

Tero Pirhonen

Kiinteistöautomaation peruselementit ja – toiminnot sekä kiinteistöautomaatioprojektin toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Automaatiotekniikka
Insinöörityö
18.5.2011

Tekijä Otsikko	Tero Pirhonen Kiinteistöautomaation peruselementit ja –toiminnot sekä kiinteistöautomaatioprojektin toteutus
Sivumäärä Aika	51 sivua 18.5.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Lehtori Timo Tuominen Toimitusjohtaja Ilpo Hirvasniemi
<p>Tässä tutkielmassa tutustutaan kiinteistöautomaatioon, sen peruselementteihin ja –toimintoihin. Työssä on esitetty esimerkkinä kiinteistöautomaatioprojekti, joka on toteutettu Lohjan jätevedenpuhdistamolle.</p> <p>Projektissa ohjelmoitiin kaksi alakeskusta. Rakennusautomaatiojärjestelmä voidaan jakaa kolmeen tasoon, jossa alimpana on kenttälaitetaso. Siihen kuuluvat työtä tekevät ja mittauksia suorittavat laitteet. Näitä laitteita ohjataan alakeskustasolla, jossa sijaitsee ohjelmoitava logiikka ja liityntäkortit. Ohjelmoitava logiikka ohjaa laitteita ja suorittaa säädöt. Koko järjestelmää hallitaan valvomotasolta, joka on järjestelmän korkein taso ja jossa suoritetaan ohjaustoimenpiteet ja valvonta.</p> <p>Laitteiden säätötehtävät voidaan suorittaa yksikkösäätimillä ja järjestelmäsäätimillä. Yksikkösäädin on erillinen laite, joka suorittaa säädön itsenäisesti ja se on erillään muusta prosessista. Järjestelmäsäädin on ohjelmistopohjainen jossa säätötehtävät suoritetaan tietokoneella tai ohjelmoitavalla logiikalla.</p> <p>Optimaalisesti toimivilla säädöillä voidaan saada automaatiosta hyödyt irti. Kun laitteet toimivat vain tarpeenmukaisesti, saatetaan kustannuksissa säästää. Laitteiden valvonnalla tiedetään niiden kunto ja huoltotarpeet. Näin voidaan ehkäistä laiterikkoja ja laitteiden toimintaikää voidaan pidentää. Kiinteistöautomaation keskeisiä ohjattavia kohteita ovat ilmastointi, käyttövesi, lämmitys ja kulunvalvonta.</p>	
Avainsanat	kiinteistöautomaatio, rakennusautomaatio, RAU

Author Title	Tero Pirhonen Basics of building automation and implementation of a building automation project
Number of Pages Date	51 pages 18 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructors	Principal Lecturer Timo Tuominen Chief Executive Officer Ilpo Hirvasniemi
<p>This Thesis is about the basic elements and operations of building automation. It reports on a building automation project which was made for Lohja waste water treatment plant. Two programmable logics and user interfaces were programmed. The basic elements of building automation are air conditioning, heating, water and access control.</p> <p>A building automation system can be divided into three different levels. The lowest level, which is the field level, includes measuring instruments and devices that do all the actual work. The second level includes the programmable logic which controls the devices and does the adjustments. The highest level is the control level where the process is being monitored and controlled.</p> <p>If the automation is well optimized and controlled there might be benefits. When the devices are working only when and as needed, the costs might decrease. By monitoring the device level usage, one can predict the possible device damages and the need of maintenance. This might extend the life of the devices and in the long run save costs.</p> <p>The adjustment operations are made by either a single unit controller or a direct digital controller. The single unit controller is a separate device which does the adjustment controlling by itself and separately from the other process. The direct digital controller is a software controller and it does all the adjustments at the computer. Therefore, it is useful as the adjustment protocol can be changed easily.</p>	
Keywords	building automation

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaatio	1
2.1	Rakennusautomaation osa-alueet	1
2.1	Saavutettavissa olevat hyödyt	3
3	Rakennusautomaatiojärjestelmä	4
3.1	Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne	4
3.2	Keskitetty ja hajautettu automaatio	6
4	Laitteet ja instrumentit	6
4.1	Anturit ja lähettimet	6
4.1.1	Lämpötila-anturit	7
4.1.2	Paineanturit	9
4.1.3	Lähettimet	10
4.2	Toimiyksiköt	10
5	Säätimet	11
5.1	Yksikkösäätimet ja järjestelmäsäätimet	11
5.2	Säätömuotoja	12
6	Käyttövesi	14
7	Lämmitysverkosto	15
8	Ilmastointi	17
9	Kiinteistöjen valvonta ja hälytys	24
9.1	Hälytysvirtapiirit	24
9.2	Paloilmoitinjärjestelmä ja paloilmaisimet	25
9.3	Murtohälyttimet	27
9.4	Kulunvalvonta	27
10	Rakennusautomaatioprojekti	27

11	Ohjelmoitava logiikka ja ohjelmistot	28
12	VAK3:n I/O-luettelo ja I/O-kortit	29
13	VAK3:n ohjelmointi	33
	13.1 Lämpötilan mittauksen skaalaus	33
	13.2 Ilmanvaihtokoneiden ohjaus	33
	13.2.1 PID-säädin	34
	13.2.2 Moottorinohjaus	36
	13.2.3 Raitisilmapelti	38
	13.3 Kiertoilmapuhaltimet	39
14	Hälytykset	39
15	VAK2 ja sen ohjelmointi	42
	15.1 Tuloilmakone ja vedenjäähdytysjärjestelmä	42
	15.2 Tuloilmakoneen ohjelmointi	43
16	Käyttöliittymien luonti alakeskuksille	45
17	Päätelmiä projektista	49
	Lähteet	51

1 Johdanto

Insinööriyön päämääränä oli uudistaa Lohjan Pitkäniemen jätevedenpuhdistuslaitoksen kiinteistöautomaatiota, työ toteutettiin klaukkalalaisen HI-Automation Oy:n toimesta. Opinnäytetyössä ohjelmoitiin kahden alakeskuksen ohjelmoitavia logiikoita. Näillä ohjataan pääasiassa ilmastointia.

Hyvin toteutetulla rakennusautomaatiolla voidaan saavuttaa hyötyjä, mutta huonosti toteutetulla automaatiolla kustannukset saattavat jopa nousta. Optimaalisesti toimivilla säädöillä saadaan prosessi toimimaan tarpeen mukaan ja turhaa käyttöä vältetään.

Automaatiojärjestelmä koostuu kolmesta tasosta: valvomotasosta, alakeskustasosta ja kenttälaitetasosta. Alimmalla eli kenttälaitetasolla sijaitsevat työtätekevät ja mittaavat laitteet. Alakeskustasolla sijaitsee ohjelmoitava logiikka, joka suorittaa säätötehtävät ja ohjaa kenttälaitetason laitteita. Ylimmällä tasolla eli valvomotasolla suoritetaan valvonta- ja ohjaustehtäviä.

Työssä kerrotaan ensin kiinteistöautomaation peruselementeistä ja –toiminnoista, jotta voidaan ymmärtää, miten ja miksi ohjelmointi on suoritettu. Ymmärrys laitteistoista auttaa ymmärtämään, miten niiden toiminta on toteutettu.

Hi-Automation Oy on Klaukkalassa toimiva yritys, joka tarjoaa sähkö- ja automaatiopalveluita yrityksille. Se valmistaa muun muassa keskuksia itse.

2 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatio on automaation osa-alue, jolla on omat ominaispiirteensä. Sillä pyritään vaikuttamaan rakennusten sisäilmaan, valaistukseen sekä turvallisuuteen. Rakennusautomaation tarkoituksena on ohjata teknisiä laitteita sekä samalla pyrkiä energian säästämiseen ja laitteiden hyvään kestävyteen. [3.]

2.1 Rakennusautomaation osa-alueet

Rakennusautomaatio voidaan jakaa neljään osa-alueeseen:

1. Asuintalojen automaatio

Asuintalojen automaatiojärjestelmän päätehtävänä on yleensä hoitaa rakennuksen tai huoneiston lämmitystä ja valaistusta. Automaatiojärjestelmä ohjaa laitteita, joilla säädetään muun muassa käyttöveden lämpötilaa ja rakennuksen ilmastointia. Näitä laitteita ovat muun muassa pumput, lämmönsiirtimet sekä lämmitysverkostot. [4.]

2. Virastot, koulut ja teollisuuslaitokset

Virastojen, koulujen ja teollisuuslaitoksien automaatio on hyvin samankaltaista kuin asuintalojen automaatiossa, mutta se on toteutettu usein monipuolisemmin. Esimerkiksi näiden ilmastoinnissa voidaan säätää ilman kosteutta ja poistoilmasta voidaan ottaa lämpöä talteen ja lämmittää sillä tuloilmaa. [7, s. 6]

Näiden rakennusten koko on usein suuri ja ne tarvitsevat huomattavasti energiaa muun muassa lämmitykseen. Sen vuoksi niissä käytettävä automaatio on yleensä hyvin optimoitu, jotta saavutetaan hyvä energiatehokkuus.

Lisäksi esimerkiksi teollisuuslaitoksissa on hyvin tärkeää valvoa ihmisten kulkua. Tätä kutsutaan kulunvalvonnaksi, ja sillä voidaan valvoa työaikojen noudattamista ja estää asiattomien henkilöiden pääsy tietyille alueille. Tähän voidaan liittää myös murtohälytyslaitteisto, jolla voidaan valvoa ovia, ikkunoita ja kulkuväyliä.

3. Yhdyskuntien laitokset

Yhdyskuntien laitoksiin kuuluu yhdyskuntaa palvelevia laitoksia kuten vesi- ja jätevesilaitokset. Nämä ovat yleensä liitetty kiinteistövalvonnan verkkoon. [7, s. 6]

4. Keskitetty kiinteistövalvonta

Keskitetyssä kiinteistövalvonnassa kerätään tietoa automaatiojärjestelmästä.

Rakennusten automaatiojärjestelmää voidaan valvoa ja ohjata keskitetysti valvomosta. [4.]

2.1 Saavutettavissa olevat hyödyt

Rakennusautomaatio on työkalu, jolla voidaan saavuttaa monia hyötyjä. Niiden saavuttaminen edellyttää, että rakennusautomaatiota on käytetty oikealla tavalla. Huonosti suunnitellulla tai toteutetulla automaatiolla voidaan saada jopa haittoja aikaan. Automaation tarpeellisuus tulee aina arvioida hyvin, koska se ei aina tuo säästöjä tai muita hyötyjä.

Energian- ja kustannustensäästö

Automaatiolla voidaan säästää energiaa, jos se on oikein toteutettu. Esimerkiksi rakennuksen lämmitystä voidaan ohjata tarpeen mukaan ja turhalta lämmitykseltä vältytään. Energian säästöä voidaan edistää myös puuttamalla väärin toimiviin laitteisiin ja seuraamalla käyttöastetta. [5.]

Usein saneerattaessa vanhoja kiinteistöjä vaihdetaan vanhoja laitteita uusiin, energiaa säästäviin vaihtoehtoihin. Esimerkiksi muuttamalla ilmanvaihtokoneen taajuusmuuttujakäyttöiseksi, voidaan säästää suuria määriä energiaa, kun ilmanvaihtokone käy vain tarvittavalla nopeudella.

Tarpeenmukaisessa käytössä karsitaan turhat toiminnot. Jos kiinteistö on käytössä viisi päivää viikossa, siellä on turhaa pitää ilmanvaihtokoneita päällä viikonloppuisin. Sama pätee pienemmässä kaavassa tiloihin, joissa ei ole jatkuvaa käyttöä. Esimerkiksi tyhjässä työhuoneessa ei tarvitse välttämättä pitää valoja päällä.

Parempi sisäilmasto

Rakennusautomaatiolla voidaan saavuttaa parempi sisäilmasto. Tässä tapauksessa ohjataan ilmastointia siten, että saavutetaan haluttu sisäilmastotavoite. [5.]

Sisäilmaston merkitys on erittäin suuri esimerkiksi työpaikoilla. Optimaalinen sisäilma auttaa ihmisiä jaksamaan, ja tällä voidaan saavuttaa työtehokkuuden paranemista.

Huolto- ja kunnossapitotoiminta

Huolto- ja kunnossapitotoiminnalla voidaan saavuttaa säästöjä ennakoimalla ja huoltamalla laitteiden toimintakykyä. Hyvin toimivalla automaatiolla voidaan pidentää laitteiden käyttöikä. Laitteista tulee pitää kirjaa, kuinka pitkään ne ovat olleet käytössä. Toimintaikänsä lähestyessä loppua laite voi alkaa vikaantua ja esimerkiksi alkaa kuluttaa enemmän energiaa. Automaatiojärjestelmän avulla voidaan myös testata turvallisuuskriittisiä laitteita oikean toiminnan varmistamiseksi. [5.]

3 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennusautomaatiojärjestelmän päätehtävänä on saada prosessi toimimaan halutulla tavalla. Periaatteellisesti tämä saavutetaan laitteiden säädöillä ja ohjauksilla. Säädöllä tarkoitetaan sitä, että järjestelmällä tehdään tarvittavat ohjaukset, jotta saadaan suureet halutunlaisiksi.

Rakennusautomaatiojärjestelmän koko riippuu kohteen hallittavista osista. Jos järjestelmän tulee hallita esimerkiksi kulunvalvontaa, turvallisuutta, lämmitystä, ilmastointia ja käyttövettä, voi kyseessä olla suurikin järjestelmä.

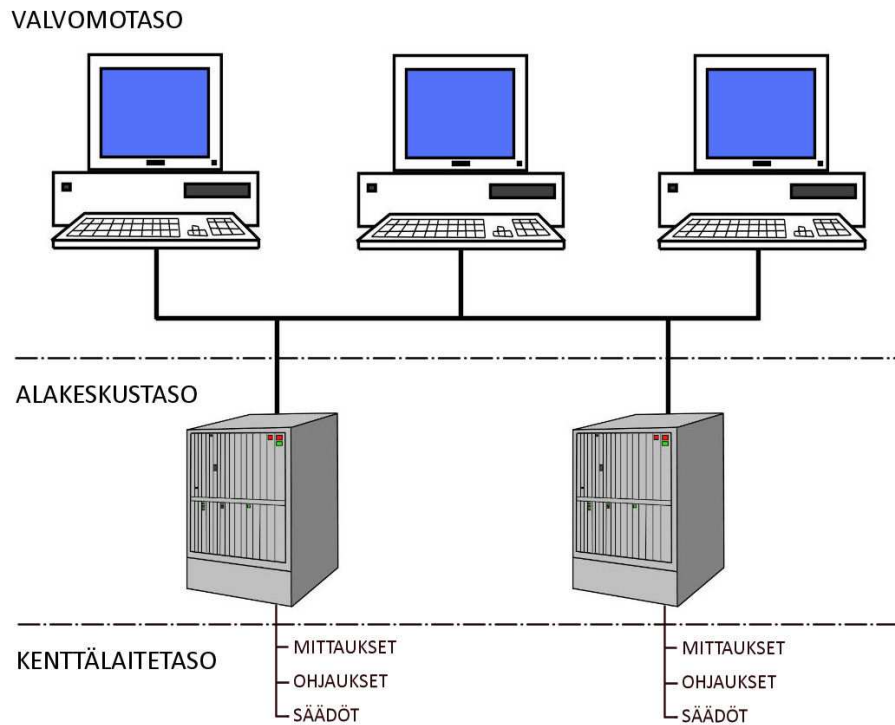
Rakennusautomaatiojärjestelmän keskeisiä toimintoja ovat:

- Asetusarvojen ja aikataulujen muutokset
- Trendiseurannat
- Hälytystoiminnot
 - Hälytysten luokittelu prioriteetin mukaan
 - Kriittisten hälytysten lähettäminen tekstiviestillä, sähköpostilla tai esimerkiksi puhelinrobotilla
 - Hälytysten kuittaus
 - Hälytyshistoria
- Järjestelmään tehtyjen muutosten lokitiedot

3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu kolmesta eri tasosta, jotka ovat

- kenttälaitetaso
- alakeskustaso
- valvomotaso.



Kuva 1. Järjestelmähierarkia.

Kenttälaitetasolle kuuluvat kaikki järjestelmän 'työtä tekevät' laitteet eli anturit ja toimilaitteet. Näihin kuuluvat esimerkiksi pumput, moottorit, venttiilit sekä kaikki laitteet, jotka ohjaavat näitä. Lisäksi kenttälaitetasoon kuuluu kaikki mittausta suorittavat laitteet.

Alakeskustasaan kuuluvat säätötehtävät, ohjaukset ja valvontaoperaatiot. Tässä tasossa sijaitsee ohjelmoitava logiikka kaikkine I/O-kortteineen. Alakeskustasolla voi olla myös pienehköä (usein paikallista) valvomotoimintaa esimerkiksi kosketuspaneelin muodossa.

Rakennusautomaatiojärjestelmän valvomotasolta hallitaan koko järjestelmää käyttöliittymän avulla. Valvomotasolta suoritetaan lisäksi järjestelmän ohjaus- ja valvontatoimenpiteet.

3.2 Keskitetty ja hajautettu automaatio

Keskitetyssä automaatiossa "äly" on keskitetty alakeskuksiin. Älyllä tarkoitetaan ohjelmitavia logiikoita, jotka suorittavat säätötoimenpiteitä ja ohjaavat laitteita. Useimmiten alakeskuksia on useita (vaikka yksi per konehuone) ja ne ovat liitettynä toisiinsa tiedonsiirtoyhteydellä. [8, s. 6]

Isoissa toteutuksissa alakeskusten koko voi olla erittäin suuri. Tästä muodostuu ongelma, jossa kaapelia pitää vetää yhdestä keskitetystä kohteesta monille laitteille. Näin syntyy jopa kilometrien pituisia kaapelointeja, mikä loppujen lopuksi lisää toteutuksen kustannuksia. [8, s. 7]

Hajautetussa automaatiossa alakeskukset ovat hyvin pieniä tai niitä ei ole ollenkaan. Äly on kenttälaitteissa, ja ne ovat liitettynä väylällä toisiinsa. Joillakin laitteilla voi olla omia pieniä alakeskuksia, mutta keskukset ovat silti liitettynä väylällä toisiinsa. Alakeskusten vieminen laitteiden voi luoda huomattavia säästöjä kaapeloinnissa. Toisaalta suoraan väylään liitettävät kenttälaitteet ovat vielä melko kalliita. [8, s. 8-9]

Keskitetyn järjestelmän hajauttamisessa yhdistellään molempien vaihtoehtojen hyviä puolia. Alakeskukset viedään laitteiden luo ja niiden koko pyritään pitämään pieninä. [8, s.9]

4 Laitteet ja instrumentit

Kiinteistöautomaatiojärjestelmän alimpaan tasoon kuuluvat kenttälaitteet. Tässä kappaleessa tarkastellaan kiinteistöautomaation tärkeimpiä antureita, jotka ovat lämpötilan ja paineen mittaukseen tarkoitettuja. Näiden lisäksi tutustutaan toimilaitteisiin, jotka ovat työtä tekeviä laitteita.

