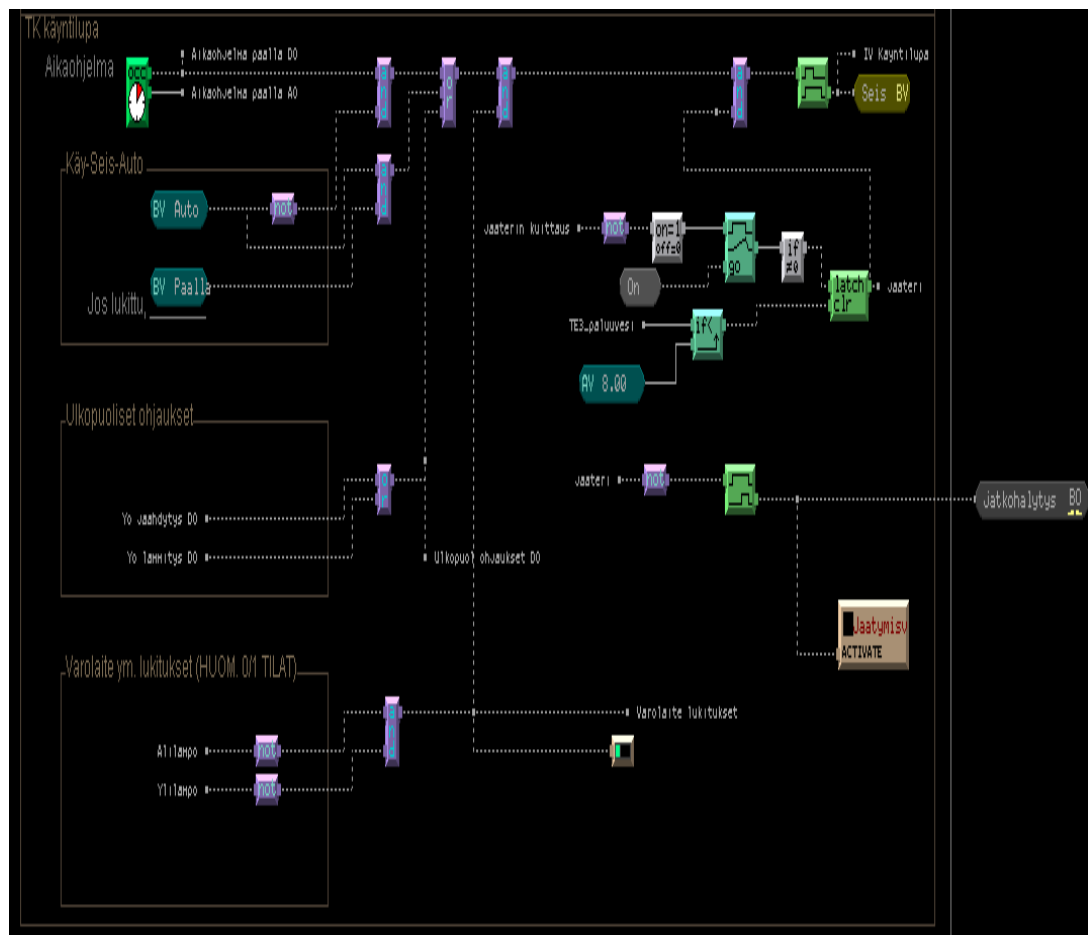
6.2.2 Käyntilupa- ja lukitussekvenssi

Logiikkaohjelman toinen sekvenssi on tuloilmapuhaltimen käyntilupasekvenssi. Kuvan 15 vasemmassa yläreunassa on aikaohjelmalohko. Aikaohjelmalohko on kytketty graafisella johdolla AND-lohkoon. AND-lohkon ulostulo on 1, jos molemmat sisääntulot ovat 1. Muuten AND-lohkon ulostulo on 0. Aikaohjelmalohkon kanssa AND-lohkoon on kytketty ohjelmallinen digitaalinen asetus piste. Asetuspisteellä valitaan ohjelmallisesti käytetäänkö tuloilmapuhallinta aikaohjelman mukaan, vai ohitetaanko aikaohjelma ja laitetaan tuloilmapuhallin ohjelmallisesti käsikäytölle. Alemmasta asetus pisteestä saa tuloilmapuhaltimen ohjelmallisesti päälle ja pysäytettyä. AND-lohkon jälkeisen OR-lohkon ulostulo vaihtuu 1, jos sisääntuloista jokin on 1. OR-lohkon sisääntuloihin on kytketty aikaohjelma, käsikäyttö ja ulkopuoliset ohjaukset. Ulkopuolisia ohjauksia ovat yöjäähdytys ja yölämmitys.

Seuraaviin kahteen AND-lohkoon on liitetty varolaitelukitukset. Ensimmäinen varolukitus on tuloilman ali- ja ylilämpö. Tulipalotilanteessa on tärkeää, että ilmastoinnit pysähtyvät. Silloin tuloilman lämpötila nousee yli asetellun raja-arvon, joka pysäyttää tuloilmapuhaltimen. Vastaavasti, jos jostain syystä tuloilman

lämpötila laskee alle asetellun raja-arvon, tuloilmapuhallin pysäytetään suurempien jäätymisvaurioiden estämiseksi.

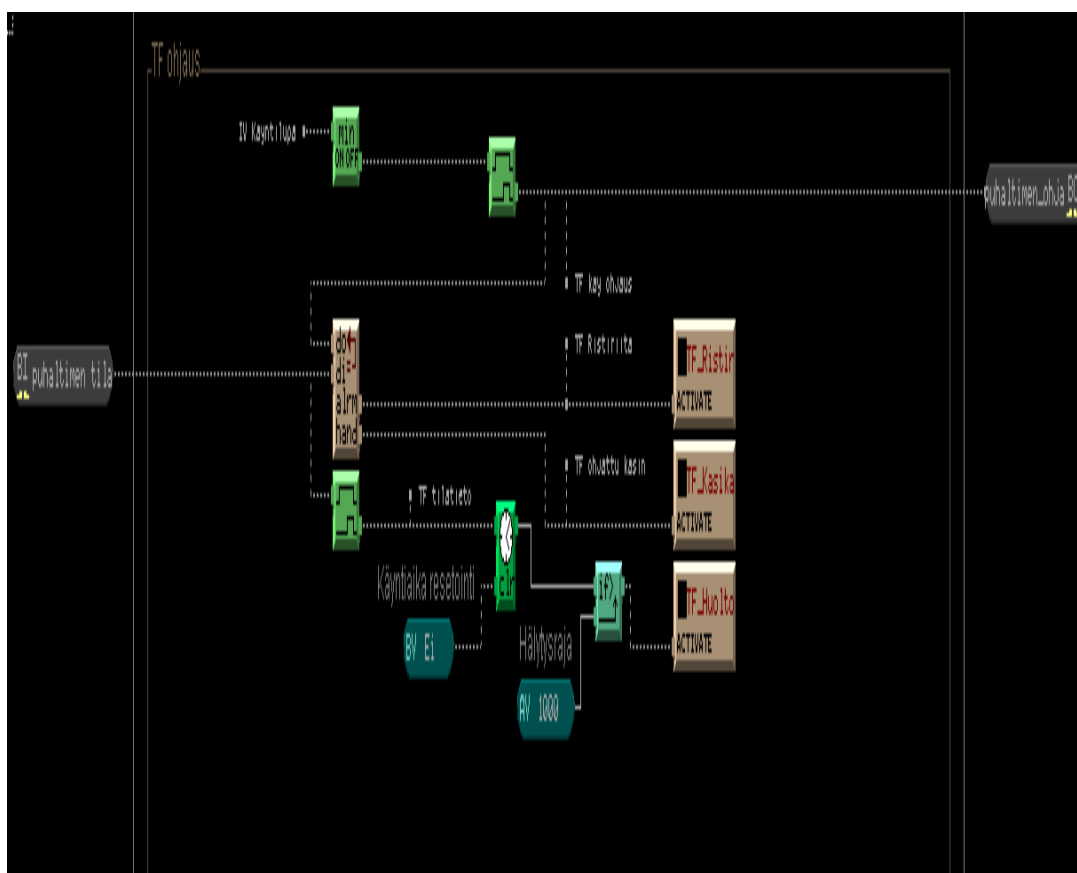
Toiseen AND-lohkoon on kytketty ohjelmallinen jäätymisvaaralukitus. Lukitus on vastaava kuin alilämpölukitus, mutta lukitusten määräävä mittaustieto ja asetusarvo ovat toiset. Jäätymisvaaralukituksen mittaustietona käytetään lämmityspatterin paluuvälilämpötilan mittausta. Näin varolaitelukitusten toiminta on varmistettu hätätilanteen sattuessa. Lukituksista saadaan myös ohjelmallinen hälytys, joka pitää kuitata ennen kuin lukitukset palaavat normaaliin tilaan. Jäätymisvaaralukituksesta lähtee jatkohälytys hälytyskeskukseen. Jatkohälytyksen digitaaliulostulolohko on kuvan oikeassa reunassa. Lukitusten ollessa passiivisessa tilassa ja aikaohjelman tai käsikäytön ollessa aktiivisena tuloilmapuhallin saa käyntiluvan.



Kuva 15. Logiikkaohjelman käyntilupasekvenssi

6.2.3 Tuloilmapuhaltimen ohjaussekvenssi

Käyntiluvan saatua, tuloilmapuhallin lähtee viiden sekunnin viiveellä päälle. Viive-lohko näkyy kuvan 15 yläreunan keskiosassa. Ohjelmaan on myös lisätty minimi-/maksimiviivelohko, joka pitää ulostuloarvon sisääntuloarvona asetellun ajan, vaikka sisääntulo muuttuisikin ennen aseteltua aikaa. Puhaltimen ohjauslohko on kuvan 16 oikeassa ylälaidassa. Kuvan vasemmalla reunalla puhaltimen tilatietolohko, joka on digitaalinen sisääntulotieto. Kuvan keskellä on kolme eri hälytyslohkoa. Ensimmäinen lohko hälyttää, jos puhaltimen tilatieto ei vastaa ohjausta. Tätä hälytystä kutsutaan ristiriitahälytykseksi. Keskimmäinen hälytyslohko hälyttää, kun ohjaus ei vastaa tilatieto. Tämä hälytys tulee, kun tuloilmakone laitetaan sähköisesti käsin päälle, yleensä sähkökeskuksen kytkimestä. Alin hälytyslohko on huoltohälytyslohko. Tuloilmapuhaltimen käyntiaika tallentuu ohjelmaan ja halutun käyntiajan jälkeen lohko hälyttää. Hälytystä kutsutaan huoltohälytykseksi.



