

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KIINTEISTÖHALLINTA-OPPIMISYMPÄRISTÖN KEHITTÄMINEN OPE- TUSKÄYTTÖÖN

TEKIJÄ Juho Puustinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Juho Puustinen			
Työn nimi Kiinteistöhallinta oppimisympäristön kehittäminen opetuskäyttöön			
Päiväys	15.05.2022	Sivumäärä/Liitteet	46/2
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia Ammattikorkeakoulu			
Tiivistelmä Työ suoritettiin Savonia Ammattikorkeakoululle. Työn tavoite oli rakentaa oppimisympäristö, joka palvelisi kiinteistöhallinnan opetuskäytössä. Tarkoituksena olisi päästä perehdyttämään oppilaat alan tärkeimpiin prosesseihin ja tuoda esille käytännön näkökulmasta automaation säätötekniikoita ja niiden toimivuutta.  Työhön sisältyi suunnittelua, rakentamista ja ohjelmointia. Työn suorittajalla on monipuolinen tausta rakennusautomaatioalan töistä Schneider Electricin alaisuudessa, joten työn kaikki elementit ovat tuttuja jollakin tasolla. Suunnittelussa pyrittiin ottamaan huomioon tilaajan taloudellinen kapasiteetti ja opetustilojen koko. Pohdittiin minkälainen ratkaisu olisi järkevä toteuttaa näiden kahden sallimissa rajoissa siten, että ympäristö olisi kuitenkin järkevä ja resursseja ei menisi hukkaan.  Lopputuloksena saatiin suhteellisen monipuolinen ympäristö, jossa yhdistyy automaation perusteet kuten säätötekniikka, perinteiset jänniteviestit ja erilaiset mittaustyyppit. Lisäksi ympäristöön saatiin monipuolisuutta erilaisilla väylätekniikoilla. Rakennusautomaation puolelta laitteistoiksi saatiin yksinkertainen tulopuhallin, jossa voidaan perinteiseen kanavapainesäätöön tutustua helposti. Lisäksi käytössä on pieni kuutiomallinen IV-kone. Tämä kone tarjoaa väylätekniikkaan tutustumista ja tuo esille miten erilainen luonne väyläkoneella on verrattuna perinteiseen IV-koneeseen. Työhön sisältyi myös rajapintojen luominen KNX-verkkoon ja paloilmotintekukukseen. Nämä tuovat oppilaiden lähettyville myös tärkeitä kiinteistöhallinnan piirteitä, kuten valo-ohjaukset ja palohälytykset, jotka voidaan paikantaa tiettyyn tilaan kiinteistössä.			
Avainsanat Rakennusautomaatio, säätötekniikka, väylä, ilmanvaihto, lämmitys, oppimisympäristö			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author(s) Juho Puustinen	
Title of Thesis Developing of a Learning System for Building Management Control	
Date 15 May 2022	Pages/Appendices 46/2
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Science	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The purpose of this thesis was to make a building management learning environment. The idea was to give students a way to learn and see the basic automation processes and how they behave in the field of building automation. This thesis was commissioned to Savonia University of Applied Sciences as a development and building project.</p> <p>Work would include planning, building, and programming. The author's work experience at Schneider Electric gave a good understanding about the subject. In the planning phase the first thing to do was to find the financial and operational space capabilities of Savonia. Still, the idea was to build a system that would not waste any resources and would be easy to move around.</p> <p>As a result of this thesis a good and versatile learning environment was built. It includes the basic of automation systems including basic voltage messages and different kind of measuring systems. It also includes Modbus and BACnet technology which are used commonly in building automation systems. There are two different kind of ventilation machines. One is a simple pressure controlled, an EC-motor operated blower that can easily demonstrate the basics of this kind of control. The second machine is a Modbus package ventilation blower. This brings the technology of Modbus, registers, and different kind of programming to students. There are two more interfaces included in the project. One is a KNX network that brings the basic light operation to the environment. Another is a fire detector system which is used commonly in large buildings and it can demonstrate how it can locate the fire easily to a precise position.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>Building automation, control engineering, bus, ventilation, heating, learning environment</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	8
1.1	Käsitteet.....	8
1.2	Opinnäytetyön merkitys.....	9
1.3	Työn vaiheet.....	9
2	TEORIA .....	11
2.1	Kiinteistöhallinta. Mitä se on?.....	11
2.1.1	Lämmönjakokeskus .....	11
2.1.2	Ilmanvaihto.....	13
2.2	Historia .....	14
2.3	Ohjelmoinnin ja säädön perusteet.....	15
2.3.1	Ohjelmointi .....	15
2.3.2	Säätötekniikka PID-Säädin .....	17
3	SUUNNITTELU .....	20
3.1	Valvonta-alakeskus .....	20
3.2	Kuutio IV-kone.....	21
3.3	Tulopuhallin.....	22
3.4	Rajapinnat.....	23
4	RAKENTAMINEN.....	24
4.1	Valvonta-alakeskus .....	24
4.2	Tulopuhallin.....	26
4.3	IV-Kone.....	29
4.4	Rajapinnat.....	30
5	OHJELMOINTI.....	32
5.1	Ohjelmoinnin aloittaminen .....	32
5.2	Automaatioserveri.....	33
5.3	Tulopuhallin.....	34
5.3.1	Säätötapa .....	35
5.3.2	Vikatilanteet ja käynnistys ohjelmat .....	38
5.4	Kuutio IV-Kone .....	40
5.5	Rajapinnat.....	41
6	YHTEENVETO JA POHDINTA .....	42