4.1 Anturit ja lähettimet

Anturin tehtävä on mitata prosessin tilaa. Mitattu tieto välitetään lähettimelle,

näyttölaitteelle tai säätimelle. Antureiden tyypillisimpiä mittaussuureita ovat esimerkiksi lämpötila, paine, hiilidioksiditaso ja kosteus. Lisäksi niillä voidaan saada tilatietoja esimerkiksi valaistuksen päällä olosta. [7, s. 37]

Lähetettävä tieto on sähköinen signaali, joka toimii esimerkiksi alueelle 4–20mA. Tieto käsitellään AD-muuntimen avulla digitaaliseen muotoon, jonka jälkeen signaalin informaatiota käytetään haluttuun tarkoitukseen. Uusimpana tekniikkana käytetään niin sanottuja älykkäitä kenttälaitteita, jotka lähettävät signaalin suoraan digitaalisessa muodossa ja tällöin tarvetta erillisille AD-muuntimille ei enää ole.

4.1.1 Lämpötila-anturit

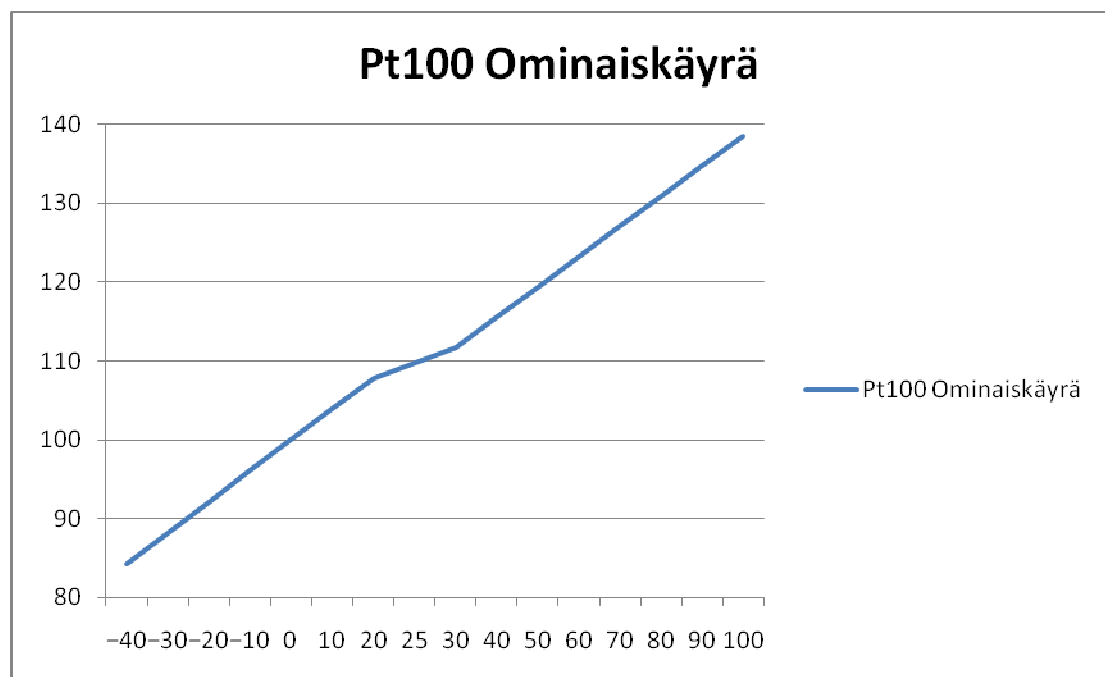
Lämpötila-antureita käytetään erilaisissa olosuhteissa lämpötilojen mittauksiin. Kiinteistöautomaatiossa käytetään useimmiten vastusantureita, joiden mittauselementit on valmistettu platinasta, nikkelistä tai puolijohdemateriaaleista. [7, s. 38]

Lämpötila-anturit mittaavat varsinaisesti resistanssia. Mittaustulos voidaan muuttaa lämpötila-arvoksi, kun tiedetään, millä tavoin resistanssi on verrannollinen lämpötilaan. Erittäin käytetty platinasta valmistettu lämpötila-anturi Pt100 toimii hyvin lineaarisella ominaiskäyrällä (tiettyyn rajaan asti).

Taulukko 1. Erilaisten lämpötila-anturien resistanssiarvoja. [7, s. 38]

Lämpötila / °C	Pt100 / Ω	Ni1000 / Ω	NTC / Ω	PTC / Ω
----------------	-----------	------------	---------	---------

-40	84,21	791	43408	1134
-30	88,17	841	23811	1246
-20	92,13	893	13696	1366
-10	96,07	946	8217	1494
0	100,00	1000	5117	1629
10	103,90	1056	3295	1772
20	107,79	1112	2187	1922
25	109,73	1141	1800	2000
30	111,67	1171	1491	2080
40	115,54	1230	1042	2246
50	119,40	1291	744	2419
60	123,24	1353	542	2600
70	127,07	1417	403	2789
80	130,89	1483	304	2985
90	134,70	1549	233	3189
100	138,50	1618	182	3400



Kaava 1. Pt100-lämpötila-anturin ominaiskäyrä.

Lämpötila-anturien tyypillisiä käyttökohteita ovat muun muassa seuraavat [7, s. 37]:

- Putkistoissa liikkuvan nesteen lämpötilaa voidaan mitata lämpötila-anturilla, jonka kärki upotetaan putken sisään. Kiinnitys on yleensä kierteellä toimiva.
- Ilmakanavan lämpötilan mittaus tehdään samantyyllisellä anturilla kuin putkiston lämpötilan mittaus, mutta anturin kärki on pitkä, jotta se ylettyisi ilmastointikanavan keskelle.
- Huoneen lämpötilaa mitattaessa asennetaan seinälle laatikonmuotoinen anturi, jossa on aukkoja ilman kiertämisen vuoksi. Anturin toiminta nopeutuu, kun ilma pääsee liikkumaan vapaasti laatikon sisällä.
- Ulkoilman lämpötilan mittaukseen käytettävä anturi on myös laatikonmuotoinen, mutta se on roiskevesi tiivis ja se tulee asentaa kahden metrin korkeuteen rakennuksen pohjoispuolelle.



Kuva 2. Nordic Sensorin valmistama PT100-lämpötila-anturi. [6.]

4.1.2 Paineanturit

Painetta mitataan kiinteistöautomaatiossa useimmiten putkistoissa ja ilmastointikanavissa. Paineen mittauksella voidaan estää putkistojen hajoamisia liiallisesta paineesta johtuen, ja sen avulla voidaan tehdä johtopäätöksiä esimerkiksi lämmönsiirtimen huurtumisesta tai ilmansuotimen tukkeutumisesta. Paineeromittauksella on mahdollista mitata sekä neste- että ilmavirtauksia. Tämä toteutetaan paineen mittauksella kanavassa tai putkistossa ennen pumppua ja sen jälkeen.

Paineanturin toiminta perustuu lämpötilanmittauksen mukaisesti resistanssin mittaukseen. Paineanturi koostuu liuskasta, jonka pinnalle on kiinnitetty ohut puolijohdelanka. Liuskan venymisen ansiosta resistanssi kasvaa. Liuska on kiinnitetty anturiputken pinnalle, joka asennetaan putkistoon. Resistanssiarvo on suoraan verrannollinen paineeseen. [7, s. 44]

Joissakin tapauksissa riittää tieto paineen ylittäessä tai alittaessa haluttu arvo. Tällöin mittausta voidaan suorittaa painekeytkimellä. Se koostuu kalvosta, joka taipuu. Kalvon toisella puolella on vastavoimana jousi, jonka kireyttä voidaan säätää. Paineen ollessa tarpeeksi suuri painuu kalvo sisään ja työntää jousen kasaan. Samalla painunut kalvo aktivoi mikrokytkimen, josta saadaan tieto eteenpäin rajan ylittymisestä. Paineerokeytkimellä voidaan mitata paine-eroa. Siinä paine tuodaan kalvon molemmille puolille. [7, s. 44]

4.1.3 Lähettimet

Jotta anturin antamaa tietoa voidaan käyttää hyväksi, täytyy se lähettää eteenpäin. Lähetin muuttaa resistanssiarvon virta- tai jänniteviestiksi. Useimmiten käytettävät virta- ja jänniteviestit ovat 0–20 mA, 4–20 mA tai 0–10 V. [7, s. 40]

Nykyään suositellaan käytettäväksi 4–20 mA:n virtaviestiä, koska mahdollisen viestikatkoksen tullessa virtaviestiksi saadaan 0 mA ja silloin tiedetään, että jossain on vika. Jos käytetään esimerkiksi virtaviestiä, jonka lähetysalue on 0–20 mA ja mahdollinen katkos tulee, voi 0 milliampeerin mittausta olla looginen prosessin kannalta, mutta häiriötä ei huomata. Lähettimien koot ovat yleensä niin pieniä, että ne mahtuvat anturin kotelon sisään.

4.2 Toimiyksiköt

Toimiyksiköt koostuvat kahdesta osasta: toimilaitteesta ja toimielimestä. Toimilaite on toimiyksikön työtä ohjaava laite ja toimielin työtä tekevä laite. Toimilaite siis ohjaa toimielintä. [7, s.49]

Toimilaitteita kutsutaan useimmiten säätömoottoreiksi, sillä ne ohjaavat muun muassa säätöventtiileitä ja säätöpeltejä. Niiden voimanlähteinä ovat yleensä tasa- ja

vaihtosähkömoottorit, mutta myös sähköhydraulisia toimilaitteita käytetään. Moottorit ovat pieniä, mutta vaihteiston ansiosta saadaan aikaan suuri vääntömomentti. [7, s. 51]

Toimilaitteiden ohjaus voidaan toteuttaa kahdella tavalla: kolmitieohjauksella tai jatkuvatoimisella ohjauksella. [7, s. 52]

5 Säätimet

Säätimen päämääränä on pitää jokin säädettävä suure kuten lämpötila tai virtaus halutussa vakioarvossa tai vaihtelevassa arvossa. Säädin voi sijaita joko toimilaitteeseen kytkettynä yksikkösäätimenä, tai säätö voidaan suorittaa ohjelmistopohjaisena. [7, s. 58]

Seuraavassa tutustutaan yksikkösäätimiin, joiden tarkoituksena on suorittaa säätötehtävät yksin ja erillään muusta prosessista, sekä järjestelmäsäätimiin, jossa säätötehtävät ja ohjaukset on toteutettu tietokonepohjaisesti. Lopussa käsitellään vielä säätömuotoja, joihin laitteiden ohjaukset perustuvat.

5.1 Yksikkösäätimet ja järjestelmäsäätimet

Yksikkösäädin on erillinen säätölaite, joka on rakennettu koteloon ja joka suorittaa tarvittavat säätötoimenpiteet yksin ja yhdelle prosessille. Siihen liittyy vähintään yksi anturi, jolla se mittaa haluttavia suureita. Lisäksi yksikkösäätimeen liittyy toimilaite, jolla suoritetaan säätötoimenpide. Yksikkösäätimen etulevyssä on yleensä näyttö ja nappeja, joiden avulla voidaan tarkkailla mitattavaa suuretta tai tilatietoja sekä tehdä asetuksia kuten muuttaa asetusarvoa. Yksikkösäätimiä on sekä analogisia että digitaalisia. [7, s. 58]

Säätötehtävät voidaan suorittaa myös järjestelmäsäätimillä eli DDC (Direct Digital Control) -säätimellä. Siinä toimilaite on liitettyä kiinteistön valvontajärjestelmään. Säädin on toteutettu ohjelmepohjaisesti ja sitä ajetaan tietokoneelta. Säädön suorittamiseksi ohjelmepohjaisella säätimellä riittävät tavanomaiset anturit, toimilaitteet ja liityntä- ja säätökortit. [7, s. 59]

Liityntäkortin avulla voidaan siirtää tietoa kumpaankin suuntaan. Tässä analogia/digitaalimuunnin muuntaa mitattavan arvon digitaaliseen muotoon ja lähettää ne säätökortin muistiin. Kun välitetään ohjaustietoa toimilaitteelle, muunnetaan viesti digitaalimuodosta analogiamuotoon ja lähetetään toimilaitteelle. [7, s. 59]

DDC-säätimen hyötynä on se, että säädin toimii ohjelmallisesti ja näin ollen asetuksia voidaan vaihtaa haluttaessa helposti keskitetystä paikasta, kun taas yksikkösäätimissä asetusten muutto onnistuu vain paikallisesti. Yksikkösäätimet ovat parhaimmillaan muista prosesseista erossa olevana, jossa säätötoimenpiteet eivät vaikuta muihin säätötehtäviin. Niiden ongelmana on kuitenkin se, että ne ovat hyvin itsenäisesti toimivia eikä niihin voida liittää valvontayhteyttä. [8, s. 3-5]

5.2 Säätömuotoja

Kaksiasentosäädin

Kaksiasentosäätimellä ohjataan yleensä hitaasti toimivia prosesseja. Säätimessä on nimensä mukaisesti kaksi asentoa: päällä ja pois päältä. Kaksiasentosäädintä voidaan hyödyntää esimerkiksi sähkölämmittimessä, jossa kaksiasentosäädin on sisäänrakennettu lämmittimen termostaattiin. Kun termostaatti saavuttaa asetetun ylärajan, kytketään lämmitin pois päältä, ja kun saavutetaan alaraja, kytketään lämmitin taas päälle. [7, s. 61]

P-säädin (vertosäädin)

P-säädin ei kykene yleensä säätämään mittausarvoa asetusarvon suuruiseksi. Mittausarvo säätyy vahvistuksesta riippuen tietyllä säätöalueelle eli asetusarvon ja mittausarvon väliselle alueelle. Tätä eroa kutsutaan pysyväksi säätöpoikkeamaksi. Laittamalla vahvistukselle pienen arvon ero asetusarvolla ja mittausarvolla on suuri. Jos vahvistukselle annetaan suuri arvo, päästään pienempään erotukseen, mutta säätöpiiri saattaa alkaa helposti värähtelemään. [7, s. 62]

I-säädin (integroiva säädin)

Integroiva säädin pyrkii poistamaan säätöpoikkeaman integroimalla asetus- ja mittausravon välistä eroarvoa. I-säädin siis poistaa säätöpoikkeaman, joka esiintyy P-säätimessä, mutta toisaalta se toimii hitaammin. [7, s. 63]

PI-säädin

PI-säädin toimii I-säätimen mukaan, mutta siinä on saavutettu P-säätimen nopeus. Kun havaitaan asetus- tai mittausravon muuttuneen, P-säätö muuttaa välittömästi säätimen lähtöä. Säätöpoikkeama eliminoidaan I-säädöllä. [7, s. 65]

PI-säädin voidaan kuvata seuraavanlaisella matemaattisella kaavalla [2.]:

$$u(t) = K_p(e(t)) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt,$$

jossa K_p kuvaa vahvistusta ja T_I integrointiaikaa.

PID-säädin

PI-säätimeen lisätessä D-osa eli derivointiosa saadaan aikaan PID-säädin. Sitä käytetään, jos säätöpiirissä on huomattavaa mittaushitautta eli kuollutta aikaa tai jos anturit ovat hitaita. D-osa derivoi mittausravoa, joka ei varsinaisesti derivoi vaan käyttää seuraavanlaista eksponenttifunktiota [7, s. 66]:

$$O = \Delta M \cdot e^{-\frac{t}{T_d}}, \text{ jossa}$$

O = Output, derivaattorin lähtö

ΔM = mittausravon muutos

t = aika

T_d = derivointiaika

e = luonnollisen logaritmin kantaluku.

6 Käyttövesi

Tämän luvun tarkoituksena on tutustua eri menetelmiin, joilla lämpimän käyttöveden lämpötilaa voidaan säätää ja lämmittää.