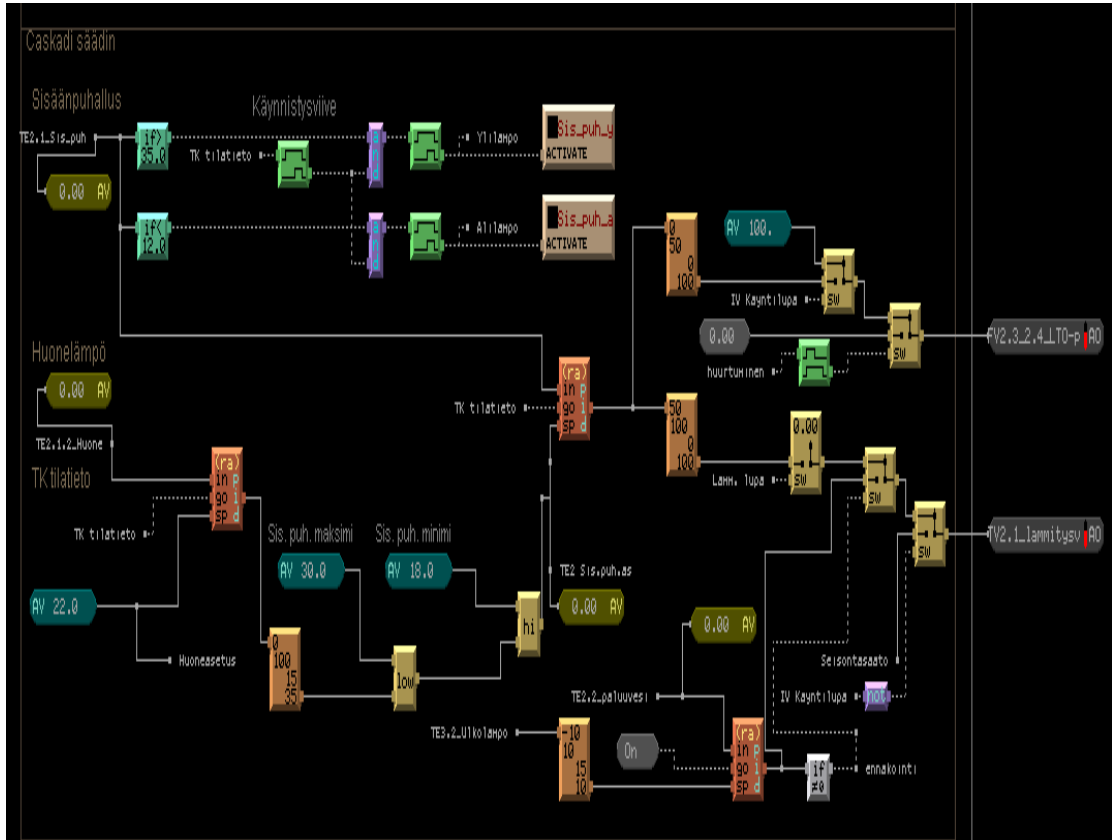
Kuva 16. Logiikkaohjelman ohjaussekvenssi

6.2.4 Kaskadisäädinsekvenssi

Ohjelman neljäs sekvenssi on kaskadisäädin. Huonelämpötilalle annetaan haluttu asetusarvo, joka kuvassa 17 vasemmassa alareunassa näkyy. Asetusarvoa voi halutessa muuttaa operointipääteeltä. Asetusarvo kytketään sekvenssin ensimmäisen PID-säätimen SP-liitäntään (SetPoint). PID-säätimen GO-liitäntään kytketään tieto, jolloin PID-säädin saa aloittaa säädön. Ohjelmassa GO-liitäntään on kytketty tuloilmapuhaltimen tilatieto. PID-säätimen ylimmäiseen eli IN-liitäntään (Input) on kytketty huonelämpötilan mittaustieto. PID-säädin laskee huoneasetusarvon ja huonelämpötilamittauksen poikkeamaa, jonka perusteella säätimen ulostulo määräytyy. PID-säätimen ulostulon arvo vaihtelee välillä 0–100 %. Linearisella muunnoslohkolla muunnetaan säätimen ulostulo 0–100 % niin, että se vastaa asteina 15–35 °C. Muunnoksesta saadaan tuloilman lämpötilan asetusarvo sekvenssin toiselle PID-säätimelle. Muunnettuun ulostuloon kytketään rinnalle tuloilman lämpötilan minimi- ja maksimiasetusarvot, joita halutessaan pystyy muokkaamaan operointipääteeltä.

Sekvenssin toiselle PID-säätimelle kytketään saatu tuloilman asetusarvo, laskentalupa sekä sen hetkinen tuloilman lämpötila. PID-säätimen ulostulo määräytyy asetusarvon ja mittauksen poikkeamasta. Ulostulolla säädetään ohituspellistön toimilaitetta sekä lämmityspatterin toimilaitetta kahdessa portaassa. Lämmitystilanteessa ensimmäisessä portaassa avataan ohituspellistö. Jos talteenottopatterin lämmitysteho ei riitä saavuttamaan laskettua tuloilman asetusta avataan toisessa portaassa lämmityspatterin venttiiliä tarpeellinen määrä asetuksen saavuttamiseksi. Vastaavasti portaiden toiminta päinvastoin eli venttiilin täytyy sulkeutua ennen kuin ohituspellistö voi lähteä sulkeutumaan. Jäähdytystilanteessa ohituspellistö ja lämmityspatterin venttiili ovat kiinni.

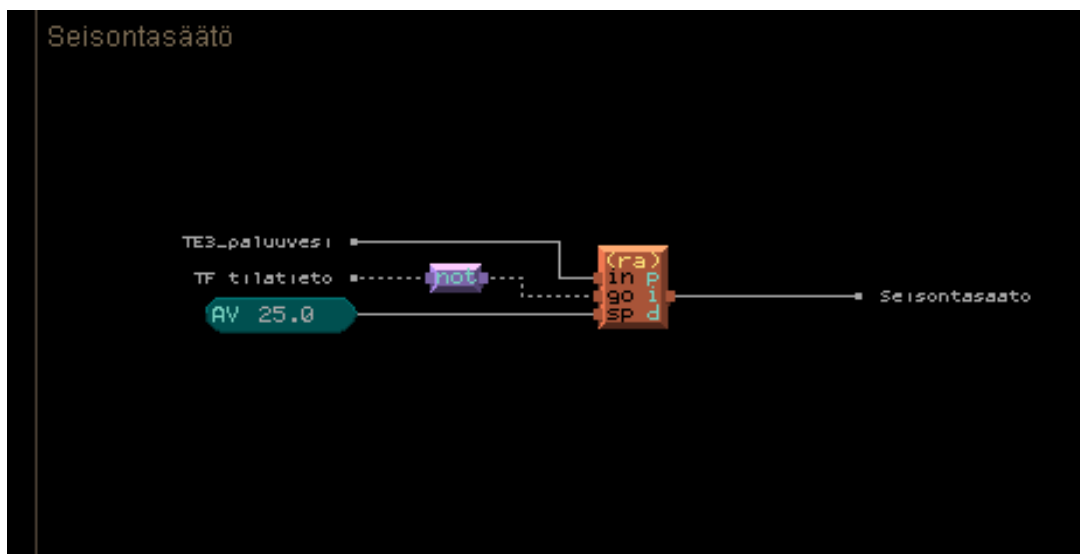
Ohituspellistön ja lämmityspatterin toimilaitteiden analogiaulostulolohkot ovat kuvan 16. oikeassa reunassa. Lämmityspatterin toimilaitteelle on tehty myös ennakointisäätö. Ennakointisäätö avaa toimilaitetta, jos paluuveden lämpötila laskee alle asetusarvon. Ennakoinnin asetusarvo muuttuu lineaarisesti ulkolämpötilan mukaan.



Kuva 17. Logiikkaohjelman kaskadisäädinsekvenssi

6.2.5 Seisontasäätösekvenssi

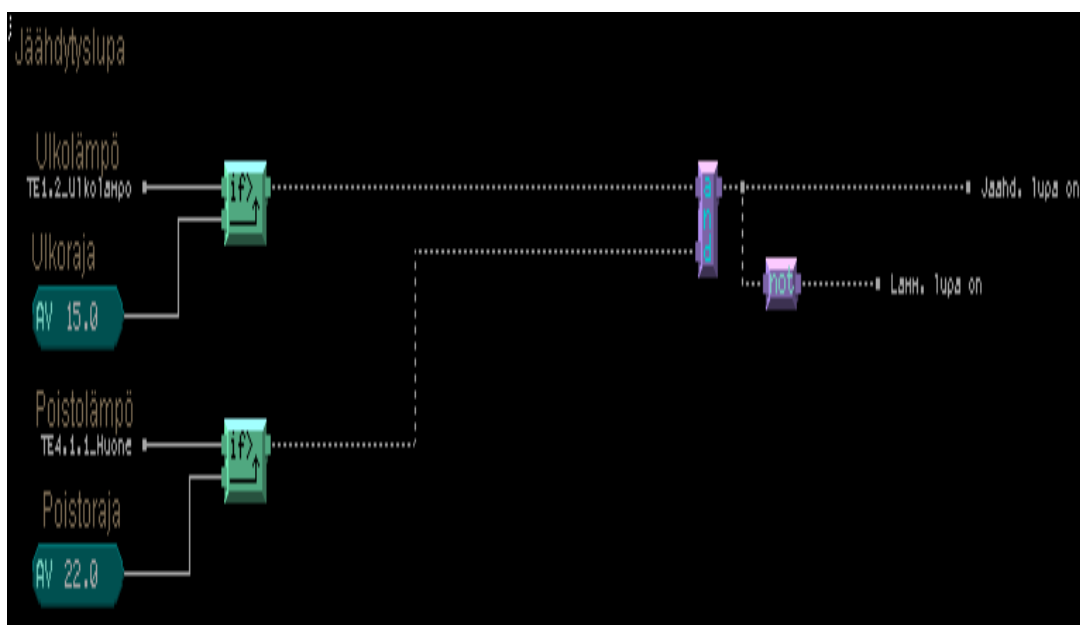
Ohjelman viides sekvenssi koostuu seisontasäädöstä. Kuvan 18 PID-säädin saa laskentaluvan, kun tuloilmapuhaltimen tilatieto on 0. Seisontasäädöllä pyritään pitämään lämmityspatterin paluuedenlämpötila halutussa asetusarvossa säätämällä lämmityspatterin toimilaitetta tuloilmapuhaltimen ollessa pysähdyksissä. Paluueden lämpötilan asetusarvoa pystytään muuttamaan operointipäätteeltä. PID-säädin laskee paluueden mittauksen ja annetun asetusarvon poikkeamaa, pyrkien saamaan ulostulollaan poikkeaman nollaan.



Kuva 18. Logiikkaohjelman seisontasäätösekvenssi

6.2.7 Lämmitys-/jäähdytyssekvenssi

Logiikkaohjelman kuudennessa sekvenssissä on toteutettu ilmanvaihtoprosessin lämmitys-, ja jäähdytyslupa, joka esitetty kuvassa 19. Prosessi saa jäähdytysluvan, jos ulkolämpötila ylittää asetetun raja-arvon ja huonelämpötila nousee yli annetun asetusarvon. Muuten prosessilla on aina lämmityslupa päällä. Ulkolämpötilan raja-arvoa sekä huonelämpötilan asetusarvoa voi halutessaan muuttaa operointipäätteeltä.



Kuva 19. Logiikkaohjelman lämmitys-/jäähdytyssekvenssi

6.2.7 Yölämmitys- ja yöjäähdytyssekvenssi

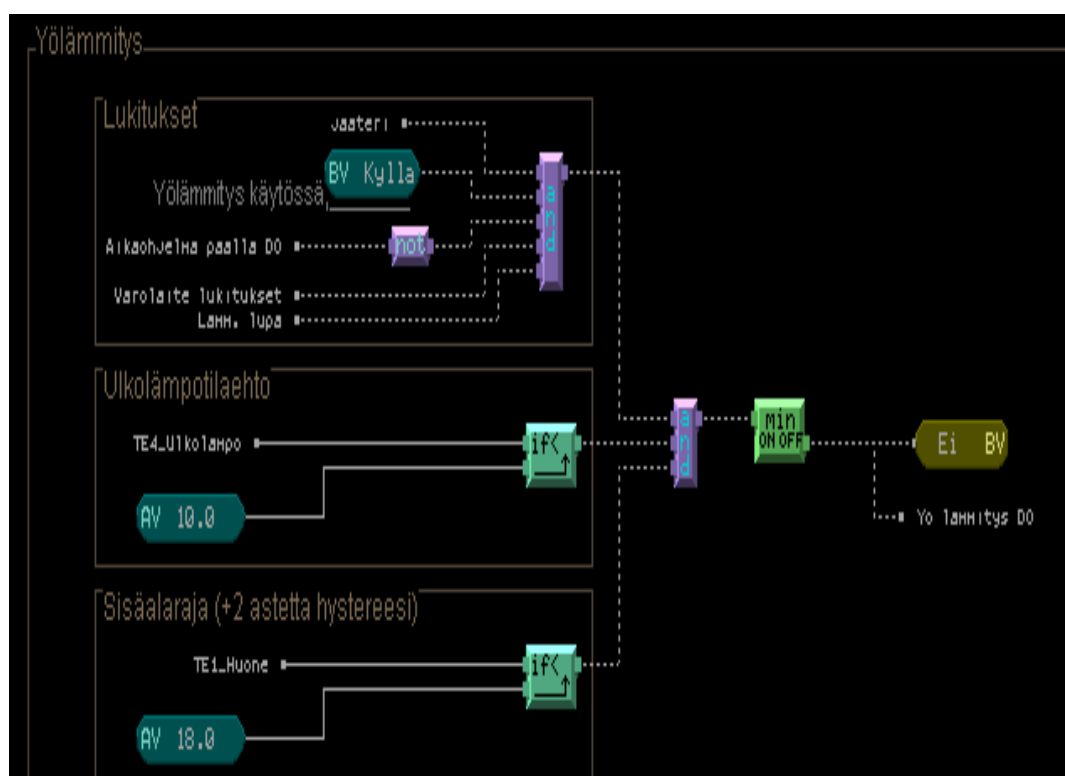
Logiikkaohjelman seitsemäs ja kahdeksas sekvenssi muodostuu yölämmitys- ja yöjäähdytyskäytöistä. Käyttöjä kutsutaan useimmin ulkopuolisiksi ohjauksiksi. Ohjaukset ovat aikaohjelmasta poikkeavia käyttöjä. Sekvenssit on esitetty kuvissa 20 ja 21.