6.1	Fyysinen toteutus.....	42
6.2	Ohjelmiston toimivuus.....	42
6.3	Dokumentointi .....	42
6.4	Tavoitteiden onnistuminen.....	42
6.5	Jatkokehitys .....	43
	LÄHTEET .....	44
	LIITE 1 KUUTIO IV-KONEEN KÄYTTÖ- JA TYÖOHJE .....	45
	LIITE 2 TULOPUHALTIMEN KÄYTTÖ- JA TYÖOHJE .....	46

## KUVALUETTELO

KUVA 1 IV-verkoston säätökäyrä ulkolämpötilan mukaan, X-akselilla ulkolämpötila ja Y-akselilla IV-verkoston asetusarvo (Puustinen, IV-Verkoston säätökäyrä, 2022).....	12
KUVA 2 AND-blokin toiminta (Puustinen, AND-blokin toiminta, 2022) .....	15
KUVA 3 MUX-Blokki (Puustinen, MUX-Blokki, 2022) .....	16
KUVA 4 XPR-Blokki. Tulon ollessa yli 20, muuttuu lähtö todeksi (Puustinen, XPR-Blokki, 2022). .....	16
KUVA 5 Curve-blokki ja sen luoma käyrä (Puustinen, Curve-blokki, 2022).....	16
KUVA 6 PID-säädin (Puustinen, PID-säädin, 2022) .....	17
KUVA 7 PID-säätimen laskenta (Vandoren, 2016).....	18
KUVA 8 PID lohkokaavio (Sähkötieto Ry, 2018).....	19
KUVA 9 Kaaviorakenne (Puustinen, Kaavio rakenne, 2022) .....	20
KUVA 10 Kuutiokoneen sisäpuoli (Puustinen, Kuutiokoneen sisäpuoli, 2022) .....	21
KUVA 11 Kuutio IV-Kone grafiikka (Puustinen, Kuutio IV-kone grafiikka, 2022) .....	22
KUVA 12 Tulopuhallin grafiikka (Puustinen, Tulopuhallin grafiikka, 2022).....	23
KUVA 13 Riviliitinkotelo (Puustinen, Riviliitinkotelo, 2022) .....	24
KUVA 14 VAK pikaliittimet (Puustinen, VAK-pikaliittimet, 2022) .....	24
KUVA 15 Valvonta-alakeskus (Puustinen, Valvonta-alakeskus, 2022) .....	25
KUVA 16 Valvonta-alakeskuksen ovi (Puustinen, Valvonta-alakeskus, 2022).....	26
KUVA 17 Tulopuhallin painemittaus (Puustinen, Tulopuhallin painemittaus, 2022) .....	26
KUVA 18 EC-moottori, peltimoottori ja tuloilmaventtiili (Puustinen, EC-moottori, peltimoottori ja tuloilmaventtiili, 2022).....	27
KUVA 19 MP-C, muuntaja ja riviliittimet (Puustinen, MP-C, muuntaja ja riviliittimet, 2022) .....	27
KUVA 20 Tulopuhallin johdotettuna (Puustinen, Tulopuhallin johdotettuna, 2022) .....	28
KUVA 21 Vikatilanteiden painikkeet (Puustinen, Vikatilanteiden painikkeet, 2022) .....	28