Omavoimainen säädin

Tällaista säädintä kutsutaan omavoimaiseksi, sillä se ei tarvitse ulkopuolista apuvoimaa suorittaakseen säädön. Omavoimaisen säätimen esimerkkinä toimii suihkutermostaatti, jossa lämpötilaa säädetään venttiilin ja säätimen yhdistelmänä. Sen toiminta perustuu P-säätöön lämpötilan vaihdellessa hieman kulutuksen mukaan. [7, s. 78]

Lämminvesivaraajat

Lämminvesivaraajan tarkoituksena on lämmittää käyttövettä. Varaaja on säiliö, jossa kiertää kuuma vesi. Siihen on asennettu kupariputkisto, jossa kylmä vesi kulkee ja kuuma kiertovesi lämmittää kylmän veden lämpimäksi. Usein se lämmitetään liian kuumaksi ja siihen sekoitetaan kylmää käyttövettä, jotta lämpimän käyttöveden lämpötilaksi tulisi noin 50–60 °C. Liian alhaisessa lämpötilassa bakteerit menestyisivät ja liian suuressa lämpötilassa on vaarana itsensä polttaminen. Tässä tapauksessa säädin mittaa lämpimän käyttöveden lämpötilaa lämminvesivaraajan jälkeen ja suorittaa säädön, jossa kylmää käyttövettä lisätään lämpimään käyttöveteen tarpeen mukaan, jotta saavutetaan sopiva lämpötila. [7, s. 78–79]

Lämmönsiirtimet

Lämmönsiirtimet ovat lämminvesivaraajia huomattavasti pienempiä. Ne ovat yleensä lieriön muotoisia, ja käyttöveden lämmitys tapahtuu samoin kuten lämminvesivaraajissa. Lämmönsiirtimen sisällä kiertää kaukolämpöverkoston vesi, ja se lämmittää putkistoa, jossa kulkee kylmä käyttövesi. Ulos saadaan siten lämmintä käyttövettä. [7, s. 79]

Lämpötila-anturilla mitataan lämpimän käyttöveden lämpötilaa ja sen perusteella säädetään kaukolämpöverkon veden virtausta lämmönsiirtimeen. Jos käyttöveden lämpötila ei ole tarpeeksi lämmintä, avataan venttiiliä enemmän, jolloin lämmönsiirtimen sisällä oleva kaukolämpöverkon vesi kiertää nopeammin lämmönsiirtimen sisällä ja näin ollen lämmittää käyttövettä enemmän. Jos käyttöveden lämpötila on liian korkea, suljetaan venttiiliä enemmän, ja tämän seurauksena lämmönsiirtimeen virtaa hitaammin kaukolämpövedettä. Tässä tapauksessa kaukolämpövesi ehtii olla lämmönsiirtimessä pidempään eikä se kykene lämmittämään käyttövettä enää yhtä paljoa, koska kylmä käyttövesi ehtii jäähtyä kaukolämpöverkon vettä.

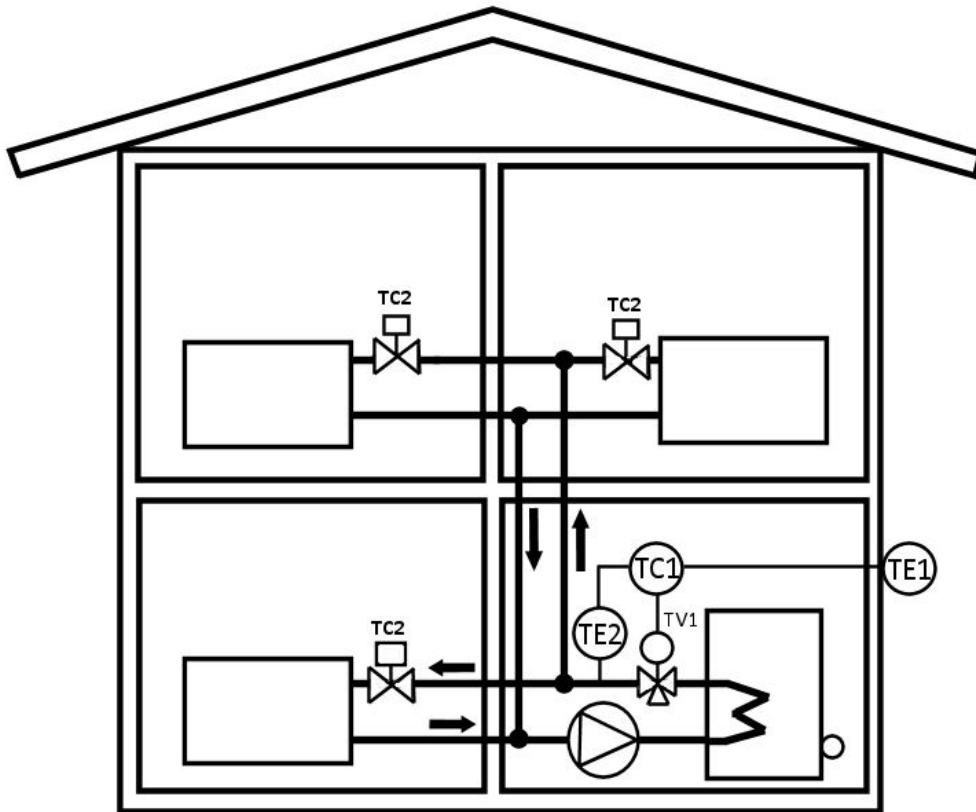
Sekä lämmönsiirtimissä että lämminvesivaraajissa pitää venttiilien toimia nopeasti, koska käyttöveden kuormitusmuutokset ovat ajoittain nopeita. [7, s. 79]

7 Lämmitysverkosto

Lämmitysverkoston lämmönlähteenä on kaukolämpö tai rakennuksen oma lämmityskattila, josta neste johdetaan kiinteistön lämmityspattereihin. Lämmitysverkostoa käytetään yleensä suurissa kiinteistöissä. Pienemmissä rakennuksissa lämmitystä hoidetaan usein sähkölämmityksellä. Sen toteuttamiseen ja sähköpatterien sijoittamiseen on monta tapaa, ja ne soveltuvat erilaisiin tilanteisiin. [7, s. 83]

Nestekiertoiset lämmityspatterit

Lämmitysverkostolla lämmitetään kiinteistön nestekiertoisia lämmityspattereita. Niissä kiertävä neste lämmitetään lämminvesivaraajilla tai lämmönsiirtimillä.



Kuva 3. Kiinteistön lämmitysverkosto. [Muokattu lähteestä 7, kuva 10.1]

Kuvassa 3 näkyy kiinteistön lämmitysverkosto. Siinä lämminvesivaraaja / lämmönsiirrin / lämmityskattila lämmittää lämmitysverkoston nesteen. Se kulkee paineen avulla kiinteistön lämmityspattereihin. Virtausta säädetään säätöventtiilin avulla. Sääto perustuu nesteen lämpötilaan (TE2) ja ulkolämpötilaan (TE1). Lämpötilan nousu ulkona kasvattaa asetuservoa, joka on asetettu TE2:lle. Nesteen lämpötilan säätö ei ole erityisen tarkkaa, sillä varsinainen säätö tehdään patteritermostaateilla (TC2). Patteritermostaatit toimivat P-säätiminä, eli niillä ei saavuteta täydellisesti huoneen lämpötilan asetuservoa.

Asetusarvot

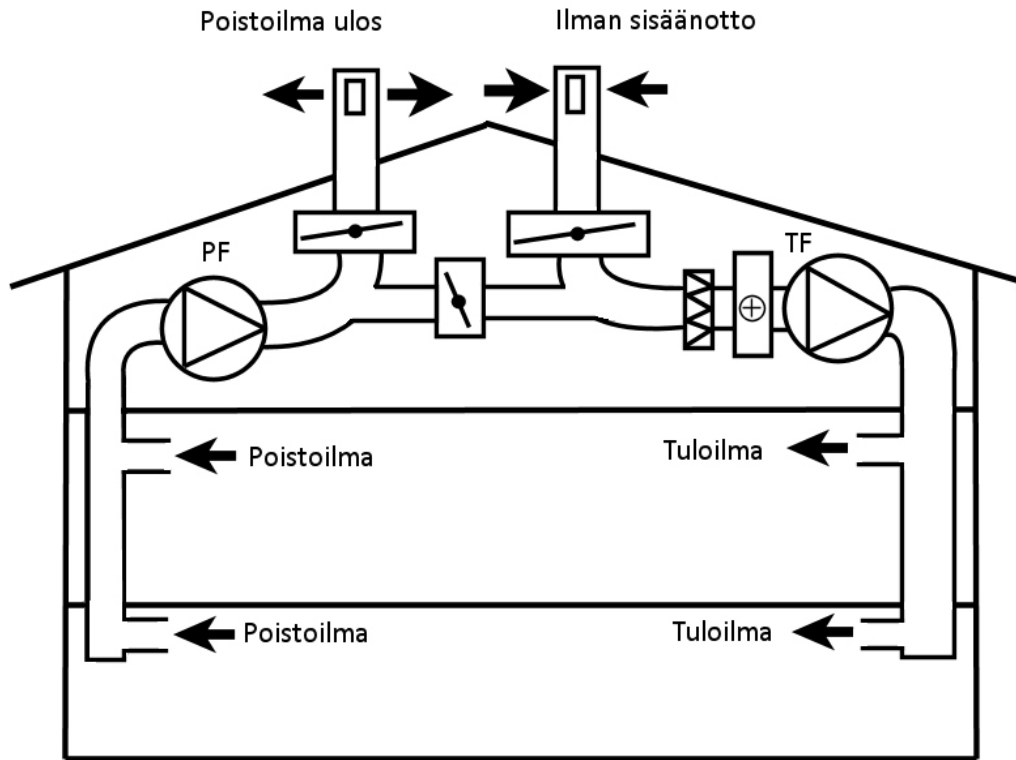
Useimmissa tapauksissa käyttäjä ei anna säätimelle asetusarvoa, vaan asetusarvo määräytyy asetusarvokäyrästäön mukaan. Siinä on suhteutettuna esimerkiksi lämmitysverkon nesteen lämpötila ja ulkolämpötila. Kuvan avulla tehdään tarvittavat säädöt ja sen perusteella määräytyy asetusarvo (ks. kuva 26).

8 Ilmastointi

Kiinteistöjen ilmanlaadun tulee olla hyvä, ja sitä pyritään ylläpitämään ilmastoinnilla. Ilmastoinnin avulla pyritään pitämään sisäilman laatu kohdillaan tuomalla rakennukseen puhdasta ilmaa. Sen avulla pyritään myös pitämään ilma sopivan lämpimänä, ja joissakin tapauksissa säädetään lisäksi ilman kosteutta. [7, s. 104]

Ilmastoinnin suunnittelu on tärkeää myös paloturvallisessa mielessä. Hyvin toteutettu automaatio sulkee ilmastointikanavat tulipalon sattuessa ja näin estää tai hidastaa palon leviämistä. Tässä luvussa esitellään muutamia laitteita, jotka edustavat peruselementtejä ilmastoinnissa ja sen toiminnoissa.

Ilmanvaihtolaitteistot ja -kanavat

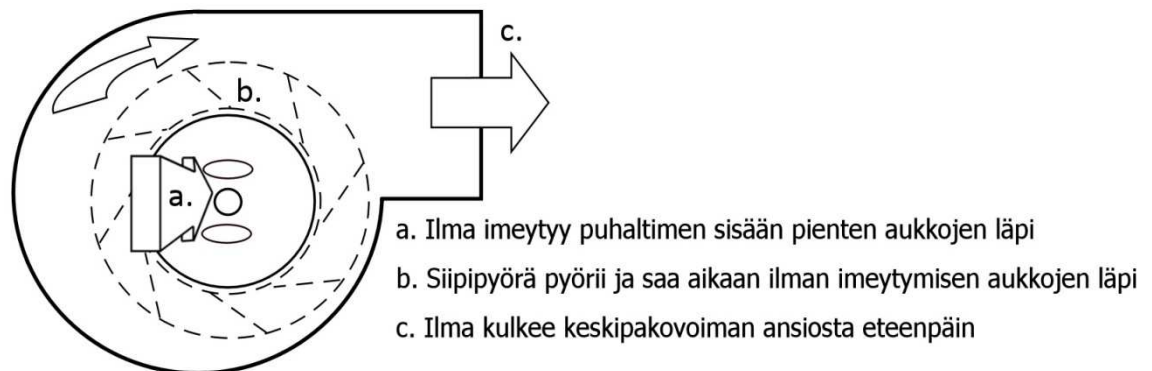


Kuva 4. Talon ilmanvaihtokanavat. [Muokattu lähteestä 7, kuva 12.1]

Yllä olevassa kuvassa kuvataan ilmastoinnin peruslaitteisto yksinkertaistettuna. Kuvassa vasemmalla ylhäällä otetaan raitista ilmaa sisään tuloilmapuhaltimen TF (T = tulo, F = fan, puhallin) avulla. Ilman sisäänoton jälkeen on tuloilmapelti, joka suljettuna estää ilman sisäänoton. Ulkoilma ei ole koskaan täysin puhdasta, ja se imetään suodattimen läpi, jossa ilman epäpuhtaudet jäävät suodattimeen. Tämän jälkeen ilma lämmitetään ja puhalletaan tuloilmapuhaltimella rakennukseen. Käytetty ilma puhalletaan poistoilmapuhaltimella ulos rakennuksesta. Poistoilmapellillä on mahdollista sulkea myös poistoilmakanava. Kuvan mukaisessa tapauksessa on mahdollista kierrättää sisäilmaa sulkemalla poisto- ja tuloilmapellit ja avaamalla kanavien välissä olevan pellin. Tällä voidaan säästää energiakuluissa, kun ilmaa ei tarvitse lämmittää niin paljoa. Palovaaratilanteissa pellit yleensä suljetaan, jottei tulta ruokita lisähapella.

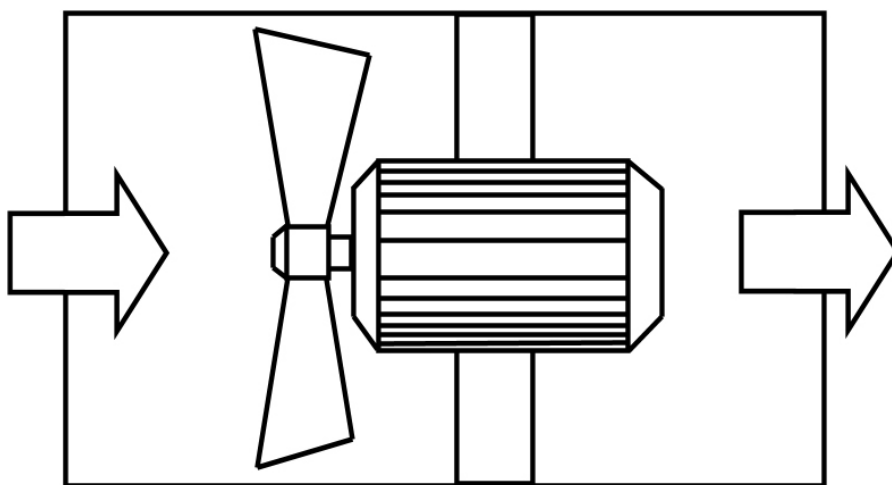
Tulo- ja poistoilmanpuhaltimet

Tulo- ja poistoilmanpuhaltimet suorittavat rakennuksen ilmanvaihdon. Tuloilmanpuhaltimilla puhalletaan rakennukseen puhdas ilma sisään ja poistoilmanpuhaltimella käytetty ilma ulos. Puhaltimina käytetään yleisimmin keskipakopuhaltimia ja aksiaalipuhaltimia. Puhaltimien moottorit toimivat yhdellä tai kahdella teholla tai ne voivat olla jatkuvasääteisiä.



Kuva 5. Keskipakopuhallin. [Muokattu lähteestä 7, kuva 12.2]

Kuvassa 5 näkyy keskipakopuhallin. Sen toimintaperiaatteena on, että ilma imeytyy puhaltimen sisään ja työnny ulos keskipakovoiman johdosta. Puhaltimen voimanlähteenä on useimmiten oikosulkumoottori. [7, s. 105]

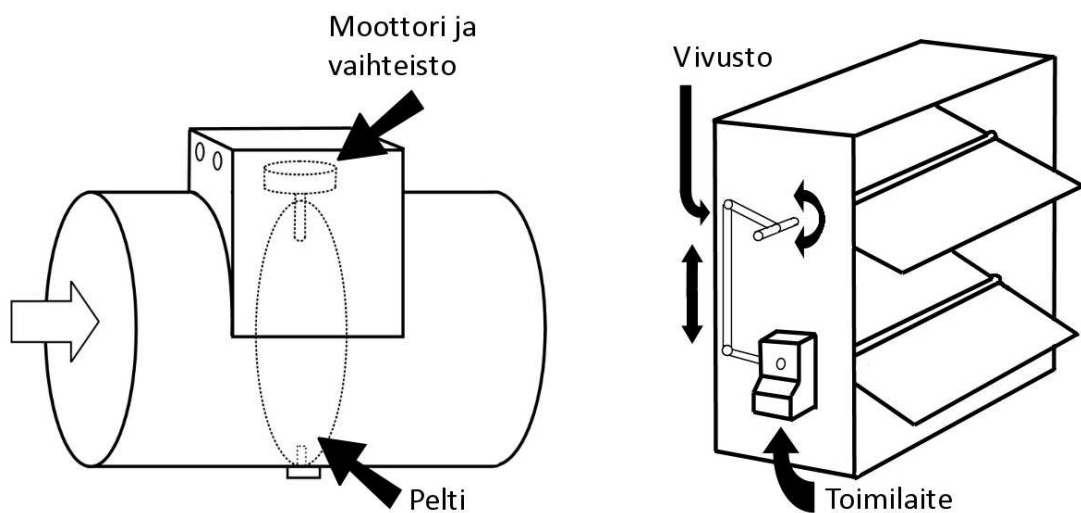


Kuva 6. Aksiaalipuhallin. [Muokattu lähteestä 7, kuva 12.2]

Aksiaalipuhaltimessa ilma virtaa puhaltimen akselin suuntaan kuvan 6 mukaisella tavalla. Ilmavirtaus saadaan aikaan, kun siipipyörä pyörii potkurin tapaan.

Ilmapellit

Ilmapeltien tarkoituksena on säätää ilmavirtausta. Niillä voidaan sulkea koko kanavan virtaus tai niitä voidaan käyttää virtauksen säätöön esimerkiksi tilanteissa, joissa on käytössä vain yksitehopuhaltimet. Lisäksi niillä on tärkeä tehtävä tulipalotilanteissa, jolloin niillä voidaan estää lisähapen pääsy tulen luo.