Yölämmityksen ohjaus käynnistää tuloilmapuhaltimen, jos asetellut ehdot ja lukitukset toteutuvat. Lukitukset ovat seuraavat:

- Jäätymissuojan on oltava normaalissa tilassa.
- Käyntiajan täytyy olla aikaohjelman ulkopuolinen.
- Varolaitelukitusten pitää olla normaalissa tilassa.
- Prosessin lämmitysluvan on oltava päällä.

Yölämmityksen ehdot ovat seuraavat:

- Ulkolämpötilan täytyy olla alle asetellun raja-arvon.
- Huonelämpötilan on oltava alle annetun asetusarvon.



Kuva 20. Logiikkaohjelman yölämmityssekvenssi

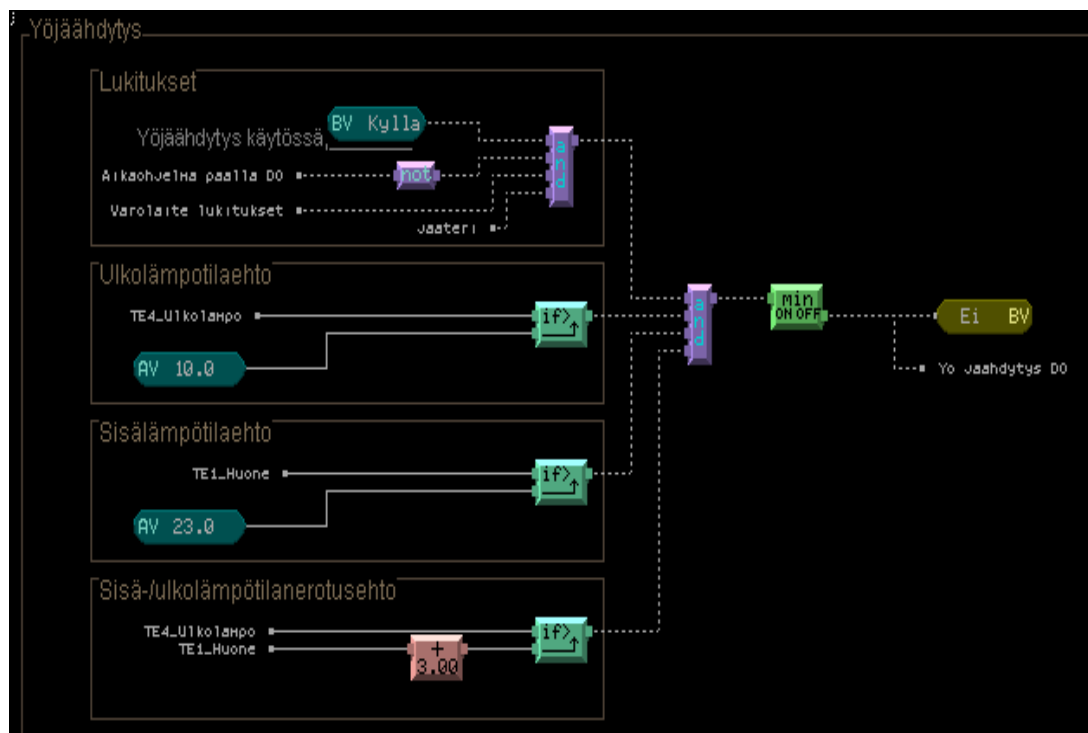
Yöjäähdytyksen ohjaus käynnistää tuloilmapuhaltimen, jos asetellut ehdot ja lukitukset toteutuvat. Lukitukset ovat seuraavat:

- Jäätymissuojan on oltava normaalissa tilassa.
- Käyntiajan täytyy olla aikaohjelman ulkopuolinen.
- Varolaitelukitusten pitää olla normaalissa tilassa.
- Prosessin lämmitysluvan on oltava päällä.

Yöjäähdytyksen ehdot ovat seuraavat:

- Ulkolämpötilan täytyy olla yli asetellun raja-arvon.
- Huonelämpötilan on oltava yli annetun asetusarvon.
- Huonelämpötilan täytyy olla 3 °C korkeampi kuin ulkolämpötilan.

Viimeinen ehto perustuu siihen, että tuloilmapuhaltimessa ei ole jäähdytyspatteria eli jäähdytys tapahtuu ulkoilman avulla. Ulkolämpötilan täytyy olla alhaisempi kuin huonelämpötilan, jotta jäähdytysvaikutusta saadaan aikaiseksi.



Kuva 21. Logiikkaohjelman yöjäähdytyssekvenssi

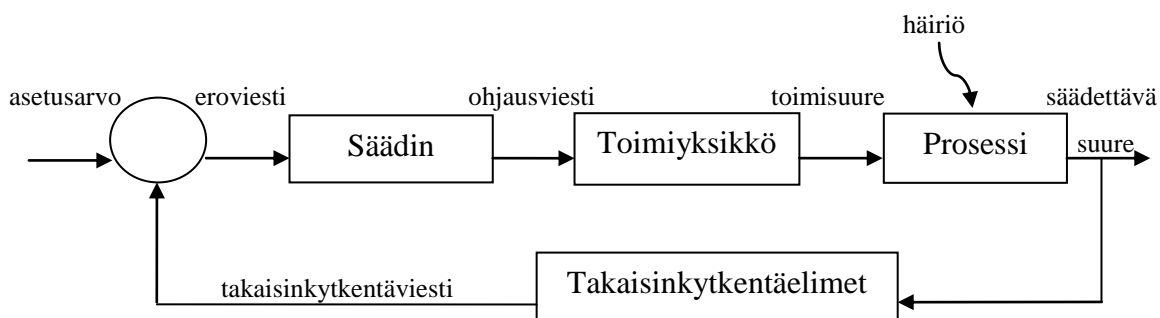
7. SÄÄTÖ

LVI-järjestelmien toimivuuden kannalta säätötekniikalla on keskeinen merkitys. Hyvät ja viihtyisät sisäolot pystytään luomaan hyvin toteutetulla säätöjärjestelmällä. Säädoilla on myös ratkaiseva merkitys rakennuksen energiankulutuksessa. Säätötekniikan keskeisten perusteiden sekä prosessin helppoon säädettävyyteen vaikuttavien tekijöiden tuntemusta vaaditaan toimivan säädön toteuttamiseksi. (Sähkötieto ry 2001, 53.)

7.1 Säätöjärjestelmän rakenne

Yksittäinen säätöpiiri on säätöjärjestelmän perusrakenneosa. Yksittäisen säätöpiirin tehtävänä on pitää säädettävän suuren arvo tarkoituksenmukaisella tarkkuudella asetusarvossaan. Säätöpiirin tulee olla riittävän nopea sekä mahdollisimman tunteeton ulkopuolisille häiriötekijöille. Säätöpiirin häiriöherkkyys kasvaa, ja piiristä tulee helposti itsestään värähtelevä, epästabiili, kun säätöpiirin nopeutta kasvatetaan. Piiri hidastuu ja muutostilanteiden hallinta hankaloituu häiriöherkkyuden vähentyessä. ”Hyvä säätöpiiri onkin tavallisesti kompromissi eri ominaisuuksien suhteen.” (Sähkötieto ry 2001, 53.)

Kuvassa 22 on säätöpiirin rakenne esitetty lohkokaaviomallina. ”Suljettu säätöpiiri syntyy, kun säädettävän suureen mittauksen ja asetusarvon erotuksella eli eroviestillä ohjataan prosessia toimiyksiköiden välityksellä.” Mikäli takaisinkytkentä puuttuu, on kyseessä avoin piiri, jossa säädön sijasta on ohjaus. Säätölain ja eroviestin perusteella määräytyy säätimen ohjausviesti. Eroviesti on asetusarvon ja takaisinkytkentäviestin eli mittauksen erotus. (Sähkötieto ry 2001, 53.)



Kuva 22. Suljettu säätöpiiri ja säätöpiiriin liittyvät käsitteet (Sähkötieto ry 2001)

7.2 Säättöpiirin virittäminen

”Säättöpiiri voidaan virittää laskennallisesti esimerkiksi simuloimalla prosessia matemaattisen mallin avulla tai kokeellisesti. Kokeellisista menetelmistä tavallisimmat ovat värähtelymenetelmä sekä askelvasteeseen perustuva menetelmä.” (Sähkötieto ry 2001, 58.)

Käytännössä on harvinaista, että säättöpiirien viritykseen käytetään kehitettyjä teoreettisia ja kokeellisia menetelmien. Useimmin säättöpiirit viritetään kokeilemalla ja seuraamalla säädön toimintaa esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmään tallennettavien trenditietojen avulla. Vahvistus ja aikavakiot eivät ole riippuvaisia toimintapisteestä prosessin ollessa lineaarinen. Säättöpiiri toimii siis yhtä hyvin kaikissa olosuhteissa. Käytännössä näin ei kuitenkaan ole, vaan lvi-prosessit ovat hyvin epälineaarisia ja myös niiden aikavakiot ovat monesti riippuvaisia toimintapisteestä. Siten esimerkiksi lauhalla säällä viritetty prosessi ei välttämättä toimi hyvin enää kovalla pakkasella. (Sähkötieto ry 2001, 59.)

Hain viritysparametreja kokeilemalla ja samalla keräsin automaatiojärjestelmästä trenditietoja, joista näin prosessin luonteen. Vertasin kokeilemalla saatuja parametreja prosessikokeista laskettuihin parametreihin. Viritysparametreja on vaikea laskea, koska tuloilmakoneen lämmön talteenottojärjestelmä tuo ison häiriön säädölle. Laskennassa on jätettävä ulkoinen häiriö huomioimatta. Annoin PI-säätimen parametreiksi vahvistukselle arvon 1,5 ja integrointiajaksi arvon 1 minuutti.

Talvisin talteenottopatterille johdetaan jäähdytyskoneen lauhdelämpö. Lauhdelämpö nousee siis vain jäähdytyskoneen käydessä. Jäähdytyskoneen toiminnasta johtuen lauhdelämpö tulee patterille noin 10 minuutin ajan kerrallaan ja noin 20 minuutin välein. Lauhdelämpö nousee jäähdytyskoneen käydessä noin +35 °C asteeseen.