KUVA 22 Käynnistyspainike ja RJ45-pikaliitin (Puustinen, Käynnistyspainike ja RJ45-pikaliitin, 2022) .....	29
KUVA 23 Valmis tulopuhallin (Puustinen, Valmis tulopuhallin, 2022) .....	29
KUVA 24 Painemittaukset (Puustinen, Painemittaukset, 2022).....	30
KUVA 25 Kuutio IV-koneen lämpötila-anturi, iris-pelti ja peltimoottori (Puustinen, IV-koneen lämpötila-anturi, irispelti ja peltimoottori, 2022). .....	30
KUVA 26 Paloilmoitinkeskus (Puustinen, Paloilmoitinkeskus, 2022) .....	31
KUVA 27 SpaceLynk adapteri (Puustinen, SpaceLynk adapteri, 2022) .....	31
KUVA 28 Project Configuration Tool (Puustinen, Project Configuration Tool, 2022).....	32
KUVA 29 Yleistä kansio (Puustinen, Yleistä kansio, 2022).....	33
KUVA 30 BACnet väylä asetukset (Puustinen, BACnet väylä asetukset, 2022).....	34
KUVA 31 Käynnistys ohjelma (Puustinen, Käynnistys ohjelma, 2022).....	35

KUVA 32 Säättöpaneelin säätötila arvot (Puustinen, Säättöpaneelin säätötila arvot, 2022) .....	36
KUVA 33 Painesäädön tehostusohjelma (Puustinen, Painesäädön tehostusohjelma, 2022) .....	37
KUVA 34 Tulopuhallin grafiikka ja raja-arvot (Puustinen, Tulopuhallin grafiikka ja raja-arvot, 2022) .....	37
KUVA 35 Vikatilanne 1 (Puustinen, Vikatilanne 1, 2022).....	38
KUVA 36 Vikatilanne 2 (Puustinen, Vikatilanne 2, 2022).....	38
KUVA 37 Vikatilanne 3 (Puustinen, Vikatilanne 3, 2022).....	38
KUVA 38 Vikatilanne 4 (Puustinen, Vikatilanne 4, 2022).....	39
KUVA 39 Vikatilanne 5 (Puustinen, Vikatilanne 5, 2022).....	39
KUVA 40 Modbus-väylä asetukset (Puustinen, Modbus-väylä asetukset, 2022) .....	40
KUVA 41 Ilmamäärän säätäminen ohjelma (Puustinen, Ilmamäärä säätimen ohjelma, 2022) .....	41

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Käsitteet

HVAC-järjestelmä = Rakennusautomaation perusta. Tulee sanoista Heating, Ventilation ja Air Conditioning. Eli lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointi.

IV-verkosto = Ilmanvaihto-verkosto. Verkostossa vietään lämpöenergiaa ilmanvaihtokoneiden lämpöpattereille lämmönjakokeskukselta.