Kuva 7. Kaksi erilaista ilmapeltiä. [Muokattu lähteestä 7, kuva 12.3]

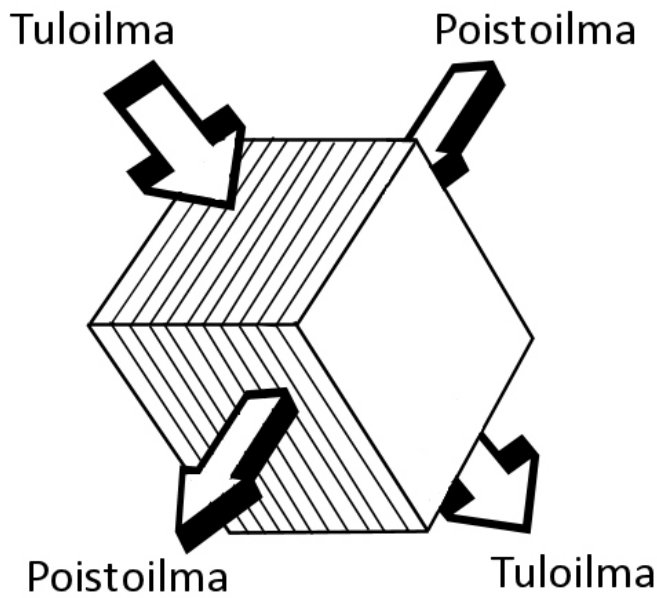
Kuvassa 7 on kaksi erilaista ilmapeltiä. Kummankin toimintaperiaate on kuitenkin samantyylinen, eli ilmapeltiä ohjaa toimilaitte. Ilmapeltejä voidaan jakaa kahteen eri ryhmään: säätö- ja sulkupelteihin. Säätöpelleillä voidaan ohjata myös ilmavirtauksen määrää, kun taas sulkupellit voi olla vain auki- ja kiinnitilassa. Ilmapeltien toimilaitteet ovat hyvin usein jousipalautteisia, ja jos sähköt katkeaa, pellit sulkeutuvat automaattisesti. Lisäksi on käytössä akkuvarmennettuja toimilaitteita. [7, s. 105]

Lämmön talteenotto (LTO)

Lämmön talteenotolla voidaan saavuttaa huomattavia energia- ja kustannussäästöjä. Sen tarkoituksena on hyödyntää jo lämmitettyä poistoilmaa tuloilman lämmityksessä.

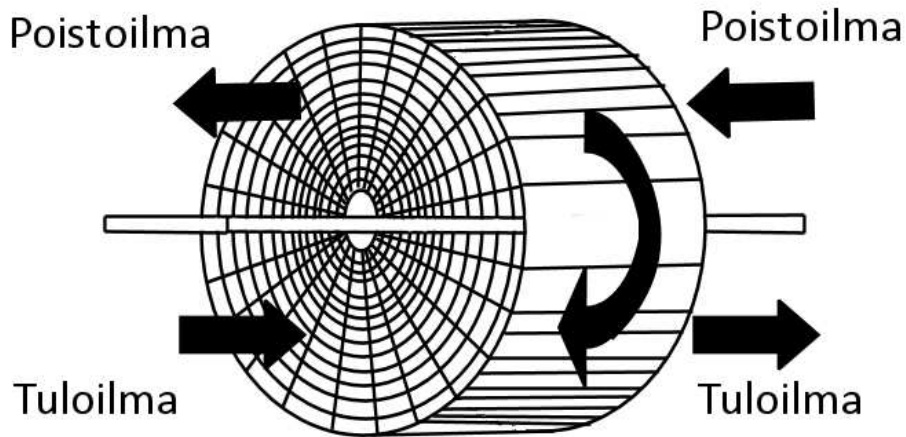
Toisin sanoen lämmin poistoilma lämmittää kylmää tuloilmaa eikä sen ansiosta tuloilmaa tarvitse lämmittää yhtä paljoa.

Lämmön talteenoton toteuttamiseen on muutamia erilaisia menetelmiä. Näitä ovat muun muassa levylämmönsiirrin, pyörivä LTO-kiekko ja nestekiertoinen lämmön talteenotto.



Kuva 8. Levylämmönsiirrin. [Muokattu lähteestä 7, kuva 12.11]

Levylämmönsiirtimessä on kuvan 8 mukaisesti säleikköjä, joista tulo- ja poistoilma kulkevat. Lämmin poistoilma lämmittää metallisäleikköä, josta lämpö siirtyy tuloilmaan. Lämpöä saadaan otettua talteen enemmän, jos tuloilman virtausta lasketaan alas. Vastaavasti tuloilman lämmitystä voidaan vähentää, jos tuloilman virtausta nostetaan. Ilman virtausmääriä lasketaan yleensä paine-eromittareilla lämmönsiirtimen yli.



Kuva 9. LTO-kiekko. [Muokattu lähteestä 7, kuva 12.12]

LTO-kiekko on jaettu kahteen puoliskoon: tuloilmalle ja poistoilmalle. Ilma pääsee kulkemaan kiekossa olevien reikien läpi. Lämpö siirtyy kiekkoon, ja kun sitä pyöritetään, voidaan lämpöä siirtää poistoilmasta tuloilmaan. [7, s. 112]

Mitä nopeammin kiekko pyörii, sitä enemmän voidaan lämmittää tuloilmaa. Kiekon pyöriessä hitaammin lämpöä siirtyy vähemmän. Kiekon pyörimisnopeutta säädetään esimerkiksi taajuusmuuttajalla, jota puolestaan ohjataan yleensä yksikkösäätimellä tai DDC-säätimellä.



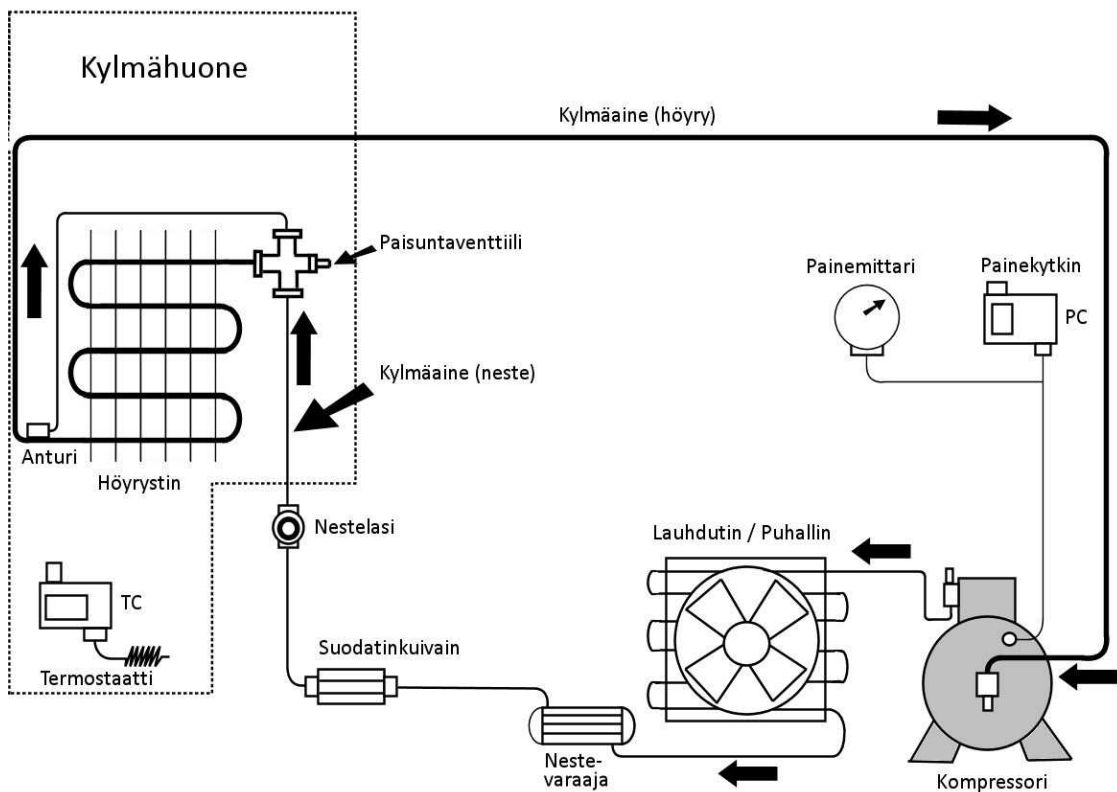
Kuva 10. Nestekiertoinen lämmönsiirrin. [10]

Nestekiertoisessa lämmön talteenotossa suoritetaan lämmön siirtäminen nesteen avulla. Neste on jäätymätöntä vesi-glykoliseosta. Poistoilma lämmittää putkistossa kulkevaa nestettä, joka pumpataan tuloilmakanavassa olevaan lämmityspatteriin. Tästä lämpö siirtyy tuloilmaan ja neste kierrätetään takaisin poistoilmakanavassa sijaitsevaan putkistoon. [9, s. 67]

Jäätymis- ja palovaaratermostaattit

Kun ulkoilman lämpötila on reilusti pakkasen puolella ja kylmää ilmaa pumpataan tuloilmakanavaan, saattaa syntyä jäätymisongelmia. Ongelmia pyritään estämään jäätymisvaaratermostaateilla, jotka mittaavat tuloilmakoneen lämmityspatterin tai kanavailman lämpötilaa. Jos lämpötila laskee alle asetetun arvon (yleensä noin $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$), pitopiiri katkaistaan ja ilman puhallus loppuu. Palovaaratermostaatti toimii samalla tavalla, mutta lämpötila mitataan poistoilmakanavasta. Raja-arvona on yleensä noin $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$, jonka ylittyessä puhaltimien toiminta lakkaa. Lisäksi molempiin toimintoihin liitetään lähes aina hälytys automaatiojärjestelmään.

Jäähdytys



Kuva 11. Kylmähuoneen jäähdytyslaitteiston kaavio. [Muokattu lähteestä 7, kuva 13.1]

Kuvasta 11 näkyy kylmähuoneen jäähdytyslaitteisto yksinkertaisesti. Prosessin toiminta perustuu siihen, että nesteen höyrystymiseen tarvitaan suuri lämpömäärä ja vastaavasti höyryn lauhtuminen nesteeksi vapauttaa saman lämpömäärän. [7, s. 124]

9 Kiinteistöjen valvonta ja hälytys

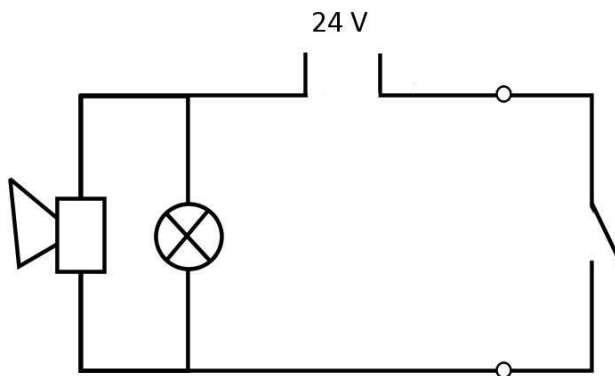
Kiinteistöjen valvonnalla huolehditaan ihmisten ja materiaalin turvallisuudesta. Tiloja tarkkaillaan jatkuvasti tulipalon varalta erilaisin ilmaisimin. Hälytyksillä ilmoitetaan tiloissa oleville ihmisille ja kutsutaan apu paikalle. Joissakin järjestelmissä on sisäänrakennettuna oma sammutuslaitteisto.

Tämän lisäksi kiinteistövalvontaan kuuluu murtohälytysjärjestelmä. Sillä pyritään estämään murrot ja ilmoittamaan käynnissä olevasta murrosta vartiointiliikkeelle. Murtojen havaitsemiseen on olemassa hyvin monta erilaista menetelmää.

Kulunvalvonnalla kirjataan tietoja tiloissa liikkuvista henkilöistä. Sen avulla voidaan estää tiettyjen henkilöiden pääsy tiettyihin tiloihin. Sillä lasketaan myös työaikoja ja pidetään huolta, että työntekijät tulevat ja lähtevät oikeaan aikaan.

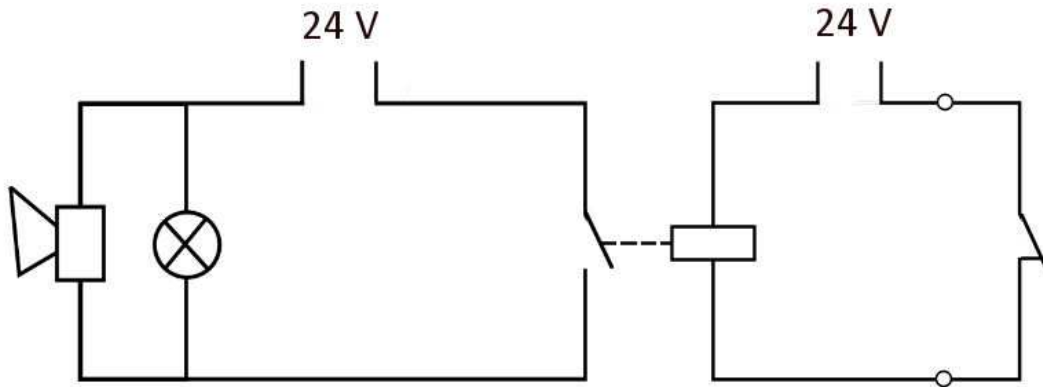
9.1 Hälytysvirtapiirit

Hälytyssilmukka on piiri, jolla saadaan tehtyä hälytys haluttavasta kohteesta. Yksinkertaisin hälytyssilmukka on sulkuvirtapiiri, jossa sulkeutuva kosketin luo hälytyksen. Kuvassa 12 näkyy sulkuvirtapiiri. Siihen on liitetty lisäksi lamppu ja summeri. Koskettimen sulkeutuessa aiheutuu häiriö. [7, s. 138]



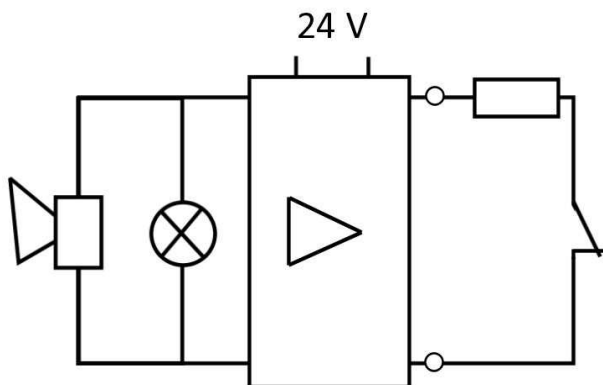
Kuva 12. Sulkuvirtapiiri. [Mukautettu lähteestä 7, kuva 14.1]

Toinen tapa luoda hälytyssilmukka on katkovirtapiiri, joka toimii päinvastoin kuin sulkuvirtapiiri. Katkovirtapiirin normaalitilanteessa kosketin on kiinni. Häiriön tullessa kosketin avautuu apureleen päästessä auki ja sen seurauksena välitetään tieto häiriöstä eteenpäin. [7, s. 138]



Kuva 13. Katkovirtapiiri. [Mukautettu lähteestä 7, kuva 14.1]

Valvotussa katkovirtapiirissä anturit kytketään sarjaan ja kauimpaan anturiin liitetään anturivastus. Anturisilmukkaa vahvistetaan valvontavirralla ja virran suuruutta mitataan. Jos anturisilmukan johdin katkeaa tai hälytyskoskin aukeaa, saadaan aikaan hälytys. Lisäksi saadaan vikahälytys, jos silmukka joutuu oikosulkuun (tällöin virta kasvaa normaalitilaa suuremmaksi). [7, s. 139]



Kuva 14. Valvottu katkovirtapiiri. [Mukautettu lähteestä 7, kuva 14.1]

9.2 Paloilmoitinjärjestelmä ja paloilmamaisimet

Paloilmamaisinjärjestelmällä havaitaan tulipalo ja hälytetään palokunta. Lisäksi sillä varoitetaan tilassa olevia ihmisiä. Paloilmoitinjärjestelmään voidaan myös liittää sammutuslaitteistoja. [7, s. 140]

Paloilmoitinjärjestelmä koostuu [7, s. 140]

- paloilmaisimista, jotka havainnoivat esimerkiksi savua tai lämpöä
- paloilmoitinpainikkeista, joilla voidaan tehdä manuaalisesti hälytys
- paloilmoitinkeskuksesta, joka muun muassa välittää hälytykset hälytyskeskukseen tai palokuntaan ja käynnistää hälytys sireenit ja mahdolliset sammutuslaitteistot.

Paloilmaisimet

Paloilmaisimilla pyritään havainnoimaan tulipalovaara. Niiden toiminta voi perustua savun havaitsemiselle tai lämmön mittaamiselle (myös lämpötilan nousun nopeutta voidaan mitata). Yksinkertaisimmillaan ne ovat on/off-kosketintietoa välittäviä antureita, mutta monimutkaisemmissa järjestelmissä ne voivat jopa ilmoittaa paikkatietonsa. [7, s. 140]

Savua voidaan havainnoida joko optisesti tai voidaan käyttää ionisavuilmaisimia. Optisen savuilmaisimen toiminta perustuu valon siroamiseen savuhiukkasista. Tässä savuilmaisin mittaa valoisuuden muutosta ja tekee hälytystoimenpiteen. Ionisavuilmaisin mittaa virran voimakkuutta mittauskammiossa. Liekit ionisoivat kaasumolekyylejä, jolloin molekyylit jakautuvat positiivisiksi ioneiksi ja negatiivisiksi elektroneiksi. Virran voimakkuus mittauskammiossa vaihtelee ionien ja elektronien pitoisuuksien mukaan. [7, s. 140]

Lisäksi tulipalo voidaan havaita mittaamalla lämpötilaa tai lämpötilan nousunopeutta. Yksinkertaisessa lämpötilailmaisimessa on bimetalliekikko, joka taipuu lämpötilan mukaan. Taipuessaan tarpeeksi se vaihtaa koskettimen tilan ja antaa tiedon tietyn rajan, kuten esimerkiksi +60 °C, ylityksestä. Jos mitataan lämpötilan nousunopeutta, ilmaisimessa on kammio, josta normaalitilanteessa ilma pääsee hitaasti ulos, mutta ilman lämmitessä liian nopeasti paine kasvaa ja saa koskettimen vaihtamaan tilaa. [7, s. 141]

Liekki-ilmaisimella voidaan havaita liekeistä ja kipinöistä syntyvää ultraviolettisäteilyä. Liekki-ilmaisimet ovat käytännöllisiä tiloissa, joissa käsitellään herkästi syttyviä aineita. [7, s. 141]

9.3 Murtohälyttimet

Yksinkertaisimmilla murtohälyttimillä mitataan vain kosketintietoa. Tällaisia ovat muun muassa ovien, ikkunoiden ja aitojen auki- ja kiinniolutiedot. Tilanteesta luodaan murtohälytys, kun automaatio- tai murtohälytysjärjestelmä tietää, että tiloissa ei tulisi olla ketään (hälytysjärjestelmä asetettu päälle) ja tilat on lukittu. Murtohälytys lähetetään eteenpäin vartiointiliikkeelle, joka tekee tarvittavat toimenpiteet. [7, s. 143]

Järjestelmään voidaan liittää lisäksi vaikka kameravalvontaa ja liikkeentunnistusta. Kameravalvonta voidaan käynnistää automaattisesti murtohälytyksen kytkeytyessä päälle tai se voi nauhoittaa koko ajan. Murtoyrityksiä voidaan havainnoida myös muin keinoin. Ikkunoiden tärinää voidaan mitata ja sisätiloissa voi tarkkailla liikkumista optisilla antureilla. [7, s. 143]

9.4 Kulunvalvonta

Kulunvalvonnan avulla voidaan käyttää työtilojen valvontaan. Sillä voidaan estää ja sallia tiettyjen henkilöiden pääsy tiettyihin tiloihin. Lisäksi tästä voidaan kerätä tietoja järjestelmän tietokantaan. [7, s. 146]

Kulunvalvontaan voidaan myös liittää työajanseuranta, joka on käytännöllinen, jos käytössä on liukuva työaika. Seurantapäätteellä voidaan yleensä myös kirjautua lomalle, matkalle, sairauslomalle tai vaikka lounaalle. [7, s. 146]

10 Rakennusautomaatioprojekti

Insinööriyön varsinaisessa projektiosassa oli tarkoituksena ohjelmoida kaksi valvonta-alakeskusta (VAK) Lohjan jätevedenpuhdistamolle. Nämä kaksi alakeskusta olivat VAK3 ja VAK2. Niistä ensimmäiseksi ohjelmoitiin VAK3, joka on kokonaisuutena huomattavasti pienempi kuin VAK2. Niissä on kuitenkin hyvin paljon samoja toimintoja eikä niistä siis esitellä tässä työssä kaikkia. Koko työn laajuus oli viisi alakeskusta, joista kolme ohjelmoi HI-Automation Oy:n muut henkilöt.