7.3 Säädön toiminnan seuranta trenditietojen avulla

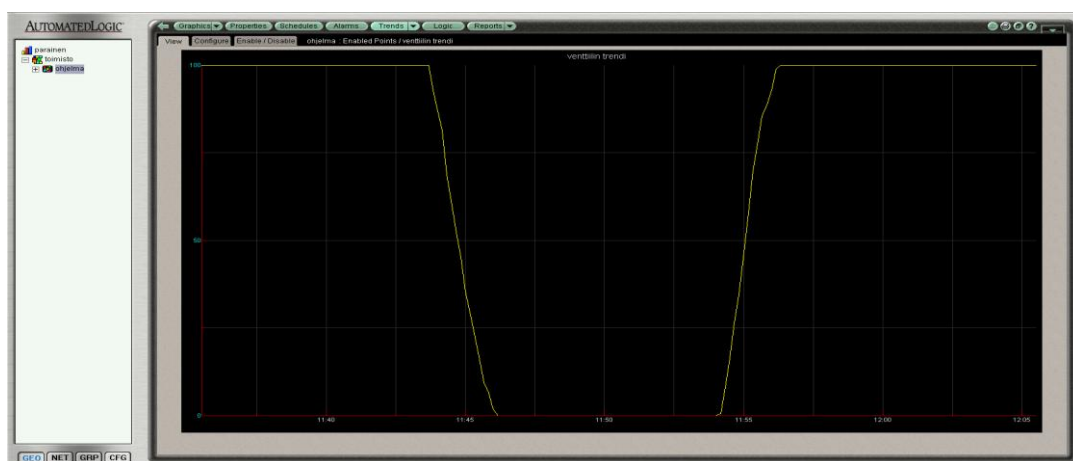
Kuvassa 23 on trenditietoa talteenottopatterin ohituspellistön toiminnasta. X-akselilla on esitetty aika ja y-akselilla ohituspellistön asento 0-100 %. Ohituspellistön ollessa 100 % auki, johdetaan kaikki ilma talteenottopatterin läpi. Kuvasta 23 näkee, kuinka

jäähdytyskoneelta johdettavan lauhdelämmön lämpötila lähtee nousemaan, jolloin ohituspellistö alkaa ohjata ilmaa talteenottopatterin ohi.

Kuvassa 24 on esitetty lämmityspatterin toimilaitteen toiminta samalla hetkellä, kun lauhdelämpö nousee. Toimilaitte ajaa kiinni, koska talteenottopatterin lämmitys teho riittää nostamaan tuloilman haluttuun asetusarvoon. Kuvan 23 ohituspellistön käyttäytyminen säätö tilanteessa on huojuvaa. Tämä johtuu suurimmaksi osaksi ohituspellistön toimilaitteen hitaudesta ja viritysparametreista. Säätö oli viritettävä nopeaksi. Hidas säätö ei ehtisi reagoimaan kunnolla lauhdelämmön nousuun, ja näin tuloilman lämpötila nousisi todella korkeaksi.



Kuva 23. Ohituspellistön säädön käyttäytyminen talteenottopatterin lauhdelämmön noustua



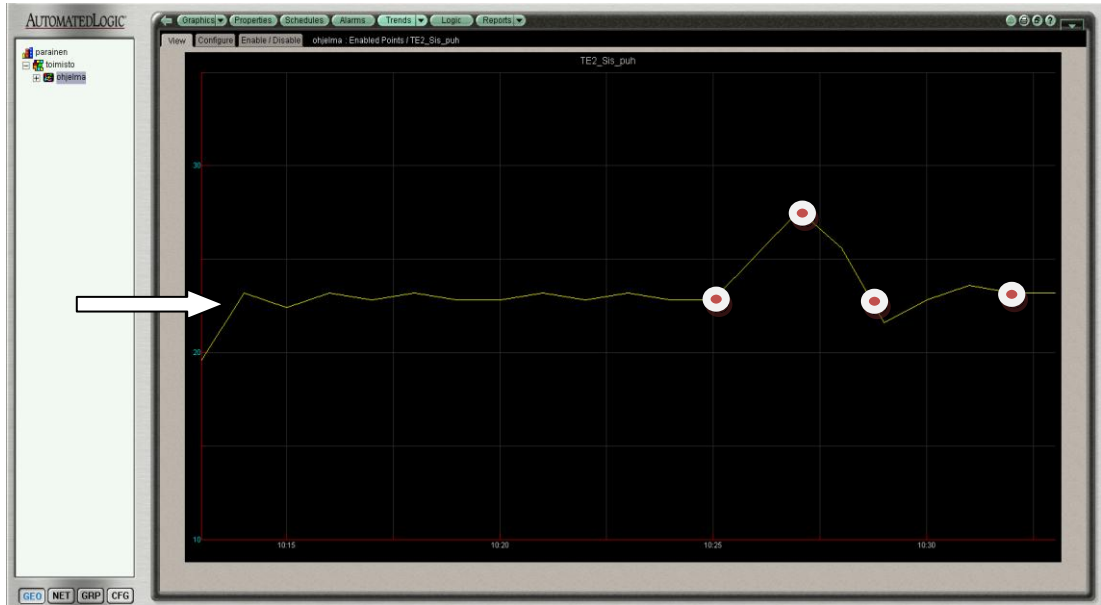
Kuva 24. Lämmityspatterin toimilaitteen säädön käyttäytyminen talteenottopatterin lauhdelämmön noustua

Kuvassa 25 on trenditietoa tallennettu tuloilman lämpötilasta. Kuvassa x-akselilla on kuvattu aika ja y-akselilla lämpötila. Tuloilman laskennallinen asetusarvo on +23 °C astetta, joka on havainnollistettu valkoisella nuolella kuvan vasemmassa yläreunassa.

Jäähdytyskoneen käynnistyttyä alkaa talteenottopatterissa kiertävä lauhdelämpö nousta. Talteenottopatterin lämmitystehon vaikutus tuloilman lämpötilaan on havainnollistettu kuvassa ensimmäisellä ympyrällä vasemmalta oikealle katsottaessa. Tuloilman lämpötila lähtee nopeasti kohoamaan ja samalla lämmityspatterin toimilaite alkaa ajaa venttiiliä kiinni. Venttiilin ollessa kiinni saa ohituspellistö luvan alkaa säätämään.

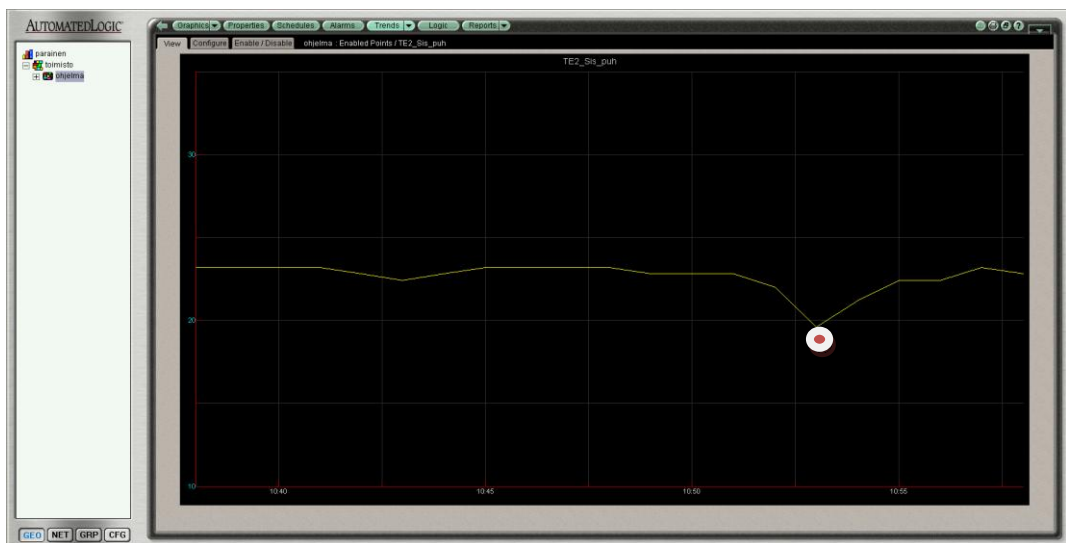
Kuvan toisen ympyrän kohdalla tuloilman lämpötila lähtee laskemaan ja kolmannen ympyrän kohdalla lämpötila saavuttaa asetusarvonsa, mutta sen jälkeen heilahtaa hetkeksi alle asetusarvon. Tämä johtuu nopeaksi viritetystä säädöstä. Tuloilman lämpötilan nousu jäähdytyskoneen käynnistyessä on haluttu mahdollisimman pieneksi.

Neljännän ympyrän kohdalla lämpötila saavuttaa asetusarvonsa. Säätö toimii hyvin ja nopeasti. Tuloilman lämpötila hakeutuu nopeasti asetukseensa ja näin varsinainen säädettävä suure huonelämpötila pysyy mahdollisimman stabiilina eivätkä työskentelyolosuhteet heikenny. Talteenottopatteri tekee prosessin säädöstä haastavan. Talteenottopatterin lämmitysteho on hyvä, mutta teho jakautuu pieniin ajanjaksoihin.



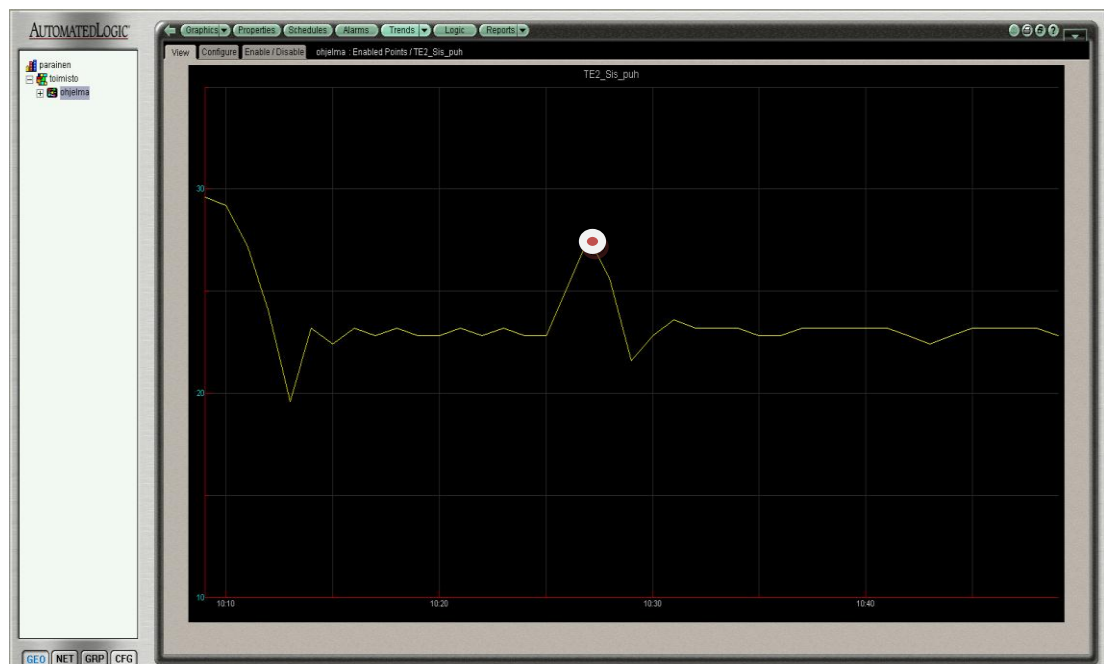
Kuva 25. Lauhdelämmön nousun vaikutus tuloilman lämpötilaan

Jäähdytyskoneen sammussa lauhdelämpö lähtee putoamaan. Kuvassa 26 on esimerkki lauhdelämmön putoamisen vaikutuksesta tuloilman lämpötilaan. Kuvan ympyrän kohdalla on talteenottopatterin lauhdelämpö pudonnut eikä talteenottopatterin lämmitysteho riitä enää lämmittämään tuloilmaa haluttuun asetusarvoon. Riittävä lämmitysteho saadaan säädön toiselta portaalta eli lämmityspatterilta. Lämmityspatterin toimilaite avaa venttiiliä tarvittavan määrän, jotta tuloilman lämpötila saavuttaa halutun asetusarvon.



Kuva 26. Lauhdelämmön putoamisen vaikutus tuloilman lämpötilaan

Kuvassa 27 on trenditietoa tallennettu tuloilman lämpötilasta pitemmällä aikavälillä. Tuloilman lämpötilan asetusarvo muuttuu +30 °C asteesta +23 °C asteeseen. Tuloilman lämpötilan asetusarvo muuttuu laskennallisesti huonelämpötilan mukaan. Kuvan 27 keskivaiheilla ympyrän kohdalla näkyy, kuinka talteenottopatterin lauhdelämmön nousu vaikuttaa säätöön. Lauhdelämmön nousua säädössä voisi kutsua ulkoiseksi häiriöksi. Lauhdelämpö on kuitenkin ilmaista energiaa, jota kannattaa hyödyntää.