LTO = Lämmöntalteenotto. Ilmanvaihtokoneissa käytettävä prosessin osa, jossa ulosvietävästä likaisesta ilmasta pyritään ottamaan talteen mahdollisimman paljon lämpöenergiaa.

Poistoilma = Huoneesta pois imettävä ilma, jossa on mukana lämpöenergiaa, hiilidioksidia, kosteutta ja kohteen mukaan muitakin epäpuhtauksia, kuten taudin aiheuttajia.

Tuloilma = Huoneeseen ohjattu puhdas ilma, joka on lämmitetty tai jäädytetty haluttuun lämpötilaan.

Jäätymissuoja = Tarkkailee lämpötila-anturin avulla IV-koneen lämmityspatterilta lähtevää nesteen lämpötilaa. Tämän lämpötilan laskiessa liian alas, pysäyttää jäätymissuoja koneen.

FunctionBlock ohjelmointi = Graafinen ohjelmointityyppi, jossa käytetään erilaisia valmiita blokkeja, joiden toiminta on määritetty etukäteen tietyntylaiseksi.

PID-säädin = Tulee sanoista proportional, integral ja derivative. Hyvin yleinen säädin tyyppi, jolla pystytään prosessia säätämään ja kontrolloimaan. Pyrkii poistamaan säätövirheen, eli poikkeaman mitattavan suureen ja sen asetusarvon välillä.

UI-moduuli = Tulee sanoista Universal Input. Tällaiseen moduuli tyyppiin voidaan tuoda jännite- tai virtaviestejä, jotka saavat reaaliarvoja, mutta myös binääriarvoja. Esimerkki reaaliarvosta voisi olla kanavapainemittaus, joka antaa jännitearvon välillä 0–10 V.

DI-moduuli = Tulee sanoista Digital Input. Tällaiseen moduuli tyyppiin voidaan tuoda vain digitaalista tietoa. Eli joko tulo saa arvon 0 tai 1, jolloin puhutaan binääritulosta. Perinteinen esimerkki olisi tieto, että kytkin on kiinni, jolloin tulo olisi yksi. Jos kytkin olisi auki, olisi tulo 0.

DO-moduuli = Tulee sanoista Digital Output. Lähtö on binäärilähtö ja tällöin ohjaus on joko päällä tai pois päältä. Perinteinen ohjaus on valon sytyttäminen tai sammuttaminen.

AO-moduuli = Tulee sanoista Analog Output. Lähtö on reaaliarvon saava jänniteviesti, jolla pystytään säätämään esimerkiksi venttiilejä.

Iris-pelti = Ilmanvaihtokanavaan asennettava pelti, jota voidaan säätää kiinni tai auki. Tällä voidaan rajoittaa ilmavirtausta, jolla saadaan luotua kanavaan paine-eroa, esimerkiksi ilmamäärämittauksia varten. Toiminta muistuttaa hieman iiriksen toimintaa, josta nimi tulee.

AS-P = Automation Server Premium. Tehokkaampi versio aikaisemmin käytössä olleesta Automation Serveristä. Työssä käytettävä automaatio serveri, joka kuuluu Schneider Electricin SmartX Controller tuoteperheeseen ja on suunniteltu rakennusautomaatio käyttöön.



PCT = Project Configuration Tool. Mahdollistaa virtuaalisen serverin luomisen tietokoneelle, jolloin ohjelmointi ja simulointi voidaan tehdä ilman fyysistä laitetta.

Radiaattori = Huoneistossa sijaitsevat lämmityspatterit.