VAK2:n ja VAK3:n keskeisiä toimintoja ovat:

- Tulo- ja poistoilmapuhaltimen ohjaus
 - Yhdellä, kahdella ja säädettävällä teholla toimivat puhaltimet
- Raitisilmapeltien ohjaus
- Kiertoilmapuhaltimien ohjaus
- Lämmön talteenotto (LTO)
- Mittaukset
 - Lämpötilan mittaukset
 - Paineiden ja paine-erojen mittaukset
- Hälytysten käsittely
- Käyttöliittymän luonti automaation ohjaukseen
 - Hallinta alakeskukseen asennettavasta kosketuspaneelista tai valvomosta

11 Ohjelmoitava logiikka ja ohjelmistot

Molemmissa keskuksissa käytettiin samaa ohjelmoitavaa logiikkaa, joka on Wago 750-881. Tähän logiikkaan päädyttiin, koska yrityksellä on aiempaa kokemusta siitä ja sen hinta-laatusuhde on hyvä. Logiikan ohjelmointi voidaan suorittaa edullisella Codesys-ohjelmistolla. Sillä luotiin myös käyttöliittymä. Kommunikointi logiikan kanssa onnistuu Ethernetin kautta RJ-45-kaapelilla.



Kuva 15. Ohjelmoitava logiikka Wago 750-881 ja siihen liitettyjä I/O-kortteja. [11]

Wagon internetsivuilla on paljon ilmaisia kirjastoja, joita voi hyödyntää ohjelmoinnissa. Tässä työssä käytettiin Wagon HVAC-kirjastoa, joka on eritoten tarkoitettu rakennusautomaation rakentamiseen. Kirjastot sisältävät muun muassa toimintalohkoja ja käyttöliittymään tarkoitettuja piirrosmerkkejä ja elementtejä.

Ohjelmoinnin toteutus

HI-Automationilta saatiin keskuksiin perustuvat säätökaaviot. Niissä esitetään, millaisia toiminnallisuuksia halutaan toteutettavan. Säätökaavioihin kuului kuvaukset esimerkiksi käytöstä, säädön toiminnasta, hälytyksistä, hälytysluokista ja -viiveistä.

12 VAK3:n I/O-luettelo ja I/O-kortit

VAK3:n I/O-luettelosta käy selville, minkälaisia tietoja saadaan kentältä ja millaisia ohjauksia suoritetaan. I/O-luettelon on tehnyt HI-Automationin sähköinsinööri.

Taulukko 2. VAK3:n I/O-luettelo.

LOGIIKKA	OSOITE	KORTTI	LIITIN	KUVAUS	
A3	DI1.1	DI1	1	31TK01_TF01_I	Taajuusmuuttaja,TF01 tuloilmakone, käy
A3	DI1.2		5	31TK01_TF01_A	Taajuusmuuttaja,TF01 tuloilmakone, hälytys
A3	DI1.3		2	31TK01_PF01_I	Taajuusmuuttaja,PF01, huippuimuri, käy
A3	DI1.4		6	31TK01_PF01_A	Taajuusmuuttaja,PF01, huippuimuri, hälytys
A3	DI1.5		3	31KSK01 KF01_I	Lämpöpuhallin, pumppuhuone, käy
A3	DI1.6		7	31KSK02 KF01_I	Lämpöpuhallin, varasto, käy
A3	DI1.7		4	TK01_PP10_30A	Palopellit hälytys
A3	DI1.8		8		
A3	DO1.1	DO1	1	31TK01_FG01_S	Raitisilmapelti (peltimoottori +24V), ohjaus
A3	DO1.2		5	31TK01_TF01_S	Taajuusmuuttaja,TF01 tuloilmakone, ohjaus
A3	DO1.3		2	31TK01_PF01_S	Taajuusmuuttaja,PF01, huippuimuri, ohjaus
A3	DO1.4		6	31KSK01 KF01_S	Lämpöpuhallin, pumppuhuone, ohjaus
A3	DO1.5		3	31KSK02 KF01_S	Lämpöpuhallin, varasto, ohjaus
A3	DO1.6		7	Ulkovalo1_S	Ulkovalo, pylvä 1, ohjaus
A3	DO1.7		4	Ulkovalo2_S	Ulkovalo, pylvä 2, ohjaus
A3	DO1.8		8	Ulkovalo3_S	Ulkovalo, pylvä portilla, ohjaus
A3	AI1.1	AI1	1(+),2(-)	31TK01_TE20_M	Lämpötilamittaus sähkötila
A3	AI1.2		5,6		
A3	AI1.3		3,4		
A3	AI1.4		7,8		
A3	AO1.1	AO1	1,2	31TK01_TF01_C	TF01 tuloilmakone, taajuusohje
A3	AO1.2		5,6	31TK01_PF01_C	PF01, huippuimuri, taajuusohje
A3	AO1.3		3,4		
A3	AO1.4		7,8		

VAK3-keskuksen logiikassa käytettiin neljää I/O-moduulia, joista kaksi on analogisia ja kaksi digitaalista. Käytössä olivat seuraavat kortit:

- 8-kanavainen digitaalinen sisääntulokortti (DC 24 V, 3ms)
- 8-kanavainen digitaalinen ulostulokortti (DC 24 V, 0,5 A)
- 4-kanavainen analoginen sisääntulokortti lämpötilan mittaukseen (PT-100)
- 4-kanavainen analoginen ulostulokortti (0-10 V)

Digitaalista sisääntulokorttia käytetään tilatietojen saamiseen laitteilta. Tilatiedot saavat digitaalisuutensa vuoksi joko arvon 0 tai 1. Tämän vuoksi voidaan saada vain esimerkiksi tieto laitteen käynnissä olemisesta.

Digitaalisella ulostulokortilla ohjattiin laitteita, mutta sillä ei voida suorittaa säätötoimenpiteitä. Tämä johtuu siitä, että kyseessä on digitaalinen ulostulokortti, jolla voidaan antaa laitteelle käsky käynnistyä tai pysähtyä.

Analogisella sisääntulokortilla saadaan tieto huoneen lämpötilasta. Se muunnetaan digitaaliseen muotoon 16-bittisenä, jolloin lämpötilasta saadaan arvo välillä 0-32767 ($2^{15} = 32768$).

Analogisella ulostulokortilla annetaan käsky toimilaitteille. Kortti välittää laitteelle ohjausarvon välillä 0-10 V. Analogisella ulostulokortilla voidaan säätää laitteita, ja tässä tapauksessa tieto välitetään taajuusmuuntajalle, joka säätää ilmanvaihtokoneiden pumppujen käyntinopeutta.

Muuttujat

```

0001 VAR_GLOBAL
0002     IV_Lukitus:  BOOL;
0003     TK01_TE20_MR:  REAL := 15;
0004     TE01:  INT;
0005     TE01_M:  REAL;
0006     KT01_TF01_INTERLOCKS:  BOOL;
0007     TK01_TF01_ACK:  BOOL;
0008     TK01_TF01_Status:  INT;
0009     TK01_TF01_OBJ :  BOOL := TRUE;
0010     KF01_OBJ :  BOOL := TRUE;
0011     KF02_OBJ :  BOOL := TRUE;
0012     TK01_TF01_Error:  BOOL;
0013     KT01_FF01_INTERLOCKS:  BOOL;
0014     TK01_FF01_ACK:  BOOL;
0015     TK01_PK01_FC:  REAL;
0016     TK01_FF01_Status:  INT;
0017     TK01_FF01_Error:  BOOL;
0018     TK01_FF01_OBJ :  BOOL := TRUE;
0019     UT01TE00:  REAL;
0020     Temp_Eroalue:  REAL;
0021     VE00:  REAL;
0022     VE00_Asetusarvo:  REAL;
0023     xStatus:  WORD;
0024     ALARM_M1:  DWORD;
0025     TK01_TF01_C_OUT:  REAL;
0026     Room_Temp_L_A:  BOOL;
0027     Room_Temp_H_A:  BOOL;
0028     Room_Temp_Vert_A:  BOOL;
0029     Aloitusaika:  DT;
0030     Lopetusaika:  DT;
0031     Room_Temp_Low_Limit:  REAL := 10;
0032     Room_Temp_High_Limit:  REAL := 20;
0033 END_VAR
0034 VAR_GLOBAL RETAIN
0035     Outside_Temp_Low_Limit:  REAL;
0036     TK01_TF01_REF:  REAL;
0037     TK01_TF01_MIN:  REAL;
0038     TK01_TF01_MAX:  REAL;
0039     TK01_TF01_MAN_SPEED:  REAL;
0040     TK01_FF01_REF:  REAL;
0041     TK01_FF01_MIN:  REAL;
0042     TK01_FF01_MAX:  REAL;
0043     TK01_FF01_MAN_SPEED:  REAL;
0044 END_VAR

```

Kuva 16. Luodut muuttujat.

Jotta voidaan ohjelmoida järkevästi, tarvitaan muuttujia. Kuvassa 16 ovat listattuina kaikki luodut muuttujat. VAR_GLOBALin alle luodaan sellaiset muuttujat, joihin voidaan viitata missä tahansa. Niille on myös annettu muuttujamuodot, joilla määritellään, sisältääkö muuttuja tekstiä, kokonaislukuja, desimaalilukuja, binääritietoa tai jotain vastaavaa. Myös ohjelman sisäisesti voidaan luoda muuttujia, mutta niihin ei voida viitata kyseisen ohjelman ulkopuolella.

```

0001 PROGRAM TK01_TF01
0002 VAR
0003     TK01_TF01_PID: Fb_Control_PID_Adv;
0004     TK01_TF01_FC: Fb_Fan_FC;
0005     TK01_TF01_A_M: Fb_AutoMan;
0006     PID_OUTPUT: REAL;
0007     AUTO: BOOL;
0008     MAN: BOOL;
0009     TK01_TF01_IR: BOOL;
0010     TK01_TF01_HVAC_STATUS: HVAC_Status;
0011 END_VAR
0012
0013 VAR RETAIN
0014
0015 END_VAR
0016

```

```

0001
    TK01_TF01 lukitukset

```

```

    graph LR
      A[Room_Temp_Low_Limit] --- B[TK01_TE20_MR]
      B --- GE[GE]
      GE --- OR[OR]
      C[IV_Lukitus] --- OR
      OR --- D[KT01_TF01_INTERLOCKS]

```

Kuva 17. Ohjelman sisäiset muuttujat ylempänä. Varsinainen ohjelma alempana.

13 VAK3:n ohjelmointi

13.1 Lämpötilan mittauksen skaalaus

Ensimmäisenä lähdettiin toteuttamaan huoneen sisälämpötilan mittauksen skaalausta. Lämpötila mitattiin PT-100-anturilla ja signaali saatiin logiikan sisään analogikortin sisääntulosta. Tästä saatu signaali muutetaan digitaaliseksi ja tieto on välillä 0-32767. Skaalaus saatiin toteutettua Wagon internetsivuilta löytyvällä ilmaisella kirjastolla, josta löytyi skaalaus-toimintalohko. Skaalauksen toiminta on hyvin yksinkertainen, ja se käytännössä jakaa raajan tiedon kymmenellä. Näin ollen minimiarvoksi voidaan saada 0 °C ja maksimiarvoksi 3276,7 °C. Skaalattu mittaus tallennettiin ohjelmalliseen muuttujaan TK01_TE20_MR ja sen muuttujatyypiksi on annettu real.

13.2 Ilmanvaihtokoneiden ohjaus

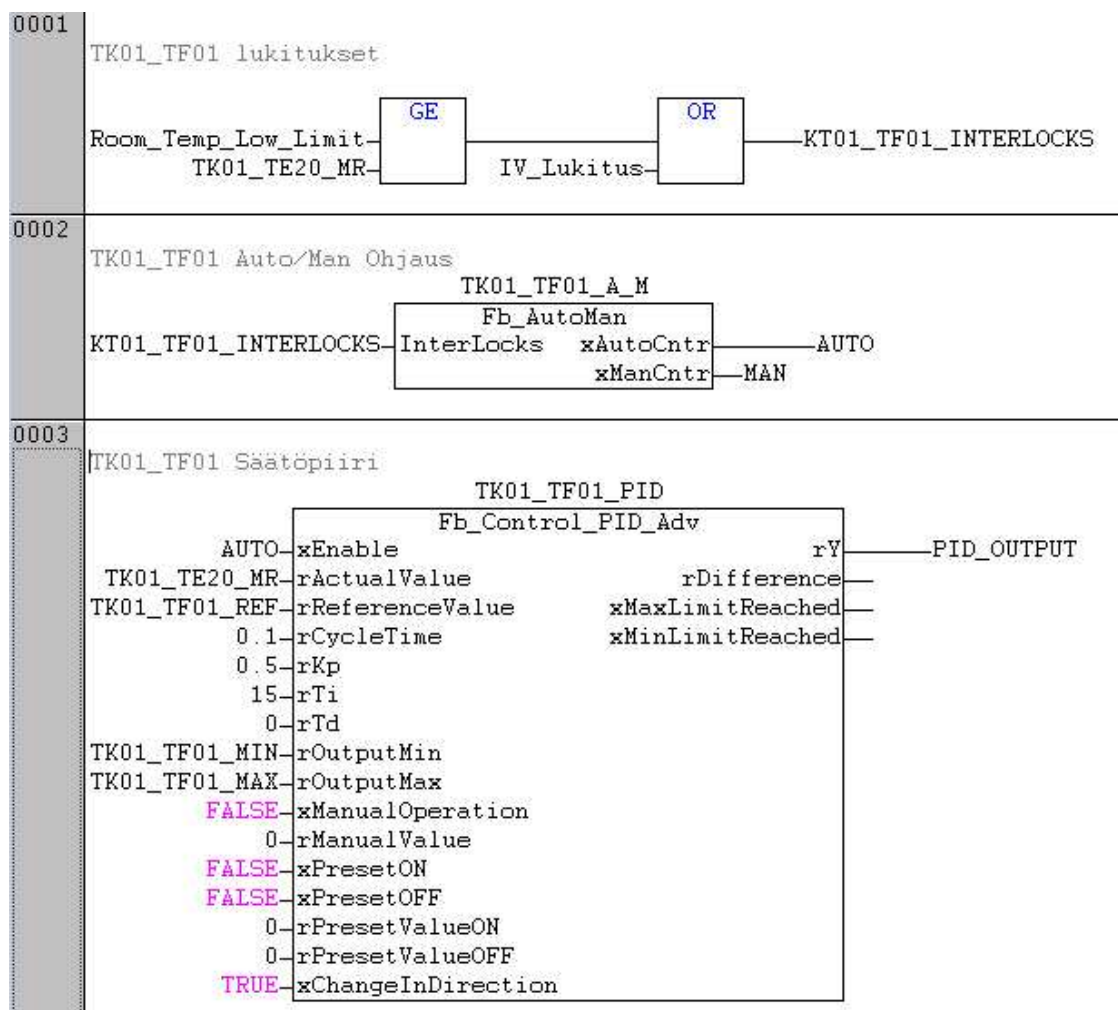
Ilmanvaihtokoneiden tarkoituksena on pitää huoneen sisäilma raikkaana ja halutun lämpöisenä. Tuloilmapuhallin tuo ilmaa tulopumppaamoon, sähkötilaan ja varastoon. Vastaavasti poistoilmapuhallin puhalttaa edellä mainituista huoneista vanhan ilman pois. Tuloilmapuhaltimien TK01_TF01 ja TK01_PF01 ohjaus toteutettiin huoneen lämpötilan mittauksen pohjalta. Tuloilmapuhaltimen tarkoitus on tuoda huoneeseen uutta ilmaa, mikäli huoneen mitattu lämpötila on yli annetun asetusarvon. Vastaavasti

tuloilmanpuhallin lopettaa toiminnon, jos lämpötila laskee alle annetun asetusarvon. Poistoilmanpuhaltimen käynti on lukittuna tuloilmanpuhaltimen käyntiin. Lisäksi tuloilmanpuhaltimen käyntiin on lukittu raitisilmapelti TK01_FG01.