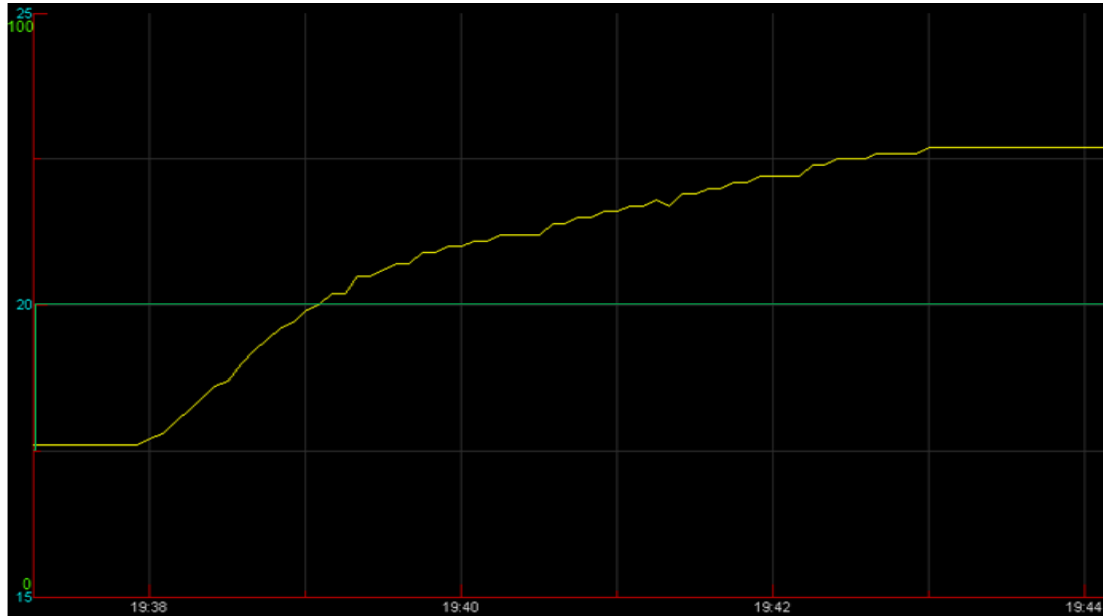


Kuva 27. Tuloilman lämpötilan trenditieto

7.4 Prosessikokeet

Tein prosessiin askelvastekokeita selvittääkseni prosessin aikavakion, viiveen ja vahvistuksen. Asetin piirin ensin käsiajolle ja odottelin mittauspiirin tasaantumista. Tasaantumisen jälkeen tein ohjaukseen askelmaisen muutoksen.

Kuvassa 28 näkyy säätöpiirin askelvastekoe. Keltainen viiva kuvaa tuloilman lämpötilan mittausarvo ja vihreä viiva kuvaa säätimen ulostuloa eli ohjausta. Mittausalue on skaalattu välille 15–25 °C ja ohjaus välille 0-100 %.



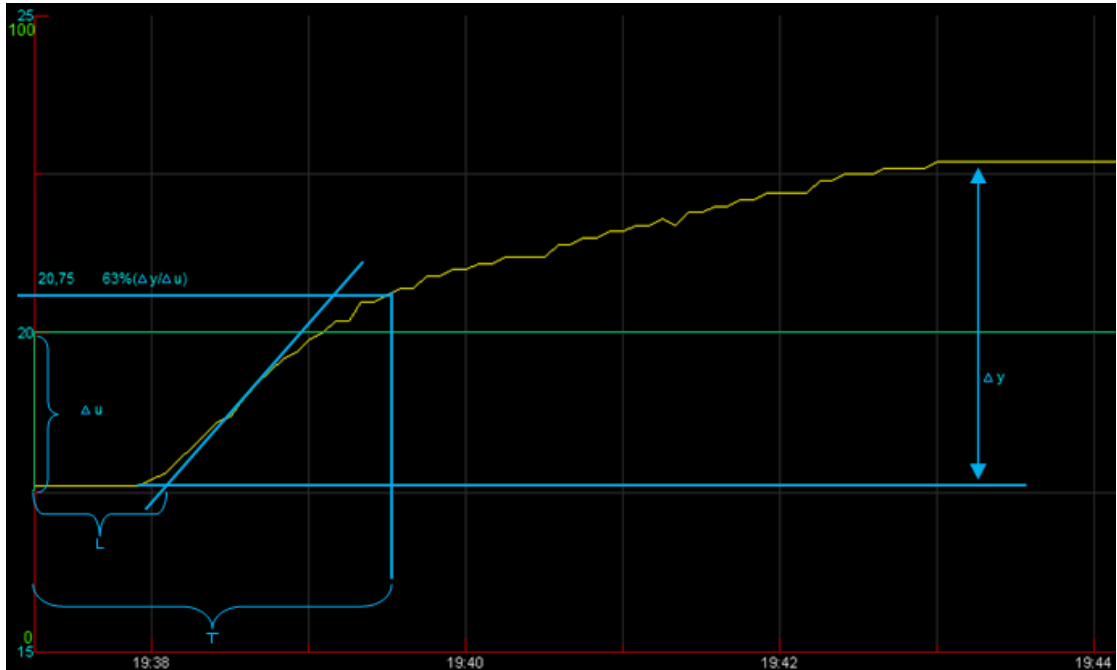
Kuva 28. Askelvastekoe WebCTRL:n Trends-näytössä

Prosessin vahvistus K on mittaussignaalin muutoksen Δy ja ohjaussignaalin Δu suhde. Tein piiriin ohjausmuutoksen 25 %:sta 50 %:iin, jonka vaikutuksesta tuloilman lämpötila nousi 17,6 °C:sta 22,6 °C:een.

$$A = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{22,6 - 17,6}{50\% - 25\%} = \frac{5}{25} = 0,2$$

Kuvassa 29 on piirretty vasteen jyrkimpään muutoskohtaan tangentti aikavakion ja viiveen määrittämiseksi. Viive L on aika ohjausmuutoksesta tangentin ja mittauksen lähtötason leikkauspisteeseen. Aikavakio T on aika tangentin ja mittauksen lähtötason leikkauspisteestä siihen, kun mittaus on saavuttanut 63 % lopullisesta arvostaan.

Prosessin aikavakio T on 2,56 minuuttia, ja viive L on 1,18 minuuttia.



Kuva 29. Yhden aikavakion ja viiveen prosessimallin määrittäminen askelvastekuvajasta

7.5 Simulointi

Yhden aikavakion prosessimalli on s -tasossa

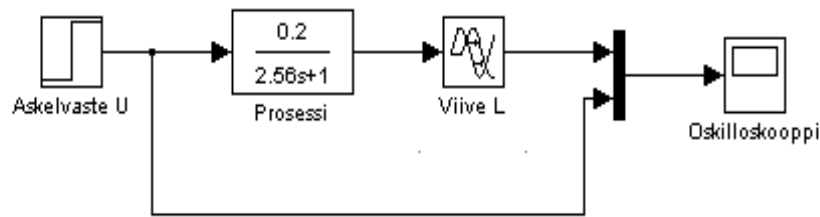
$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K \cdot e^{-sL}}{Ts + 1}, \text{ jossa esiintyvä } s \text{ on niin sanottu Laplace-muuttuja, ja } e$$

on tavallisen eksponenttifunktion ja luonnollisen logaritmijärjestelmän kantaluku, Neperin luku, joka on likiarvoltaan 2,71828.

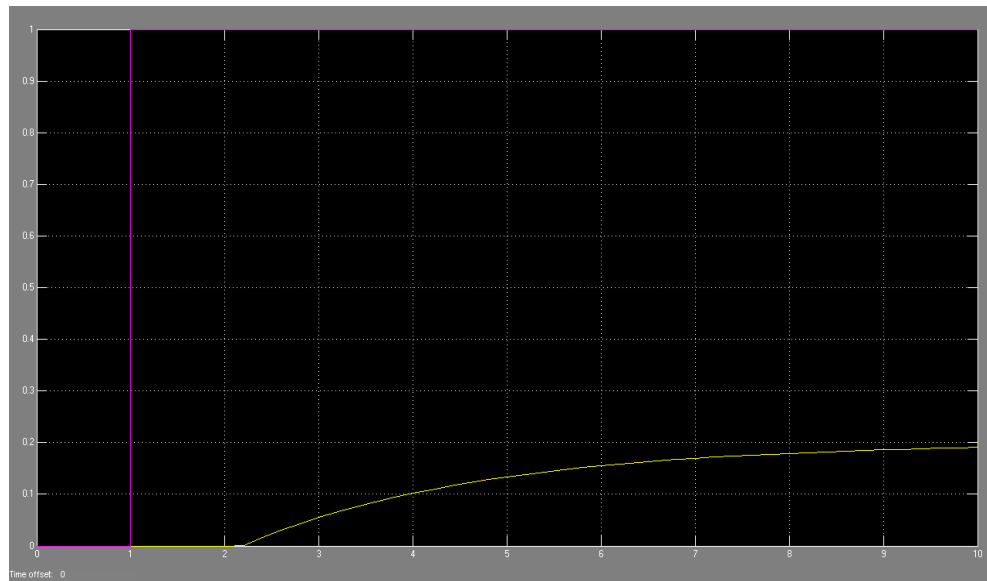
Lisäämällä prosessikokeen tulokset prosessimalliin yhtälöstä saadaan:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0,2 \cdot e^{-s \cdot 1,18}}{2,56s + 1}.$$

Simuloin avointa piiriä MatLabin SimuLink-ohjelmalla. Kuvassa 30 on vasemmassa reunassa askelfunktio, joka kytketään prosessin sisäänmenoon. Prosessi on esitetty kahdessa lohossa, joista jälkimmäinen on viivelohko. Prosessi ja askelfunktio on kytketty mux-lohkoon, josta signaalit viedään oskilloskooppilohkoon tarkastelua ja vertailua varten.



Kuva 30. Avoimen piirin simulointia MatLab SimuLink-ohjelmalla



Kuva 31. Askelvastekoe SimuLinkissa

7.6 Viritysparametrien laskenta

7.6.1 Lambda-menetelmä

Lambda-viritys on mallipohjainen viritysmenetelmä, jossa käyttäjä määrittelee suljetun piirin käyttäytymisen lambda (λ)-parametrin avulla. Lambda-viritys sopii viiveellisille prosesseille. Lambda (λ)-parametri on suljetun ja avoimen piirin aikavakioiden suhdekerroin. Suljettu piiri on yhtä nopea kuin avoin piiri, kun λ on 1. Jos $\lambda < 1$, suljettu piiri on nopeampi kuin avoin piiri ja päinvastoin. Säättöpiirien nopeudet valitaan yleensä sellaisiksi, että λ on välillä 0,5...5. (Harju & Marttinen 2000, 116–118.)