## 1.2 Opinnäytetyön merkitys

Nykypäivänä kiinteistöhallintajärjestelmät ovat yleistyneet todella nopeasti. Suurissa kiinteistöissä on käytetty hallintajärjestelmiä pidemmän aikaan, mutta nykyään myös kerros- ja omakotitalojen automatisointi erilaisilla järjestelmillä on yleistynyt. Tarve näiden järjestelmien ymmärtämiseen, korjaamiseen ja luomiseen on jatkuvasti kasvamassa. Tarve oppimisympäristön luomiselle opetuskäyttöön on siis huomattava, jotta opiskelijat voisivat saada tästä kasvavasta teknologian alueesta paremman ymmärryksen jo koulussa. Tämä valmistaa heidät paremmin työtehtäviin kyseisten järjestelmien kanssa työskentelyssä. Savoniolla ei ole aikaisemmin ollut käytössä minkäänlaista rakennusautomaation oppimisympäristöä. Koska ammattikorkeakouluopiskelijan ja varsinkin insinöörin pitää oppia soveltamaan teoriaa käytäntöön, on tämänkin takia tällaisen ympäristön luominen tarpeellista. Tästä syntyi tarve ja siitä muotoutui työn tavoitteet.

Työ on toteutettu yhteistyössä Schneider Electricin kanssa, jossa työn tilaajalla on työhistoriaa ja jossa opinnäytetyön tekijä työskentelee työn teko hetkellä. Näin molemmilla on hyvä käsitys siitä, mitä alalla tehdään ja mitkä tarpeet voisivat olla. Lisäksi opinnäytetyön tekijällä on täysi pääsy kaikkiin ohjelmointityökaluihin ja -kirjastoihin, mikä mahdollistaa työn suorittamisen. Lisäksi työnkautta tekijällä on ohjelmointi osaamista, mitä ilman työtä ei välttämättä pystyttäisi toteuttamaan.

## 1.3 Työn vaiheet

Opinnäytetyö on pääasiassa kehitystyötä. Työssä suunnitellaan, rakennetaan ja ohjelmoidaan toimiva ja monipuolinen oppimisympäristö. Tämä antaisi perusymmärrystä kiinteistöhallintajärjestelmiin tarjoamalla mahdollisuuden soveltaa teoriaa käytäntöön.

Työ aloitetaan keskustelemalla tilaajan kanssa näkemyksistä työn toteuttamisesta. Kun saadaan selville resurssit ja tarpeet, voidaan alkaa suunnittelemaan ympäristöä. Yhteistyö tilaajan kanssa oli tiivistä, jotta ajatuksissa pysyttiin samalla viivalla. Kun oli selvillä mitä resurssit sallivat ja tilaaja halusi, alettiin pohtia komponenttien tarvetta. Työn suorittaja listasi mielestään tärkeät komponentit ja tilaaja hyväksyi listan. Ensin tarkastettiin varastosta löytyvät komponentit, jonka jälkeen tilaaja tilasi puuttuvat komponentit.

Komponenttien saamisen jälkeen suoritetaan ympäristön rakentaminen. Rakentaminen on nopeaa ja molemmilla osapuolilla on selvä yhteinen näkemys rakentamisen kokonaisuudesta. Koska työn suorittajalla on tässä vaiheessa suhteellisen hyvä kokemus alan töistä, on kenttälaitteiden asentaminen ja kytkeminen helppoa.

Ohjelmointivaihe aloitetaan, kun ympäristö on fyysisesti valmis. Ohjelmoinnin aikana molemmilla osapuolilla nousee jatkuvasti uusia ideoita oppimisympäristön parantamiseksi. Viikoittainen kommunikointi ja työn jatkuva esittely tilaajalle on hyödyksi työn edetessä. Erilaisiin puutteisiin ja erimielisyyksiin pystytään puuttumaan välittömästi, eikä työaikaa mene hukkaan. Työn suorittajan kokemus ohjelmointityöstä ja kollegoilta saatu tekninen tuki ovat suuressa roolissa työn nopeaan etenemiseen

ja sen onnistumiseen. Lisäksi työssä on käytetty valmispohjia, jotka on saatu Schneider Electric omasta kirjastosta ja näiden pohjien käyttöön tässä työssä on saatu lupa. Mikäli tekijä olisi pelkän julkisessa jakelussa olevan tiedon varassa ja ilman kokemusta järjestelmästä, olisi työ huomattavasti vaikeampi toteuttaa.