Ilmanvaihtokoneiden ohjausta varten luotiin CoDeSysissä molemmalle puhaltimelle uusi ohjelma, joiden nimiksi annettiin TK01_TF01 ja TK01_PF01. Lisäksi luotiin kansio nimeltä Ilmanvaihtokoneet, johon molemmat ohjelmat laitettiin. Tämän ansiosta ohjelmarakenne pysyy selkeänä. Molemmat ilmanvaihtokoneet ohjelmoitiin samalla tavalla, ja alla on esitelty vain TK01_TF01.

13.2.1 PID-säädin

Tuloilmapuhaltimen toiminta toteutettiin PID-säätimellä, joka oli myös saatu Wagon ilmaisesta rakennusautomaation kirjastosta.



Kuva 18. Auto/manuaalilohko ja PID-säädinlohko.

Kuvassa 18 näkyy ensimmäisessä networkissa (0001) ilmanvaihtokoneen lukitukset. Tässä GE-lohkolla vertaillaan huoneenlämpötilaa (TK01_TE20_MR) ja huoneen lämpötilan asetettua minimiarvoa (Room_Temp_Low_Limit). Jos huoneen lämpötila on korkeampi tai yhtä suuri kuin asetettu minimiarvo, toimintalohko antaa seuraavalle toimintalohkolle (OR) arvon 1. Muutoin annetaan 0. Jos OR-lohko saa sisäänsä ykkösen joko GE-lohkosta tai IV_Lukituksesta, asetetaan KT01_TF01_INTERLOCKS ykköseksi. Toisessa networkissa luodaan auto- ja manuaaliohjaus. Jos KT01_TF01_INTERLOCKS saa ykkösen, tehdään Fb_AutoManin mukainen toiminto ja siten asetetaan joko AUTO ykköseksi tai MAN ykköseksi. Nämä eivät voi saada arvoa yksi samaan aikaan.

Kolmannessa networkissa on varsinainen PID-säädinlohko. Säädin asetetaan päälle, jos edellä mainittu AUTO-muuttuja on saanut arvon yksi. PID-säädin tarvitsee myös tiedon huoneen lämpötilasta. Se saadaan jälleen TK01_TE20_MR-muuttujalta. TK01_TF01_REF on haluttu asetusarvo, jossa huoneen lämpötilan halutaan pysyvän. Asetusarvo voidaan asettaa halutunlaiseksi käyttöliittymästä. Säätimen kiertoajaksi eli ajaksi, kuinka usein tehdään laskelmat, on asetettu 0,1 (100 millisekuntia).

Vahvistuskertoimeksi on annettu 0,5 ja se syötetään rKp-kenttään. Tällä saadaan vahvistettua sisään tulevaa signaalia. Se on aina suoraan verrannollinen erosuureeseen. [1.]

PID-säätimen integroivalla osalla pyritään korjaamaan säätö. Integraatio tarkkailee eroa asetusarvon ja mitatun arvon välillä ja pyrkii poistamaan pysyvän eron. Tässä integraation eli rTi:n arvoksi on annettu 15.

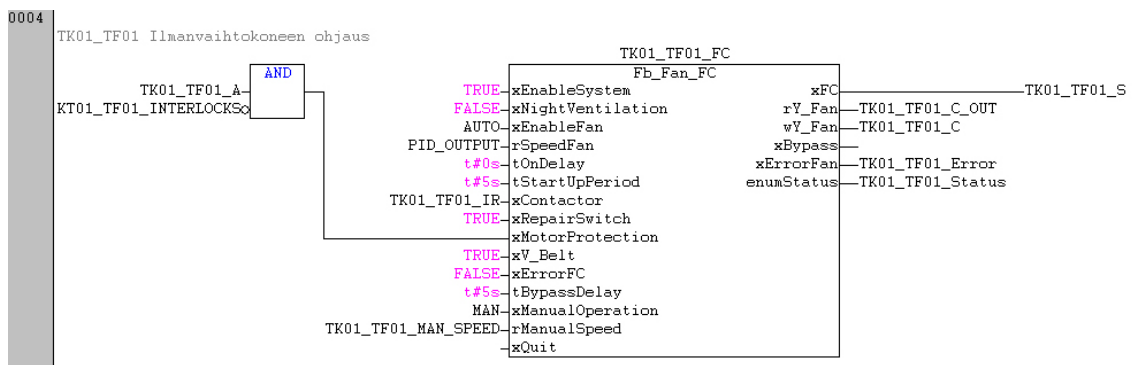
rTd on derivaattatermi. Sillä pyritään ennakoimaan säätöä. Derivaattatermi reagoi erosuureen muutoksiin yrittäen vastustaa niitä [1]. Sille on annettu arvoksi 0 eikä se ole tämän vuoksi käytössä. Tässä tapauksessa koko PID-säädin toimii vain PI-säätimenä.

Säätimen vahvistustermiin, integrointitermiin ja derivointitermiin on annettu arvoja aiempien vastaavanlaisten töiden pohjalta. Kaikkein optimaalisimmat arvot haetaan kokeellisesti paikan päällä. Simulointeja ei siis suoritettu. PID-säädin tekee tarvittavat

laskelmat halutun asetusarvon saavuttamiseksi ja ohjaussuure tallennetaan PID_OUTPUT-muuttujaan. Ohjaussuure on jotain välillä 0-100.

13.2.2 Moottorinohjaus

Pelkällä PID-säätimen ohjaussuureella ei saada vielä mitään aikaan. Jotta pumpun moottori saadaan toimimaan halutulla tavalla, tarvitaan sille oma moottorinohjaustoimintalohko. Se löytyi samasta rakennusautomaation kirjastosta, josta löytyi muun muassa lämpötilan mittauksen skaalaus.



Kuva 19. Moottorinohjauslohko.

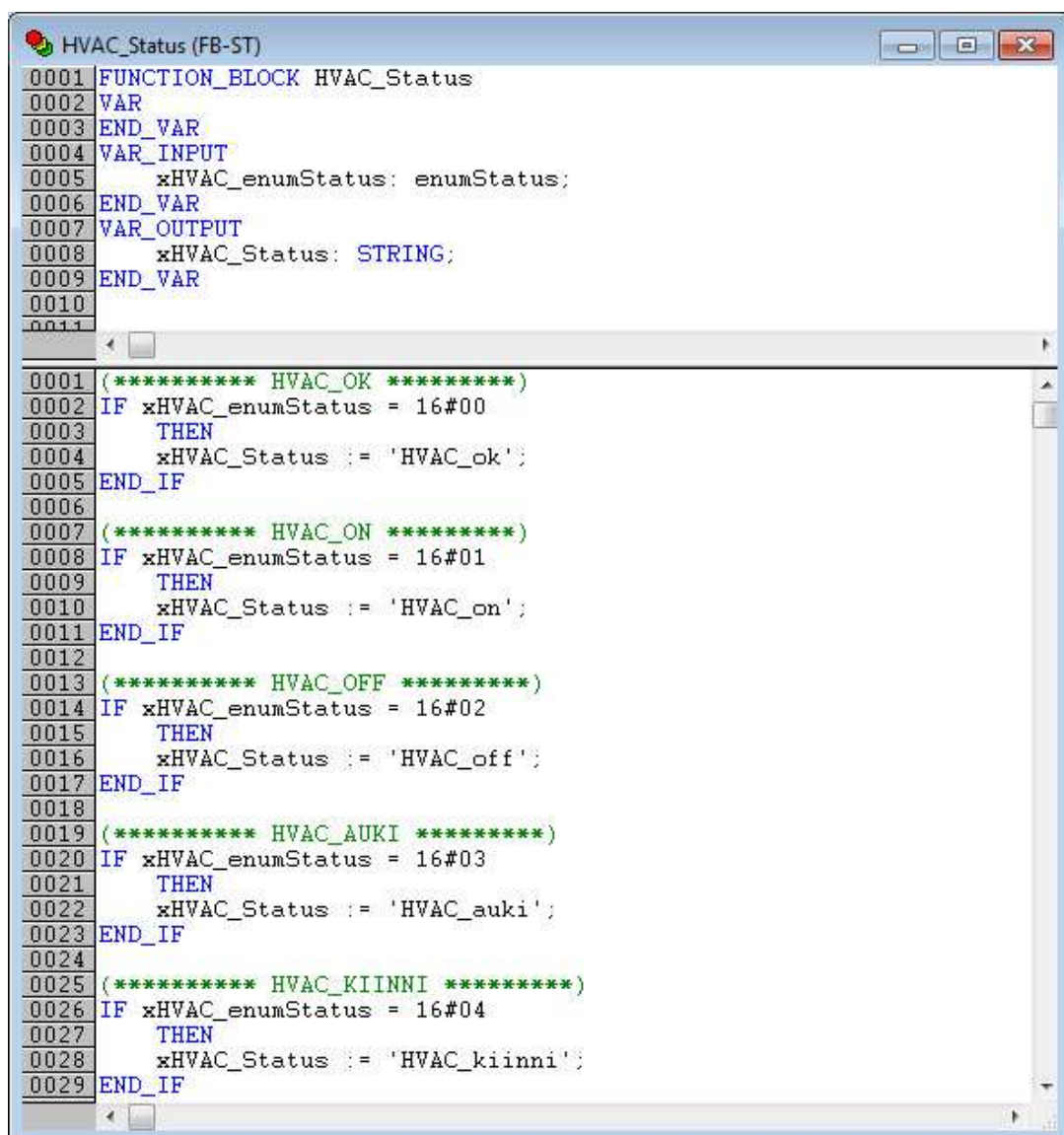
Kuvassa 19 tuodaan rSpeedFan nastaan PID-säätimestä saatu ohjaussuure PID_OUTPUT. Sen avulla säädetään taajuusmuuttajaa, joka säättää pumpun toiminta nopeutta. Tämä tieto tallennetaan TK01_TF01_C:hen ja muutetaan analogiseksi signaaliksi. Signaali ohjataan analogisen ulostulokortin kautta taajuusmuuttajalle.

Moottorinohjauslohkossa voidaan ohjata pumpun nopeutta myös manuaalisesti. Tässä tapauksessa on luotu TK01_TF01_MAN_SPEED-muuttuja, joka on kiinnitetty rManualSpeed-nastaan. Manuaaliohjausarvo asetetaan käyttöliittymästä.

Kuvassa 19 nähdään myös xMotorProtection-nasta, joka nimensä mukaisesti suojaa moottoria kytkemällä sen pois päältä. Tähän on luotu ehto, että jos TK01_TF01_A (kentältä tuleva digitaalinen hälytystieto moottorista) on aktiivinen ja aiemmin mainittu lukitus TK01_TF01_INTERLOCKS ei ole aktiivinen, asetetaan moottorinsuojaus päälle ja pumppu pysähtyy.

Moottorinohjauslohko voidaan asettaa automaattitilaan kun AUTO-muuttuja on aktiivinen. Vastaavasti lohko voidaan asettaa manuaalitilaan, jos MAN-muuttuja on aktiivinen.

Wagon tarjoamaan ilmaiseen moottorinohjauslohkoon on myös sisäänrakennettu virheilmoitustoiminto. enumStatus-nasta antaa enumStatus-muodossa (heksagonialinen luku) tiedon, joka indikoi virheilmoituksen numeroa. Tässä tapauksessa luotiin erillinen toimintalohko, jolla luetaan tätä nastaa ja tehdään suomenkielinen versio virheilmoituksista.



```

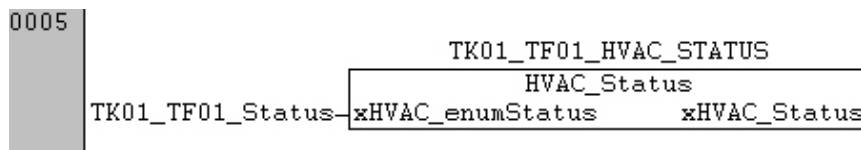
0001 FUNCTION_BLOCK HVAC_Status
0002 VAR
0003 END_VAR
0004 VAR_INPUT
0005     xHVAC_enumStatus: enumStatus;
0006 END_VAR
0007 VAR_OUTPUT
0008     xHVAC_Status: STRING;
0009 END_VAR
0010
0011
0001 (***** HVAC_OK *****)
0002 IF xHVAC_enumStatus = 16#00
0003     THEN
0004         xHVAC_Status := 'HVAC_ok';
0005     END_IF
0006
0007 (***** HVAC_ON *****)
0008 IF xHVAC_enumStatus = 16#01
0009     THEN
0010         xHVAC_Status := 'HVAC_on';
0011     END_IF
0012
0013 (***** HVAC_OFF *****)
0014 IF xHVAC_enumStatus = 16#02
0015     THEN
0016         xHVAC_Status := 'HVAC_off';
0017     END_IF
0018
0019 (***** HVAC_AUKI *****)
0020 IF xHVAC_enumStatus = 16#03
0021     THEN
0022         xHVAC_Status := 'HVAC_auki';
0023     END_IF
0024
0025 (***** HVAC_KIINNI *****)
0026 IF xHVAC_enumStatus = 16#04
0027     THEN
0028         xHVAC_Status := 'HVAC_kiinni';
0029     END_IF

```

Kuva 20. Moottorinohjauksen virheilmoitusten suomennostoimintalohko.

Kuvassa 20 ylemmässä ikkunassa määritellään tietoja toimintalohkosta. Lohkon nimeksi on annettu HVAC_Status. VAR_INPUTin alle on määritelty lohkon sisään tuotavat muuttujat. Tähän lohkoon tarvitaan vain yksi sisään tuleva muuttuja. Nastan nimeksi annetaan xHVAC_enumStatus ja sen muuttujamuodoksi määritellään enumStatus. VAR_OUTPUTin alle määritellään lohkosta uloslähtevät nastat. Tähänkin tarvittiin ainoastaan yksi. Se nimettiin xHVAC_Statukseksi ja sen muuttujamuodoksi asetettiin string eli se sisältää normaalia tekstiä.

Kuvan alemmassa ikkunassa on varsinainen ohjelma. Se ohjelmoidaan ST-kielillä. Ohjelma on hyvin yksinkertainen, ja jokainen virheilmoitus toimii samalla tavoin. Esimerkiksi ensimmäisessä IF-ehdossa luetaan sisään tulevaa nastaa, ja jos sen arvo on 16#00, uloslähtevään nastaan (xHVAC_Status) annetaan arvo HVAC_ok. IF-ehdoja kysytään siis 16#00:sta 16#1C:hen asti. Englanninkieliset virheilmoitukset nähdään tutkimalla moottorinohjauslohkon tietoja.

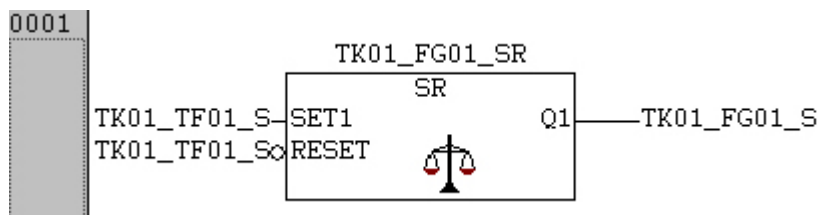


Kuva 21. HVAC_Status-lohko toiminnassa.

Kuvassa 21 on aiemmin mainittu toimintalohko käytössä. Vasemmalta tuodaan TK01_TF01_Status-muuttuja sisään ja xHVAC_Statusta voidaan lukea suoraan eikä sille tarvitse tehdä muuttujaa. Virheilmoituksia luetaan käyttöliittymästä.

13.2.3 Raitisilmapelti

Ilmanvaihtokoneiden toimintaan vaikuttaa myös raitisilmapelti. Se on tuloilmapuhaltimen edessä oleva läppä, jota ohjataan. Sen toimintaperiaate on yksinkertainen, ja se on auki silloin, kun tuloilmapuhallin TK01_TF01 on käynnissä.

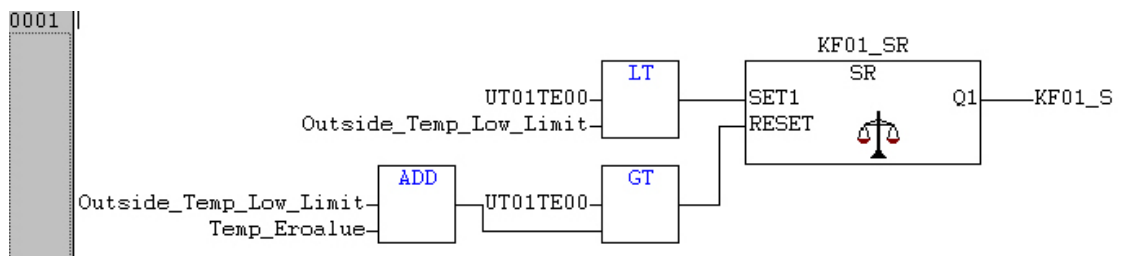


Kuva 22. Raitisilmapellin ohjaus.

Kuvassa 22 näkyvässä ohjelmassa ohjataan raitisilmapeltiä set-reset-piirillä. Siinä set-reset-kiikku asetetaan aktiiviseksi, jos TK01_TF01_S (ilmanvaihtokoneen käyntitieto) on aktiivinen. Vastaavasti set-reset-kiikku asetetaan pois päältä, jos TK01_TF01_S ei ole aktiivinen. Raitisilmapeltiä ohjataan TK01_FG01_S:llä.

13.3 Kiertoilmapuhaltimet

Kiertoilmapuhaltimien tarkoitus on kierrättää ilmaa tulopumppaamossa ja varastossa. Tulopumppaamon kiertoilmapuhallin on KF01 ja varaston kiertoilmapuhallin on KF02. Molemmat puhaltimet toteutettiin samalla periaatteella. Puhaltimissa ei ollut säätöä, eli ne toimivat päälle/pois-periaatteella. Ohjaus tapahtuu digitaaliulostulokortin kautta.



Kuva 23. Kiertoilmapuhallin KF01.