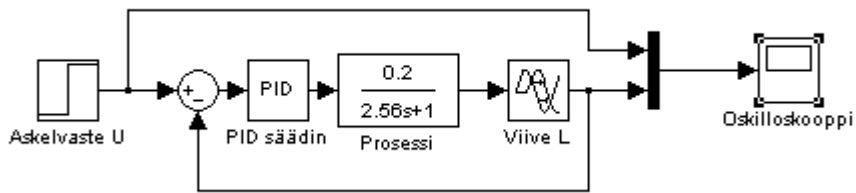
Viritysparametrit lasketaan seuraavasti:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_i = T \\ K_p = \frac{1}{K * (\lambda + \frac{L}{T})} \end{array} \right.$$

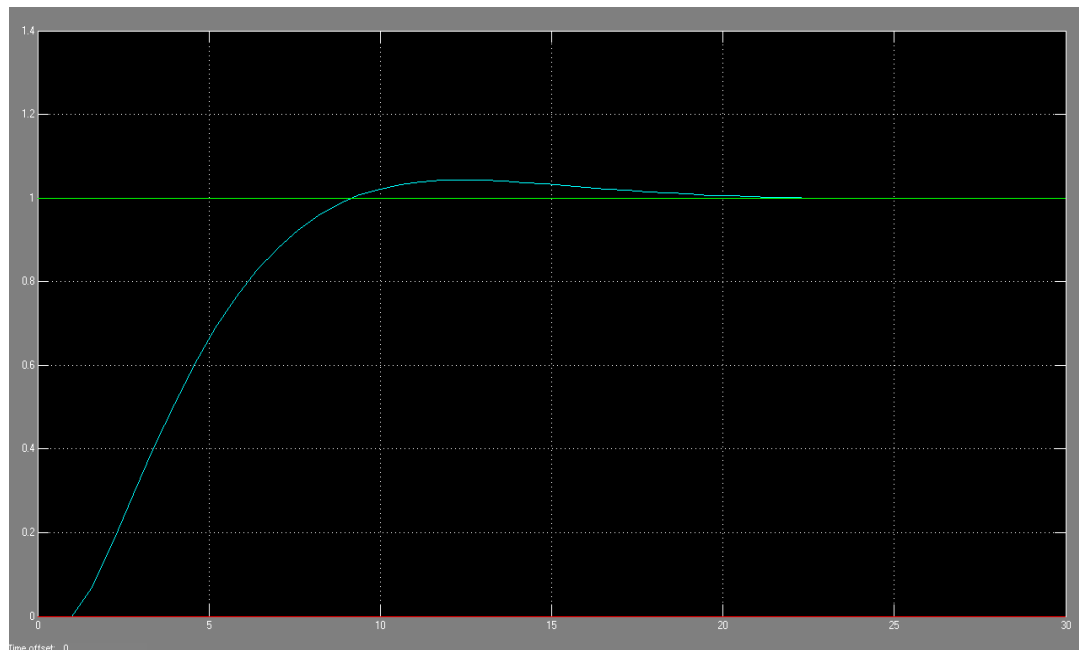
Lasketaan säätimen vahvistus K_p lambda:n arvolla 2,0

$$K_p = \frac{1}{0,2 * (2,0 + \frac{1,18}{2,56})} = 2,03$$

Lisätään malliin PI-säädin (kuva 32), ja simuloidaan laskettuja parametreja:



Kuva 32. Simulointi PI-säätimellä



Kuva 33. Vaste lambda:n arvolla 2,0

Parametrit antavat hyvän vasteen, joka on esitetty kuvassa 33. Mittaus nousee asetusarvoonsa nopeasti tekemällä pienen ylityksen. Sääto on suhteellisen nopea ja riittävä Paraisten Puhelin Oy:n ilmavaihtoprosessin hallintaan. Prosessin hallintaan vaaditaan nopeaa säätöä johtuen tuloilmakoneen lämmön talteenottojärjestelmästä.

7.6.2 Ziegler-Nichols-menetelmä

Ziegler-Nicholsin viritysmenetelmä on esitetty jo vuonna 1942, mutta se on edelleen laajassa käytössä tai ainakin se mainitaan lähes jokaisessa viritystä käsittelevässä kirjassa. Viritys perustuu prosessiparametreihin, jotka saadaan esimerkiksi askel-vasteesta. (Harju & Marttinen 2000, 115.)

Ziegler-Nichols-menetelmiä on kaksi, joilla lasketaan PI-säätimen viritysparametrit. Ensimmäinen tapa perustuu kiinteisiin kertoimiin, jotka ovat esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Ziegler-Nicholsin viritys askelvasteen perusteella.

	K_p	T_i	T_d
P	$T/(KL)$		
PI	$0,9T/(KL)$	$3L$	
PID	$1,2T/(KL)$	$2L$	$L/2$

Ensimmäisellä menetelmällä laskettaessa saadaan seuraavat parametrit:

$$K_p = 0,9T / (KL) = 0,9 * 2,56 / (0,2 * 1,18) = 9,76$$

$$T_i = 3 * 1,18 = 3,54$$

Mittaus nousee todella nopeasti asetusarvoonsa ja tekee noin 14 %:n ylityksen ja tasoittuu muutaman heilahduksen jälkeen. Vaste on esitetty kuvassa 34. Lambda-menetelmästä saatuihin parametreihin verrattuna Ziegler-Nicholsin ensimmäisen menetelmän parametrit antavat vahvemman ja nopeamman vasteen.

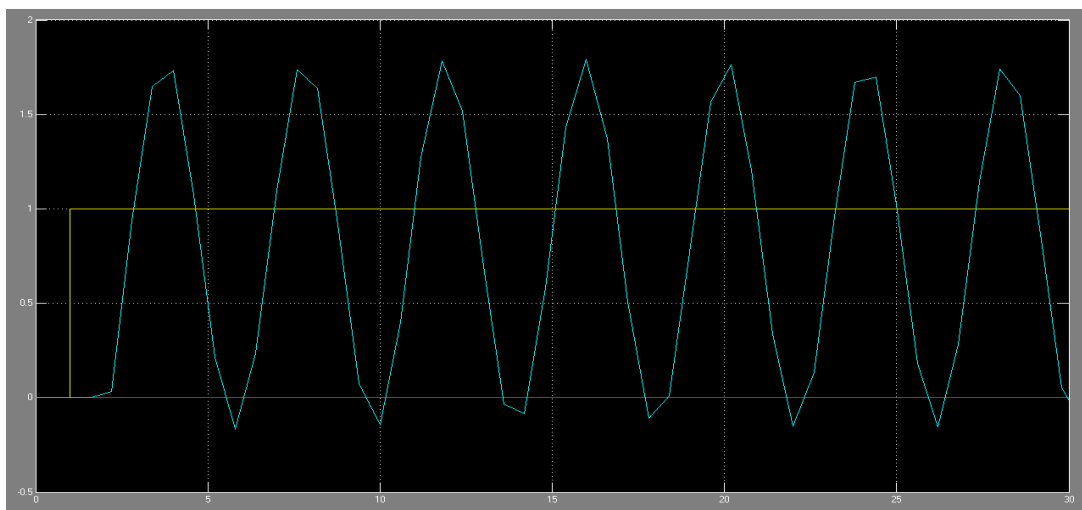
7.6.3 Ziegler-Nichols-värähtelyrajamenetelmä

Toinen Ziegler-Nichols-menetelmä perustuu kriittiseen vahvistukseen K_{kr} ja kriittiseen jaksonaikaan T_{kr} . Kokeellisesti nämä voidaan määrittää kasvattamalla P-säädössä säätimen vahvistusta, kunnes järjestelmä on stabiilisuusrajalta eli sen vaste värähtelee vakioamplitudilla ja vakiotaajuudella. Säätimen vahvistukseksi saadaan puolet kriittisestä vahvistuksesta. Alun perin menetelmä on suunniteltu kuormitushäiriöiden kompensointiin, ja käytännössä menetelmä antaa suuria ylityksiä asetusarvon muutostilanteissa. Integrointiajan ja derivointiajan suhde on neljä, samoin vasteessa pyritään värähtelyn vaimennussuhteeseen $1/4$, eli ylitys/alitus on aina neljänneksen suuruinen edellisestä. Kertoimet rakentuvat seuraavasti taulukkoon 2:

Taulukko 2. Ziegler-Nicholsin viritys kriittisen vahvistuksen ja jaksonajan perusteella.

	K_p	T_i	T_d
P	$K_{kr}/2$		
PI	$K_{kr}/2,2$	$T_{kr}/1,2$	
PID	$K_{kr}/1,7$	$T_{kr}/2$	$T_{kr}/8$

Prosessi alkoi värähdellä vakiotaajuudella, kun vahvistus oli 22. Värähtelyn jaksonaika oli 3,96 minuuttia. Värähtely on esitetty kuvassa 34.



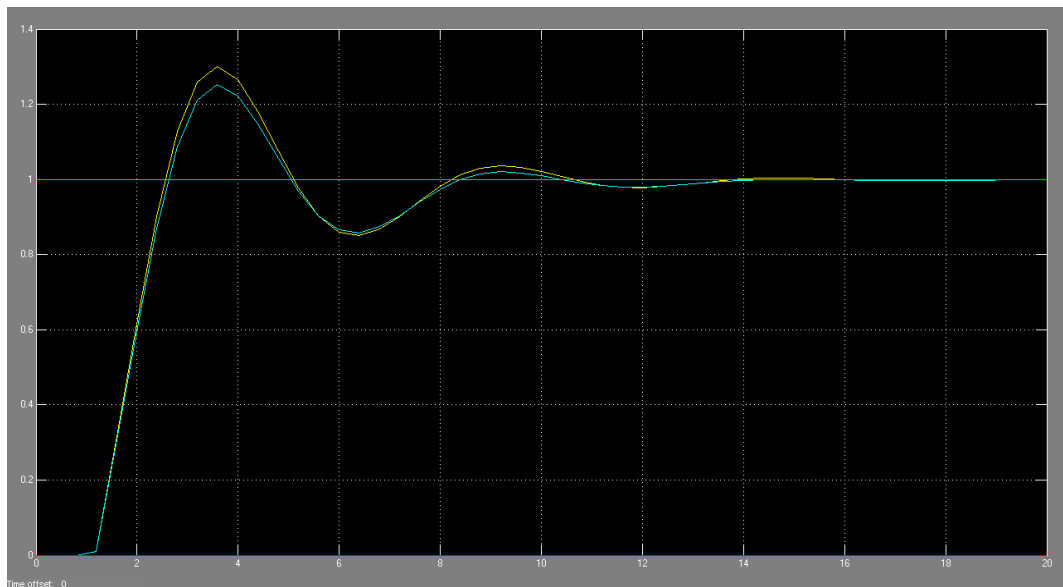
Kuva 34. Järjestelmä stabiilisuusrajalta.

Parametrien laskenta taulukon 2 kertoimilla:

$$K_p = K_{kr} / 2,2 = 22 / 2,2 = 10$$

$$T_i = T_{kr} / 1,2 = 3,96 / 1,2 = 3,3$$

Vahvistukseksi tulee hiukan isompi arvo kuin edellisellä menetelmällä ja integrointiajaksi hiukan pienempi. Molempien menetelmien vasteet on esitetty kuvassa 35, turkoosi käyrä kuvaa värähtelymenetelmällä laskettujen parametrien vastetta. Menetelmistä saaduista vasteista voi päätellä, että parametrit vahvistavat säätöä paljon ja huojumista esiintyy. Säätö on liian nopea ilmanvaihtojärjestelmän hallintaan.

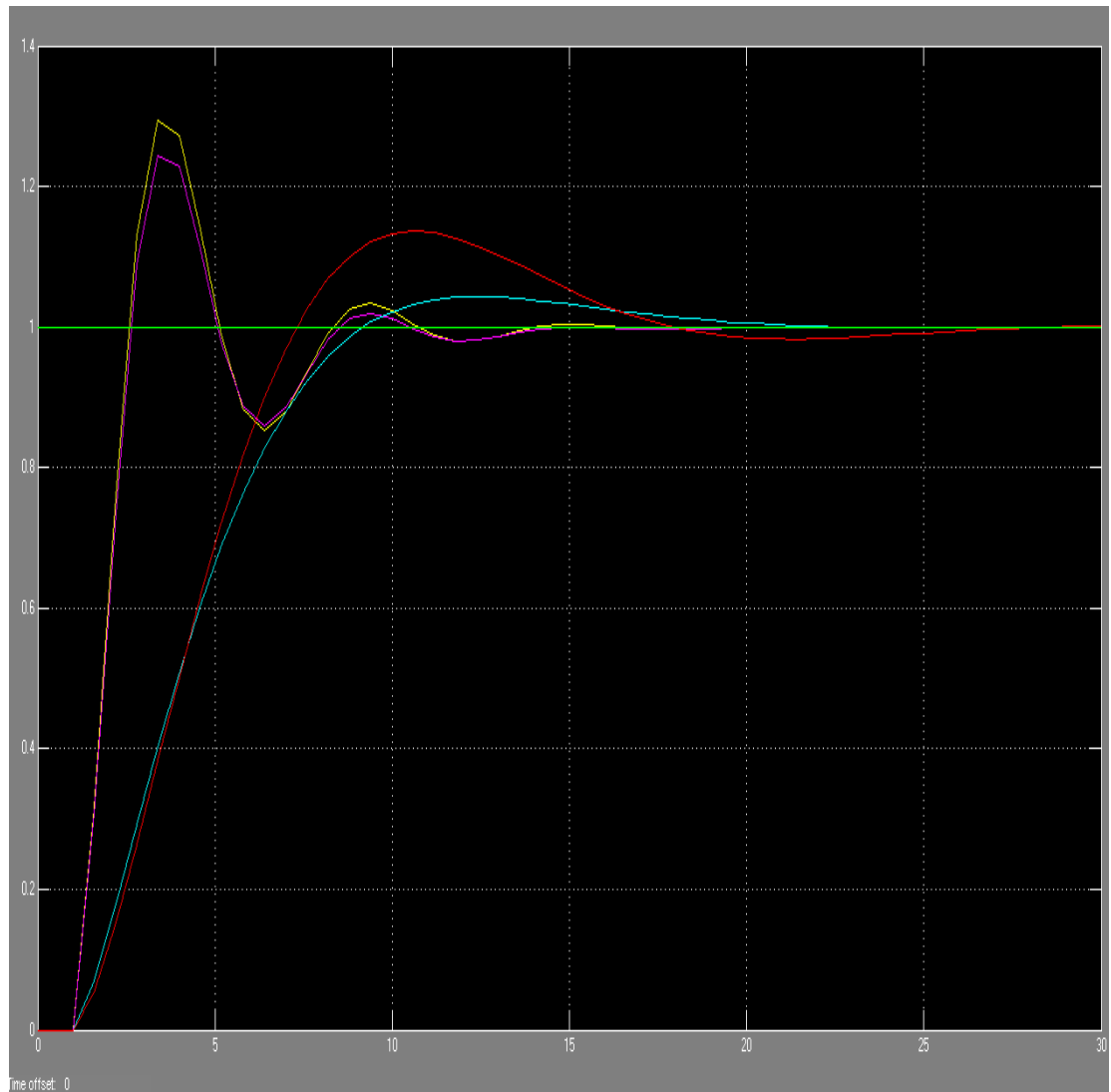


Kuva 35. Askelvasteet Ziegler-Nichols-menetelmillä lasketuilla parametreilla.

7.7 Parametrien vertailu

Simuloin menetelmistä saatujen säätöparametrien vasteet ja kokeilemalla annettujen säätöparametrien vasteen samaan näyttöön. Kuvassa 36 keltainen vaste on Ziegler-Nicholsin ensimmäisestä menetelmästä laskettujen parametrien vaste. Lila on Ziegler-Nicholsin toisen menetelmän eli värähtelyrajamenetelmällä laskettujen parametrien vaste. Turkoosi Lambda-menetelmällä saatu vaste ja punainen vaste on kokeilemalla annettujen parametrien vaste. Kokeilemalla annettujen parametrien vaste on laskentamenetelmistä saatujen vasteiden välimuoto. Kokeilemalla annetut parametrit vahvistavat prosessin hallittavuutta hieman liikaa, ja se saa aikaan pientä huojumista

säädössä sekä liiallista ylitystä. Menetelmistä parhaan vasteen antoi Lambda-menetelmä, jonka mukaan viritin Paraisten Puhelin Oy:n säätimen.



Kuva 36. Eri menetelmien vasteet.

8. OPINNÄYTETYÖN LOPPUTULOS

Opinnäytetyö oli monipuolinen, haastava ja opettavainen. Projekti sujui ilman suurempia vastoinkäymisiä, mutta jälkeenpäin ajatellen monta asiaa olisi voinut tehdä nopeammin ja helpommin. Sain tutustua Suomessa vasta markkinoille tulleeseen automaatiojärjestelmään. Näin kuinka tärkeää on löytää lämpötilojen säädöille oikeat viritysparametrit, jotta saavutettaisiin mahdollisimman hyvät ja tasaiset työskentelyolosuhteet. Opin myös paljon ilmanvaihtoprosessista ja sen hallinnasta.

Paraisten Puhelin Oy:n ilmanvaihtoprosessin säädettävyys on raskasta johtuen talteenottopatterin lauhdelämmön tehon jakautumista pieniin ajanjaksoihin. Tällöin kaikkea lauhdelämmön energiaa ei saada käytettyä hyödyksi, ja toisaalta jatkuva häiriö säädössä kuluttaa huomattavasti enemmän toimilaitteita kuin häiriötön säätö.

Parannusehdotukseni olisi, että talteenottopiiriin lisättäisiin varaava säiliö, johon lauhdelämpöä siirrettäisiin. Säiliöstä saataisiin lämpöenergiaa tasaisesti ilmastointikoneen talteenottopatterille. Näin saavutettaisiin merkittävästi tasaisempi lämpötilojen säätö sekä säästettäisiin toimilaitteita kulumiselta. Tärkein asia kuitenkin parannuksella olisi energian säästö, joka vuositasolla olisi jo merkittävä summa. Paraisten Puhelin Oy:n laiteloista löytyy myös toinen jäähdytyskone, jonka lauhdelämpöä ei vielä käytetä hyödyksi. Laittilojen jäähdytyskoneen lauhdelämpö voitaisiin käyttää myös hyödyksi, jos talteenottopiiriin lisättäisiin varaava säiliö.

Ilmastointikoneen automatiikan modernisoinnilla ei vaikutettu ilmamäärän vaihtuvuuteen. Modernisoinnilla saavutettiin olosuhteiden parempi hallittavuus sekä käytettävyys. Operointipäätteen avulla henkilökunta pystyy helposti seuraamaan vallitsevia olosuhteita sekä tekemään olosuhteisiin muutoksia tarvittaessa. Järjestelmän aikaohjelman ansiosta ilmastointikone käy vain halutun ajan päivästä. Energiaa säästyy, kun ilmastointikoneen ei tarvitse käydä jatkuvasti.

Systemaattinen viritys on hyvin tärkeää. Oikeilla parametreilla säästetään toimilaitteita kulumiselta ja saadaan aikaiseksi tasaiset työskentelyolosuhteet. Laskennalliset menetelmät osoittautuivat hyvin käyttökelpoisiksi ja luotettaviksi etenkin Lambda-menetelmä, jonka mukaan Paraisten Puhelin Oy:n säädin on viritetty.

LÄHTEET

Automated Logic Corporation. 2000–2009. Automated Logic Corporation kotisivu.
Saatavissa: <http://www.automatedlogic.com/system-architecture/>. [Viitattu 5.7.2010]

Automated Logic Corporation. 2000–2009. Automated Logic Corporation tukisivu.
Saatavissa: <http://accounts.automatedlogic.com/tsapl/dictionary.nsf/dx/A20F429B1C14771E852572910052237D>. [Viitattu 26.7.2010]

Carrier Oy. 2010. Carrier Oy Turun konttorin automaatiojärjestelmän tasokuva.
Saatavissa: http://carrierturku.dyndns.tv/_common/lvl5/main.jsp?wbs=19&operatorlocale=en. [Viitattu 13.6.2010]

Finnet-ryhmä. 2009. Finnet-ryhmän kotisivu.
Saatavissa: <http://www.finnet.fi/index/finnetryhma/esittely.html>. [Viitattu 25.5.2010]

Harju T. & Marttinen A. 2000. Sähköpiirin virityksen perusteet. 1. painos. Espoo: Otamedia Oy.

Korkala T., Laksola J. & Salminen M. 2002. Kiinteistön ilmastoinnin hoito ja huolto. 3., uudistettu painos. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus.

Mikkola J-M & Värjä P. 2008. Uusi kiinteistöautomaatio, Automaatio- ja säätötekniikka. Kuusankoski: Mikro-oppi.

Paraisten Puhelin Oy. 2009. Paraisten Puhelin Oy:n kotisivu.
<http://www.partel.fi/main.php?cg=3>. [Viitattu 15.7.2010]

Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2001. ST-käsikirja. 2., uusittu painos. Espoo: Sähkötieto ry.

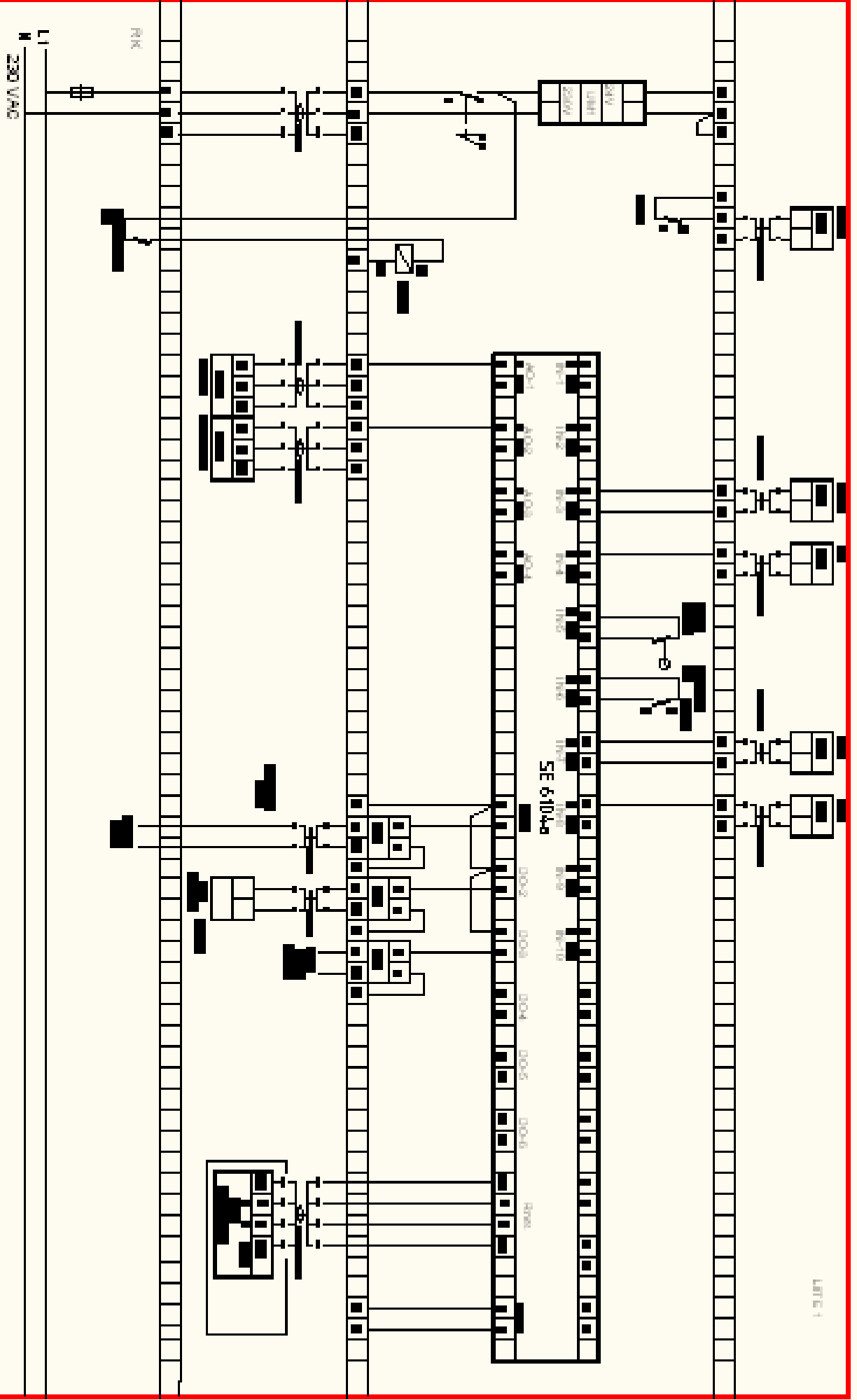
Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2010. Säätoventtiilit.

Saatavissa: http://www.tp.spt.fi/~salabra/automaatio/ProsSim/Doc/Actuators/Saatoventtiilit.html#_Toc174186300. [Viitattu 2.6.2010]

Seppänen O. 1988. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto, Helsinki: LVI-kustannus Oy.