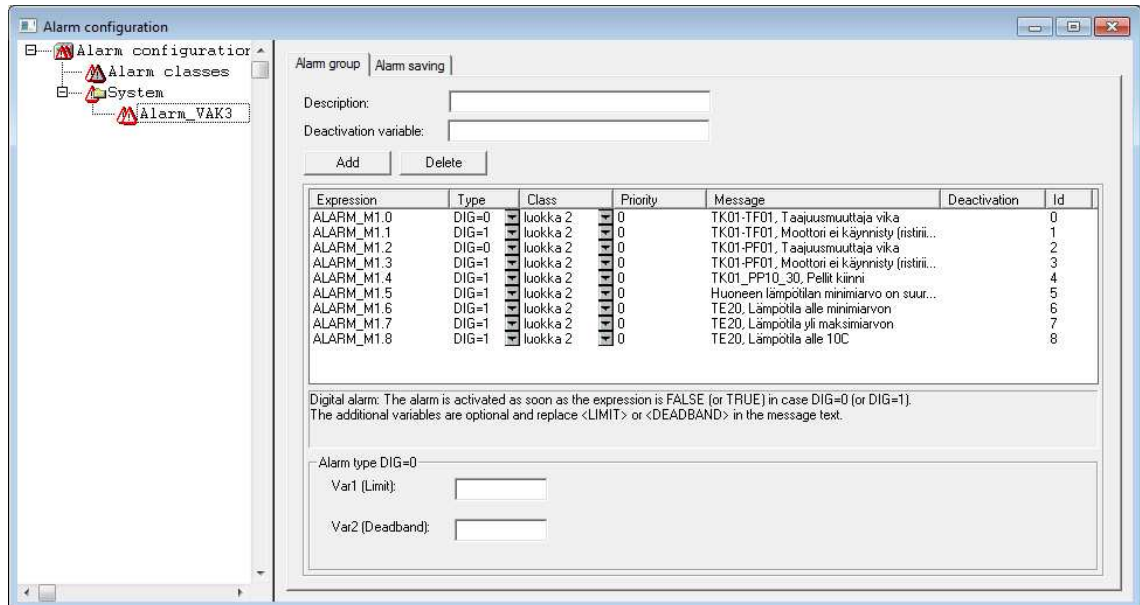
Kiertoilmapuhaltimien on- ja off-tiloille annettiin ehtoja. Kiertoilmapuhallin asetetaan set-reset-piirillä käyntiin, kun ulkolämpötila (UT01TE00) on alle asetetun ulkolämpötilan minimiarvon (Outside_Temp_Low_Limit, voidaan asettaa käyttöliittymästä). Ehdon ollessa tosi asetetaan set-reset-kiikku aktiiviseksi, jolloin KF01_S saa bitin 1 ja kiertoilmapuhallin lähtee käyntiin.

Puhallin menee off-tilaan siinä tapauksessa, jos ulkolämpötila on korkeampi kuin ulkolämpötilan minimiarvo, johon on lisätty asetettava eroalue (Temp_Eroalue). Jos ehto käy toteen, asetetaan kiikku reset-tilaan ja KF01_S saa arvon 0.

14 Hälytykset

Hälytyksiä tarvitaan informoimaan toimintahäiriöistä. Reaaliaikainen tieto toimintahäiriöistä on tärkeää varsinkin kriittisissä toiminnoissa. Hälytystiedoilla pystytään mahdollisesti estämään laiterikot ja onnettomuudet.

Hälytysten luonnissa käytettiin hyväksi CoDeSysin sisäänrakennettua hälytysten käsittelytoimintoa. Hälytykset saadaan reaaliajassa, ja niitä voidaan selata ja kuitata käyttöliittymästä. Jokaiselle hälytykselle voidaan määritellä sen prioriteetti, luokka ja kommentti.



Kuva 24. Hälytysten luonti.

CoDeSysissä on erillinen ikkuna hälytysten luontiin. VAK3:ssa luotiin System-kansioon uusi Alarm_VAK3-kansio. Ikkunan oikealla puolella näkyy luodut hälytykset. Niiden käsittelyssä hyödynnetään muistipaikkoja kuten ALARM_M1.0 ja niin edelleen. Näiden tyyppiä määritellään joko 0 tai 1. Tämä tarkoittaa sitä, että jos tyyppiä on määritetty 0, kun kyseinen muistipaikka saa arvon 0, on hälytys aktiivinen. Tilanne on sama, jos tyyppiä on määritetty 1. Hälytyksille annetaan myös luokka, joka tarkoittaa hälytyksen tärkeyttä. VAK3:ssa kaikki hälytykset ovat luokkaa 2. Hälytyksille voidaan antaa myös selitys, joka näkyy käyttöliittymän hälytyskentässä.

Tämä ei vielä riitä hälytysten toimivaan käsittelyyn. Pitää luoda ehdot, joilla hälytykset aktivoituvat ja poistuvat. Sitä varten luotiin uusi ohjelma, jonka nimeksi annettiin Hälytykset. Ohjelmointikielenä käytettiin tekstipohjaista ST:tä, jolla on tässä tapauksessa helpompi luoda yksinkertaisia ehtoja.

```

0001 PROGRAM Halytykset
0002 VAR
0003     TK01_TF01_L: INT;
0004     TK01_FF01_L: INT;
0005     TK01_PP10_30A_L: INT;
0006     TK01_PP30_L: INT;
0007     TK01_TE20_Low_L: INT;
0008     TK01_TE20_High_L: INT;
0009     TK01_TE20_L: INT;
0010 END_VAR
0011
0001 (* Tällä ohjelmalla tehdään hälytykset ja siirretään keskuskoneelle*)
0002
0003 (* Hälytys 0, TK01_TF01 Taajuusmuuttaja vika, Tallennus muistipaikkaan ALARM_M1.0*)
0004 IF TK01_TF01_A = FALSE
0005     THEN
0006         TK01_TF01_L := TK01_TF01_L + 1;
0007         IF TK01_TF01_L > 300
0008             THEN
0009                 ALARM_M1.0 := FALSE;
0010             END_IF
0011     END_IF
0012 IF TK01_TF01_A = TRUE
0013     THEN
0014         TK01_TF01_L := 0;
0015         ALARM_M1.0 := TRUE;
0016     END_IF

```

Kuva 25. Hälytysten ohjelmointi.

Ohjelmassa luodaan aluksi kokonaislukutyypisiä muuttujia, jotta saadaan aikaan hälytyksiin viive.

Varsinaisessa ohjelmoinnissa on ensimmäisenä hälytyksenä taajuusmuuttajavika. Tässä kysellään ensin if-lauseella, jos TK01_TF01_A on epätosi. Jos TK01_TF01_A on epätosi, lisätään TK01_TF01_L-muuttujaan luku yksi. Tätä toistetaan, kunnes TK01_TF01_L:n arvo on 300. Näin on saatu aikaan 30 sekunnin viive (ohjelma suoritetaan 100 millisekunnin välein, jolloin lasketaan kolmeensataan). Kun on laskettu kolmeensataan, asetetaan hälytysmuistipaikka epätodeksi, jolloin hälytys tulee aktiiviseksi ja käyttöliittymästä näkee ilmoituksen tulleesta toimintahäiriöstä.

Jos TK01_TF01_A todetaan todeksi, asetetaan laskurimuuttuja TK01_TF01_L:n arvo takaisin nolaksi ja hälytysmuuttujan ALARM_M1.0 arvo todeksi.

Muut hälytykset luotiin pääosin samoin metodein. Erilaisissa hälytyksissä käytettiin erilaisia ehtoja ja hälytysviiveitä. Kuitenkin pääidea oli luoda if-lauseita, joilla asetettiin hälytysmuistipaikka todeksi ja epätodeksi.

15 VAK2 ja sen ohjelmointi

Useimmat VAK2:n toiminnoista ja prosesseista olivat hyvin samankaltaisia VAK3:n kanssa. Siksi tässä esitelläänkin vain VAK2:n tuloilmakoneen ja vedenjäähdytysjärjestelmän toimintaa.

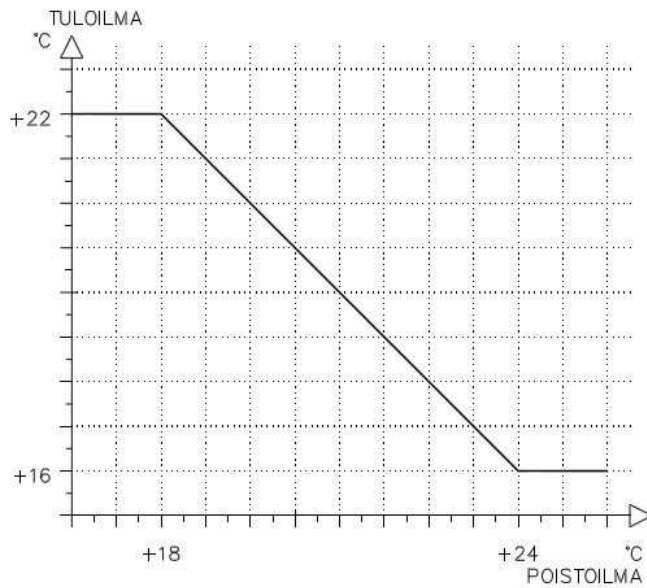
VAK2:n kokonaisuus on erittäin laaja verrattuna VAK3:n toiminnallisuuksiin ja sen pääprosesseihin kuuluu:

- Tuloilmakone
 - Lämmön talteenotto
 - Ilman suodatus
 - Ilman jäähdytys
 - Paine- ja lämpötilamittaukset
- Poistoilmakoneet
- Vedenjäähdytysjärjestelmä
- Hälytykset
- Käyttöliittymä

15.1 Tuloilmakone ja vedenjäähdytysjärjestelmä

Tuloilmakoneen tarkoituksena on tuoda raitista ilmaa valvomoon. Samalla ilma suodatetaan ja tarvittaessa sitä lämmitetään lämmön talteenoton avulla tai jäähdytetään. Ilmapuhaltimia ohjataan taajuusmuuttajilla, joten niiden tehoa voidaan säätää tarpeen mukaan. Poistoilmakoneen lämpöenergia otetaan talteen nestekiertoisella lämmönsiirtimellä ja lämpö siirretään tuloilmaan. Lämmön talteenotolla ei yleensä saada tuloilmaa tarpeeksi lämpimäksi, ja tämän vuoksi ilmakehässä on vielä erillinen lämmitys ilmalle. Lämpimien ulkokelien varalta ilmakehässä on ilmanjäähdytys.

Huoneessa ei ole asetettu kiinteästi tiettyä asetusrvoa lämpötilalle, vaan tuloilman ja poistoilman lämpötiloille on asetettu asetusrvokäyrä.



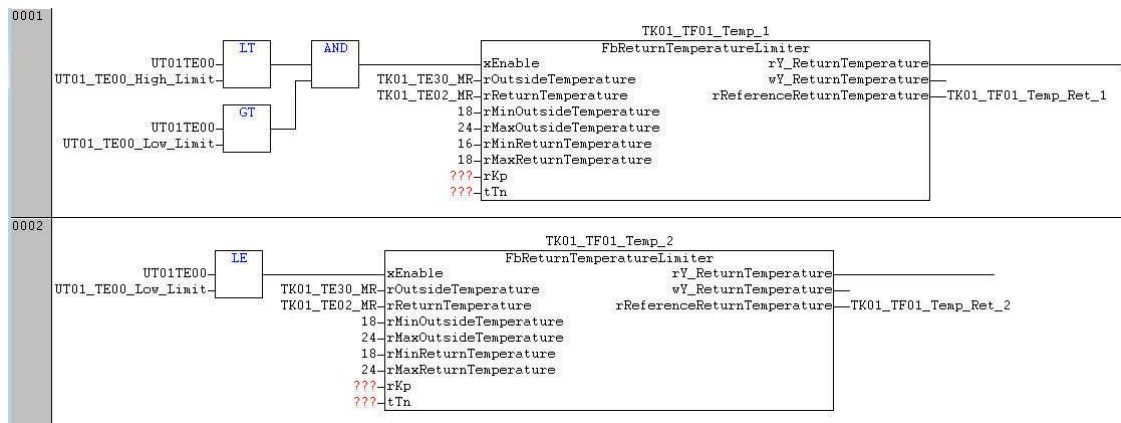
Kuva 26. Asetusarvokäyrä VAK2:n tuloilmakoneelle.

Asetusarvokäyrästä näkee, että jos poistoilma on esimerkiksi +18 °C, tuloilman lämpötila tulisi olla +22 °C. Vastaavasti jos poistoilma on +24 °C, tuloilman tulisi olla +16 °C. Näiden arvojen ja ilmakehien lämpötilamittauksien perusteella tehdään tarvittavat säätötoimenpiteet, joihin kuuluvat esimerkiksi ilman lämmitys tai jäähdytys. Lisäksi lämmön talteenotossa voidaan suorittaa lämmönsiirtonesteen virtauksen säätöjä.

Vedenjäähdytysjärjestelmällä saadaan aikaan viileää nestettä, joka johdetaan ilmanvaihtokoneistolle. Lämpimien ulkokelien vallitessa voidaan sisällä tarvita ilman jäähdytystä. Sen ohjelmointi toteutettiin yksinkertaisesti set-reset-piireillä.

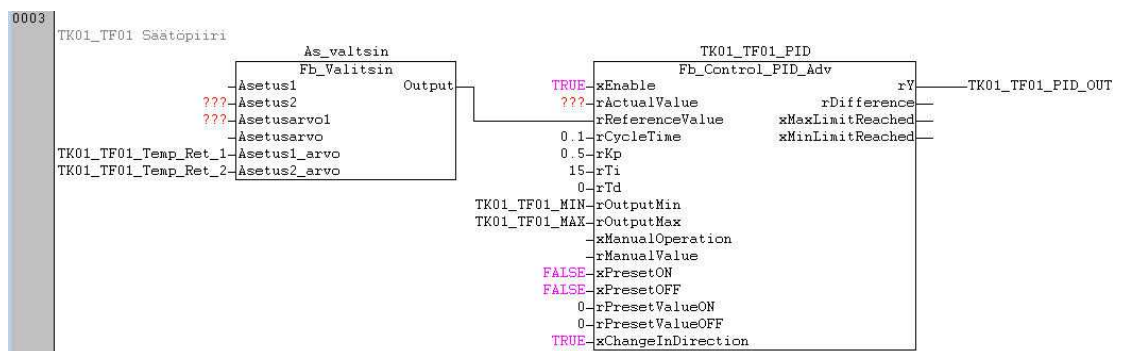
15.2 Tuloilmakoneen ohjelmointi

Tuloilmakoneen poistoilmapumpun toiminta on sidottuna tuloilmapumpun toimintaan. Toisin sanoen molemmat pumput toimivat samalla nopeudella ja PID-säätimen ohjelmoinnin tarvitsi suorittaa vain kerran.



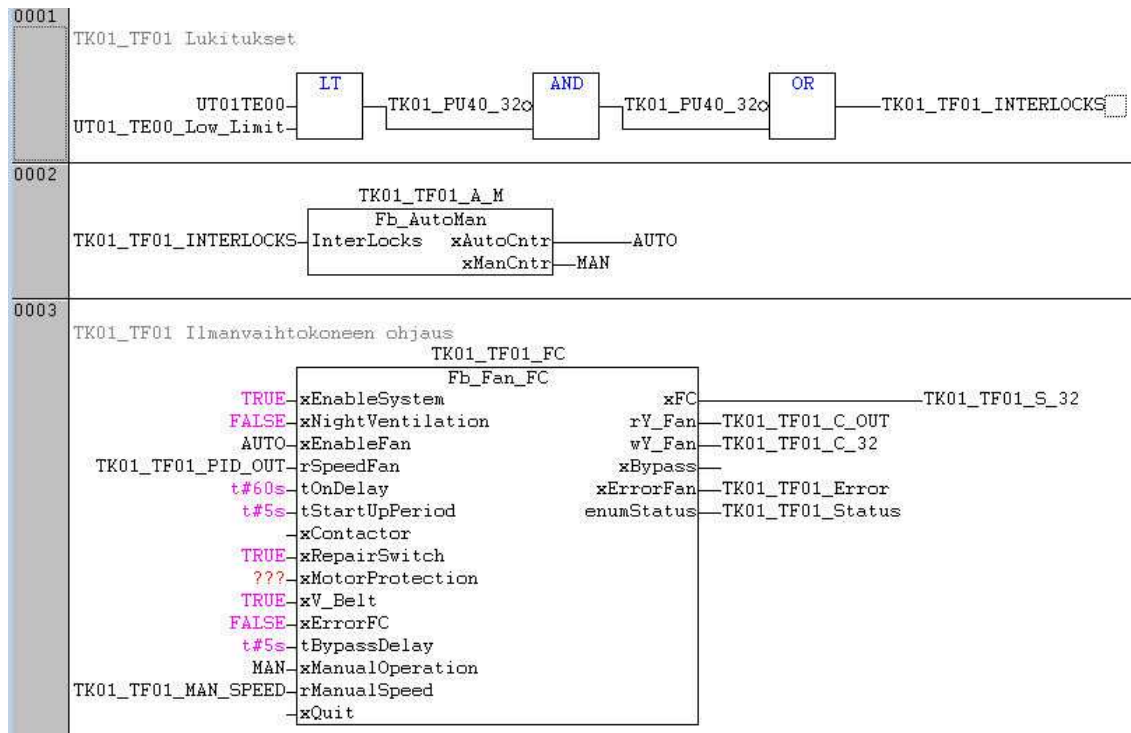
Kuva 27. VAK2-tuloilmakoneen kaksi asetusarvokäyrää.

Säätökaavioissa haluttiin noudattaa kahta erilaista asetusarvokäyrää. Molemmat toimivat tietyin ehdoin. Asetusarvokäyrällä löytyi oma toimintalohko Wagon ilmaisista kirjastoista. Kuvassa 26 ylempänä olevaa asetusarvokäyrää käytetään, jos ulkolämpötila on asetetun maksimi- ja minimiarvon välillä. Alempana olevaa käyrää käytetään, jos ulkolämpötila on alle asetetun minimiarvon. Toimintalohkojen tieto tallennetaan omiin muuttujiinsa.



Kuva 28. Tuloilmakoneen säätöpiiri.

Tuloilmakoneen säätöpiiriin tuodaan tieto asetusarvokäyriltä. Oikean asetusarvokäyrän valitsemiseen luotiin valitsin, jolla voidaan vaihtaa asetusarvoa. Tästä lohkoista viedään tieto PID-säätimelle (kuvan tapauksessa toimii tosin PI-säätimenä), jossa tehdään tarvittavat toimenpiteet säädön suorittamiseksi. Lopuksi ohjausarvo on tallennettu TK01_TF01_PID_OUT-muuttujaan.



Kuva 29. Tuloilmakoneen lukitukset, Auto/Man-valitsin ja moottorinohjaus.

Kuten oli tehtynä VAK3:ssa, myös VAK2:ssa on toteutettu lukitukset ja auto/manuaalivalitsin. Säättöpiiristä saatu tieto tuodaan moottorinohjauslohkolle `TK01_TF01_FC`, joka lopuksi ohjaa ilmapumppua taajuusmuuttujan avulla. Poistoilmapuhallinta `TK01_PF01` ohjataan `TK01_TF01_PID_OUT`in avulla. Sen moottorinohjauslohko toimii samalla tavalla.

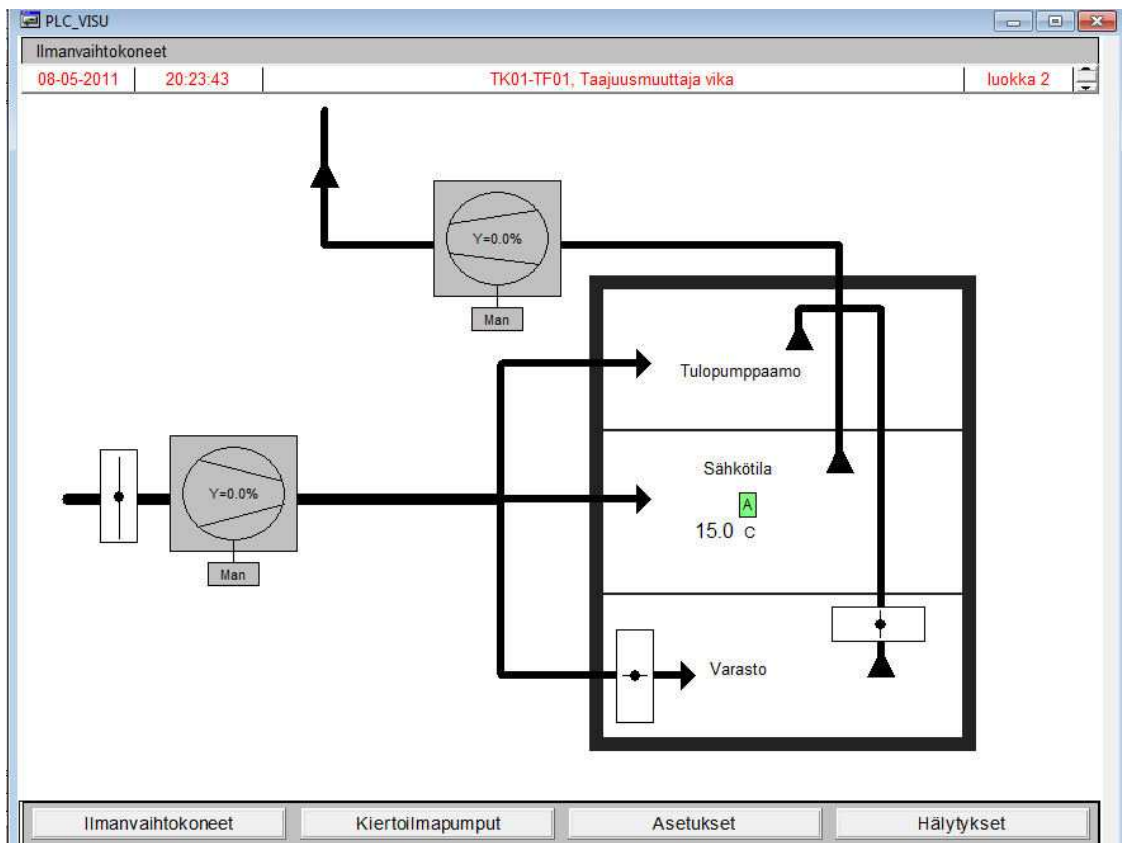
Tuloilmakoneen toimintaan liittyy paljon ilmapeltejä. Niiden toiminta on toteutettu yksinkertaisin set-reset-piirein kuten VAK3:ssa. Kuvasta 28 näkee, että `tOnDelay`-nastaan on asetettu moottorin käynnistysviiveeksi 60 sekuntia. Tämä johtuu siitä, että raitis- ja poistoilmapelit halutaan avata 60 sekuntia ennen kuin pumput käynnistyvät.

16 Käyttöliittymien luonti alakeskuksille

Jotta alakeskusta ja sen toimintoja voidaan ohjata järkevästi ja yksinkertaisesti, luotiin sille käyttöliittymä. Sitä on tarkoitus käyttää alakeskukseen asennettavasta kosketuspaneelistä (ks. kuva 30) tai valvomosta PC:ltä. Käyttöliittymää voidaan ohjata internetselaimen avulla, jolloin käyttö esimerkiksi kannettavalla tietokoneella tai etäkätöllä on erityisen kätevää.



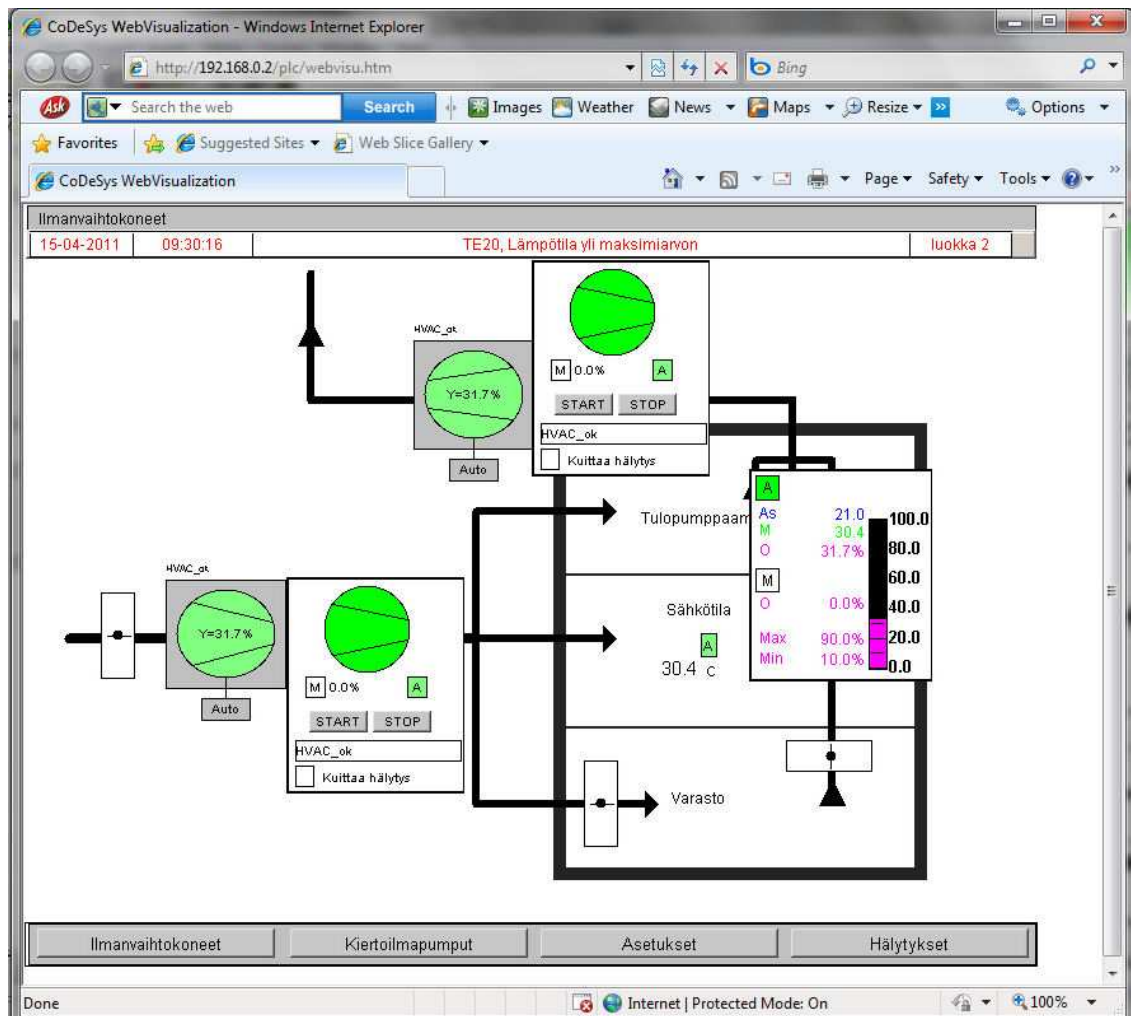
Kuva 30. Kosketuspaneeli testissä.



Kuva 31. VAK3:n päänäyttö.

Kuvassa 31 näkyy VAK3:n päänäyttö. Siinä on kuvattuna tuloilmakone TK01_TF01 ja poistoilmakone TK01_PF01 ja niihin liittyvät toiminnot kuten ilmapellit. Ikkunasta näkee ylhäältä uusimmat hälytykset, ja ne pystytään kuittaamaan myös samasta kohtaa.

Ikkunan alareunassa on valikko, josta pääsee muihin ikkunoihin. Kuvassa 32 on sama ikkuna Internet Explorer –internetselaimessa.



Kuva 32. Käyttö internetselaimessa.

Kuvan 27 tilanteessa ohjelmoitavaan logiikkaan on liitetty lämpötila-anturi, jota lämmitettiin kädellä simulointimielessä. Logiikka siis luulee, että huoneen lämpötila on 30,4 °C ja säätöohjelmien ansiosta puhaltimet alkavat toimia ja pyrkivät laskemaan lämpötilaa.

Molemmista moottoreista on avattuna niiden piiri-ikkunat. Näistä ikkunoista voidaan ohjata moottorien käynnistystä, ja siinä myös näkyvät moottorien hälytykset. Huoneen lämpötilaa painettaessa päästään asettamaan asetusarvoa huoneen lämpötilalle. Siitä voidaan asettaa ohjaus automaattiseksi tai manuaaliseksi. Samalla voidaan ajaa puhaltimia halutulla nopeudella (nopeus on sidottu toisiinsa, joten voidaan ajaa

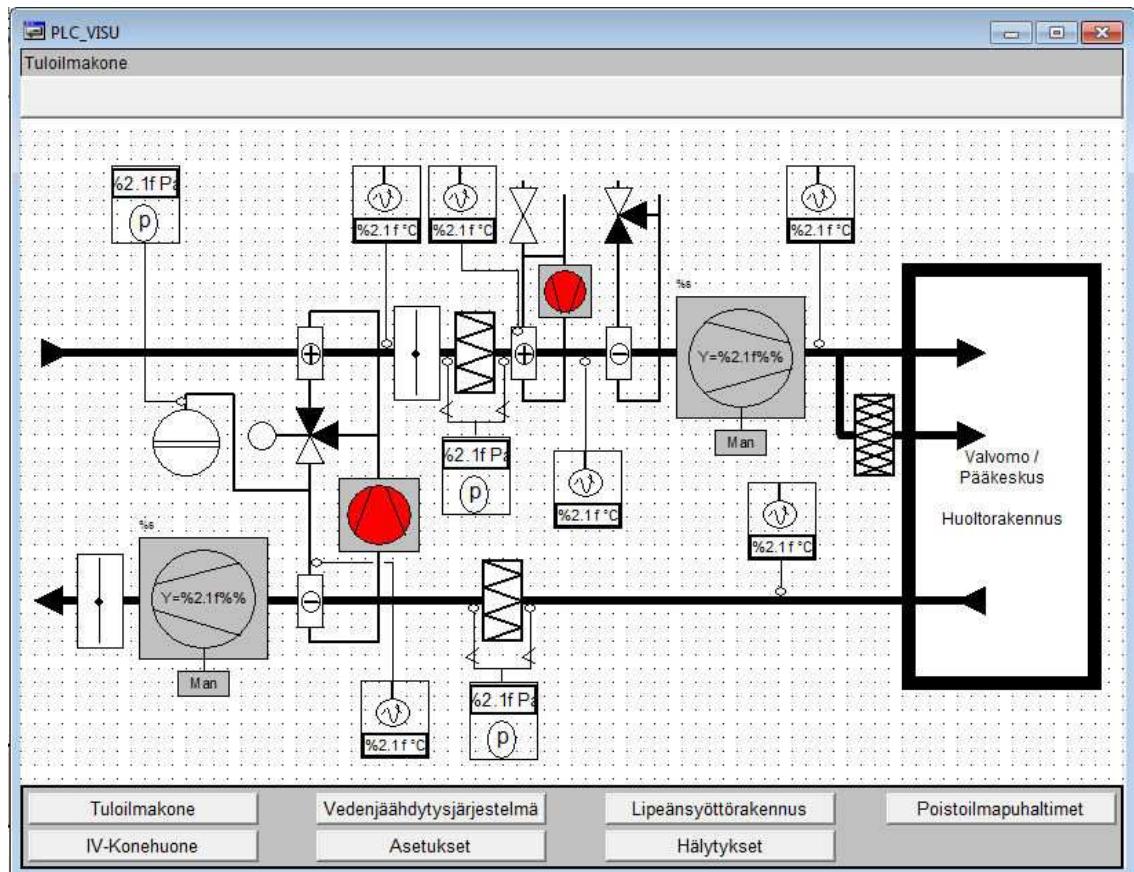
samasta ikkunasta). Lisäksi puhaltimelle voidaan antaa tästä maksimi- ja miniminopeusarvo.

Kuvassa 32 näkyy samoin käyttöliittymän käyttö internetselaimessa. Valvomoikkunaan pääsee käsiksi, kun internetselaimen osoiteriviin kirjoitetaan ohjelmoitavan logiikan IP-osoite.

Käyttöliittymien toimintojen luonti

Käyttöliittymän useimmat piirrosmerkit on piirretty itse. Internetistä ladattavista ilmaisista kirjastoista löytyy lisäksi paljon erilaisia piirrosmerkkejä ja toimintoja käyttöliittymän rakentamiseen. Joidenkin komponenttien toiminta on hyvin yksinkertaista, esimerkiksi ilmapeltien auki- ja kiinni-tilojen indikoinnissa on kaksi kuvaa päällekkäin, toinen kuvaa pellin auki-tilaa ja toinen kiinni-tilaa. Kun saadaan tieto logiikalta, että ilmapelti on auki, piilotetaan päällimmäisenä oleva kiinni-kuva. Tällöin alta paljastuu auki-kuva.

Mittausnäytöt on toteutettu valmiilla toiminnoilla. Lämpötilamittauksille ja painemittauksille on erilaiset mittausnäytöt. Niiden toiminta on yksinkertaista ja niihin liitetään vain skaalattu mittausarvo.



Kuva 33. VAK2:n käyttöliittymän pääikkuna (tuloilmakone).

VAK2:n päänäytössä, jossa on kuvattuna tuloilmakone, on monta mittausnäyttöä. Koska kuvan 28 tilanteessa ei ole simulointi päällä, mittausnäytöt näyttävät koodia %2.1f. Sillä on tarkoituksena määrittellä, kuinka monen desimaalin tarkkuudella mittausarvo näytetään, ja tässä tapauksessa se on yhden desimaalin tarkkuudella kaikissa mittauksissa.

17 Päätelmiä projektista

Työ aloitettiin käymällä ja tutustumalla HI-Automation Oy:hyn. Ensimmäisessä palaverissa kuvattiin projektia, mutta tässä vaiheessa ei ollut vielä varmuutta tilaako Lohjan jätevedenpuhdistuslaitos HI-Automation Oy:lta kyseistä projektia. Tarkoituksena oli tässä vaiheessa kuitenkin aloittaa työt, ja jos tilausta ei olisi saatu, olisi opinnäytetyö suoritettu niin sanottuna tutkimustyönä, jossa ohjelmoidaan yksi

kuvitteellinen alakeskus ja sen toiminnot. Tilaus kuitenkin saatiin ja projekti kasvoi useampaan alakeskukseen.

Lähteet

- 1 PID-säädin (Analogisen säädön verkkokurssi). Verkkodokumentti.
<http://autsys.tkk.fi/pub/control.tkk.fi/Kurssit/Verkkokurssit/AS-74.2111/simulointi/oppitunti5/pid.html>. Luettu 15.3.2011.
- 2 Pirinen, Jukka. 2009. Säättö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 3 Rakennusautomaatiojas, BAFF. Verkkodokumentti.
<http://www.automaatioseura.fi/index/toiminta.php?id=1004&sivu=d8bf6c97>.
Luettu 29.3.2011.
- 4 Mäkinen, Rauli. Rakennusautomaatioprojektin toteutus automaatiojärjestelmällä.
2010. Opinnäytetyö.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12935/Makinen_Rauli.pdf?sequence=2. Luettu 29.3.2011.
- 5 Rakennusautomaatiolla saavutettavissa olevat hyödyt. 2005.
http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/BAFF_%20hyodyt.pdf. BAFF.
Luettu 29.3.2011.
- 6 Sensorin valmistama PT100-lämpötila-anturi.
http://www.cnte.fi/uploads/images/PT100_4N.jpg
- 7 Värjä, Pertti ja Mikkola, Jukka-Matti. 1999. Uusi kiinteistöautomaatio. Mikro-oppi.
- 8 Paavilainen, Antti. 2011. Rakennusautomaatio. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 9 Harju, Pentti. 2002. Talotekniikan automaatio, mittaus ja säättö. Penan Tieto-Opus Oy.
- 10 Nestekiertoinen lämmönsiirrin. <http://www.flaktwoods.fi/b3b47a29-d8c8-41a7-813a-032b5eb52eb9>
- 11 Ohjelmoitava logiikka Wago 750-881 ja siihen liitettyjä I/O-kortteja.
http://www.automatisering.org/upload_images/A743D58C1AAD4194BF6F935183E945B1.jpg