Seppänen O. & Seppänen M. 2007. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. 4., painos. Espoo: Sisäilmayhdistys.

Sisäilmaohje. 1997. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö.



LIFT 1

31.12.09 Kimo Aulaha

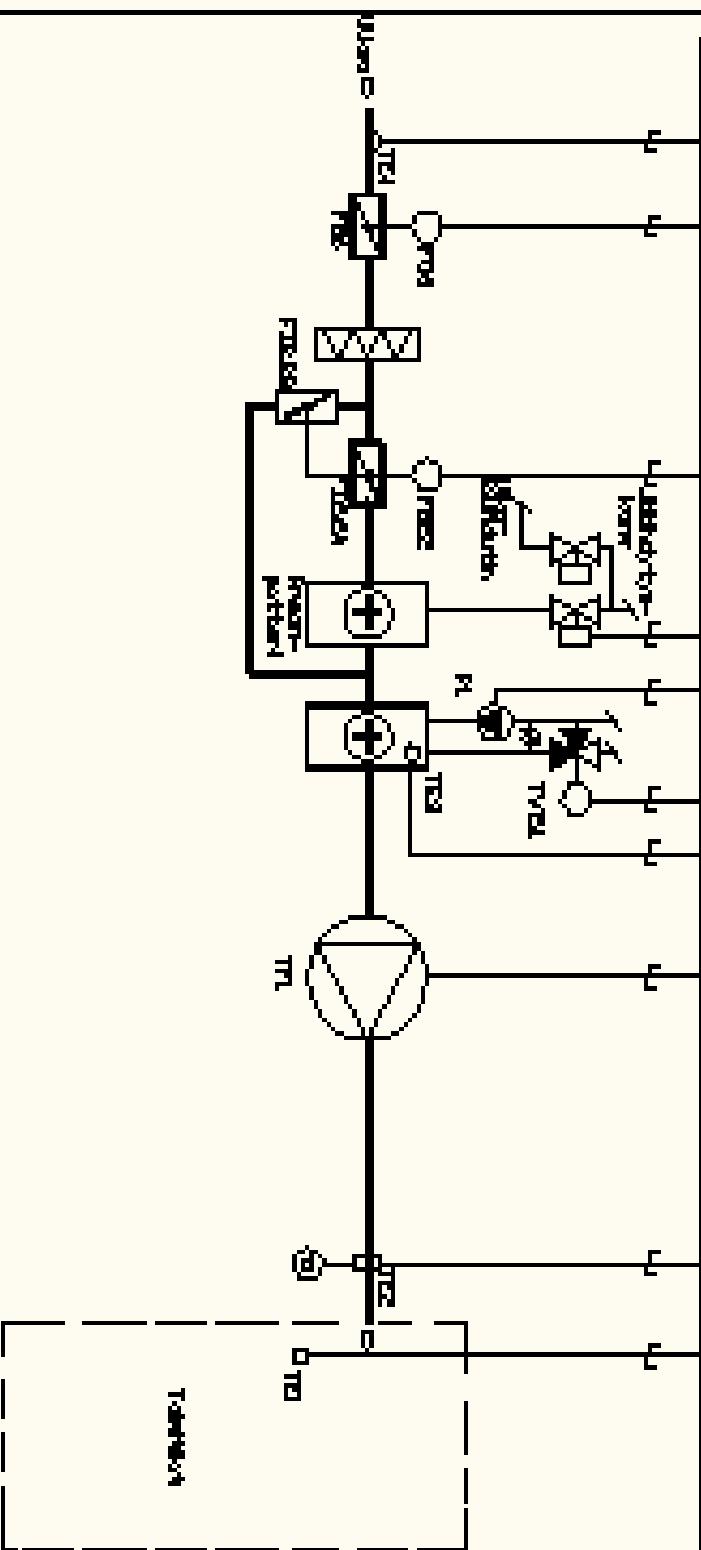


Paralisten Puhelin Oy
LÄHETYSKORTTI

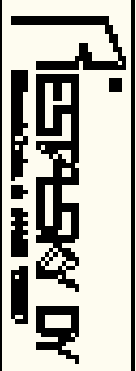
35574
Touhokatu 10
87

HLI			HLI	LOC- ALPHABET
B	→		IC	
RI	→		AC	
RI	→		AD	
RI	→		TD	DM3

RK										
	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U



Entworfen Projektiert By
 Modifikation d. Daten Programm
 T1.1



Produktion
 1.1

YLEISKUVAUS

Järjestelmä on toteutettu Automated Logic 6104a-järjestelmän alakeskuksella.
Alakeskus toimii itsenäisesti. Tuloilmapuhallin käy aikaohjelman mukaan.
Järjestelmän käyttö tapahtuu BACview-käyttöpäätteeltä.

TF 1 Tuloilmakone**ILMANVAIHTO PÄÄLLÄ:**

Tuloilmakone käynnistyy aikaohjelman mukaan. Tuloilmakoneen TF 1 käydessä peltimoottori FG 6 avaa raitisilmapellin FZ 6.

Säädin TC 1 ohjaa venttiilimoottoria TV 2.1 ja ohituspeltimoottoria FG 2.2 sarjassa antureiden TE 2 ja TE 1 mittausarvon perusteella pitäen huoneilman lämpötilan asetusarvossaan.

TE 2 toimii myös sisäänpuhalluslämpötilan minimi- ja maksimirajoitus anturina.

Ulkotermostaatti ohjaa Freon-piirin magneettiventtiileitä.

Ulkolämpötilan laskettua alle +10 °C asteen, jäähdytyskoneen lauhdinlämpö ohjataan Freon-patterille.

TE 4 mittaa vallitsevaa ulkolämpötilaa.

ILMANVAIHTO SEIS:

Tuloilmakoneen TF 1 seistessä peltimoottori FG 6 on kiinni ja säädin TC 1 ohjaa paluuesianturin TE 3 mittauksen mukaan venttiilimoottoria pitäen lämmityspatterin paluuvien lämpötilan seisontasäätöasetusarvossaan.

JÄÄTYMISSUOJA:

Ohjelmallinen jäätymissuoja estää tuloilmakoneen käynnin, jos lämmityspatterin paluuveden lämpötila alittaa +8 °C. Ohjelmassa on myös jäätymissuojan ennakointi. Venttiilimoottori ohjataan suhteellisesti auki, jos paluuveden lämpötila alittaa +10 °C.

LUKITUKSET:

Tuloilmapuhallin lukitaan lämmityspatterin kiertovesipumpun kanssa siten, että puhallin ei käynnisty ellei pumppu käy.

HÄLYTYKSET:

- 1) Säädin antaa ristiriitahälytyksen, jos puhaltimen tilatieto ei vastaa ohjauskäskyn tilaa.
- 2) Mittausanturit hälyttävät mittausarvon alittaessa/ylittäessä asetellun raja-arvon.
- 3) Jäätymissuojan lauettua hälytystieto lähtee hälytyskeskukseen(varaus).

KÄYTTÖOHJE

BACview 5



Valmiustila	Laite on käyttövalmis. Paina HOME -painiketta päästäksesi muuttamaan asetusarvoja
HOME	Painikkeella pääsee asetusvalikon alkuun
CANCEL	Peruuttaa muutoksen, jota ei ole vielä vahvistettu ENTER -painikkeella
ENTER	Tuo kursorin esille. Vahvistaa halutun muutoksen.
INC	Lisää arvoa yhdellä
DEC	Vähentää arvoa yhdellä
<	Valikossa takaisinpäin
>	Valikossa eteenpäin
ALARM	Punainen valo palaa, kun hälytys on päällä

Asetusvalikko

Huoneas.	Huonelämpötilan asetusarvo
Huonel.	Vallitseva huoneen lämpötila
Sis.puh.lämpöt.	Vallitseva sisäänpuhalluksen lämpötila
Min.sis.puh.as.	Alhaisin sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo.
Max.sis.puh.as.	Korkein sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo.
Seisontas.asetus	Lämmityspatterin veden lämpötilan asetusarvo, kun tuloilmakone on pysähtynyt.
Jäätymiss.raja	Lämmityspatterin jäätymissuojan asetusarvo.
Huoltoraja	Tuloilmakoneen huoltorajan asetusarvo tunteina.
Lämmityslupa	
Ulkor.	Lämmitysluvan ulkorajan asetusarvo. Lämmityslupaa ei ole, kun ulkolämpötila on korkeampi kuin asetusarvo.
Huoner.	Lämmitysluvan huonerajan asetusarvo. Lämmityslupaa ei ole, kun huonelämpö on korkeampi kuin asetusarvo.
Yölämmitys	
Sisär.	Yölämmityksen sisärajan asetusarvo. Yölämmitys ei käynnisty, kun sisälämpötila on korkeampi kuin asetusarvo.
Ulkor.	Yölämmityksen ulkorajan asetusarvo. Yölämmitys ei käynnisty, kun ulkolämpötila on korkeampi kuin asetusarvo.
Yöjäähdytys	
Sisär.	Yöjäähdytyksen sisärajan asetusarvo. Yöjäähdytys ei käynnisty, kun sisälämpötila on alhaisempi kuin asetusarvo.
Ulkor.	Yöjäähdytyksen ulkorajan asetusarvo. Yöjäähdytys ei käynnisty, kun ulkolämpötila on alhaisempi kuin asetusarvo.
Huoltoraj.reset.	Huoltorajan kuittaus. Huoltorajan ylitys kuitataan, kun huoltorajan aika on ylittynyt.

Puh.käsiohjaus	Tuloilmakoneen käsiohjausvalikko.
Lukitus	Tuloilmakoneen ohjaustavan valinta. Voidaan valita automaattiajossa tai käsiajossa.
Tila	Tuloilmakoneen ohjauksen valinta, kun lukitus on käsiajossa. Voidaan valita päällä tai seis.
Paluuv.lämpötila	Lämmityspatterin veden lämpötila.
Ulkolämpötila	Vallitseva ulkolämpötila.
Puhaltimen tila	Vallitseva puhaltimen tila.
Lämm.venttiilim.	Vallitseva lämmityspatterin venttiilimoottorin asento.
Ohituspelti	Vallitseva talteenoton ohituspellin asento.
Puhaltimen ohj.	Vallitseva tuloilmakoneen ohjaus. Ohjaus on päällä, kun ohjausehdot toteutuvat.
Lask.sis.puh.as.	Laskennallinen sisäänpuhalluksen lämpötilan asetusarvo. Säädin laskee asetusarvon huonelämpötilan mukaan.
IV-Käyntilupa	Tuloilmakoneen käyntilupa. Käyntilupa käy, kun käyntiehdot toteutuvat.
Jatkohälytys	Lämmityspatterin jäätymissuojan jatkohälytys. Hälyttää, kun lämmityspatterin veden lämpötila alittaa + 8 °C ja jäätymissuoja on pysäyttänyt tuloilmakoneen. Jatkohälytys lähtee hälytyskeskukseen.

Ristiriitahälyt.	Tuloilmakoneen ristiriitahälytys. Hälyttää, kun tuloilmakoneen ohjaus on päällä, mutta tilatietoa ei saada takaisin.
TF Käsikäytöllä	Tuloilmakone käsikäytöllä. Hälyttää, kun tuloilmakonetta ohjataan käsiajolla.
Huoltohälytys	Tuloilmakoneen huoltohälytys. Hälyttää, kun tuloilmakoneen huoltoraja ylittyy.
Sis.puh.ylilämpö	Sisäänpuhalluksen ylilämpöhälytys. Hälyttää, kun sisäänpuhalluksen lämpötila ylittää +35 °C.
Sis.puh.alilämpö	Sisäänpuhalluksen alilämpöhälytys. Hälyttää, kun sisäänpuhalluksen lämpötila alittaa +12 °C.
Jäätymisv.hälyt.	Lämmityspatterin jäätymissuojan hälytys. Hälyttää, kun lämmityspatterin veden lämpötila alittaa + 8 °C ja jäätymissuoja on pysäyttänyt tuloilmakoneen.