## 2 TEORIA

### 2.1 Kiinteistöhallinta. Mitä se on?

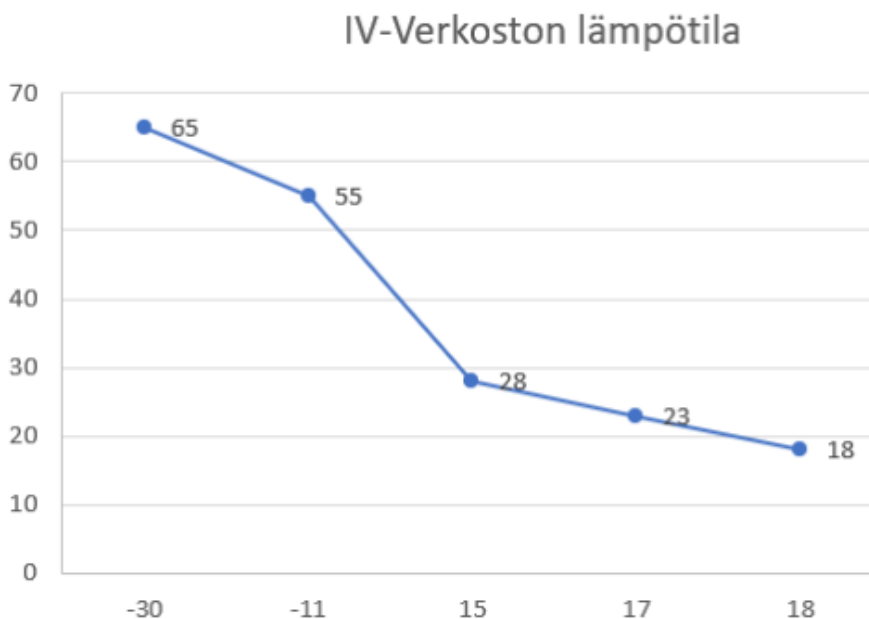
Kiinteistöhallintajärjestelmillä pyritään nimensä mukaisesti hallitsemaan erilaisten kiinteistöjen toimintaa automaattisesti ja tehokkaasti. Rakennusautomaatio on yksi osa-alue kiinteistöhallintajärjestelmässä ja sillä tarkoitetaan HVAC-järjestelmiä. Tämä tulee sanoista Heating, Ventilation ja Air Conditioning, eli lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointi. Yleensä myös esimerkiksi rikos- ja palohälytykset voidaan yhdistää rakennusautomaatio järjestelmään (Designing Buildings, 2022).

Kiinteistöhallintajärjestelmästä puhuttaessa, puhutaan hieman laajemmasta kokonaisuudesta. Yleensä järjestelmään on tällöin liitetty myös erilaisia valo- ja oviohjauksia. Myös esimerkiksi kiinteistön autopaikkojen lämmitystolpat voidaan ohjata päälle tiettyyn kellonaikaan. Näiden lisäksi on hyvin yleistä, että kulunvalvonta on yhdistetty tähän järjestelmään ja sillä voidaan hallita suurten kiinteistöjen kulkuoikeuksia eri alueilla. Sähköiset kulkutunnisteet ovat yleistyneet nopeasti ja niillä on helppo myöntää ja poistaa kulkuoikeuksia ihmisiltä tarpeen mukaan.

Alla on esitetty rakennusautomaation kaksi tärkeintä ”kulmakiveä”, lämmönjako ja ilmanvaihto. Kuten aikaisemmin kerrottiin, rakennusautomaatio käsittää lämmityksen, ilmanvaihdon ja ilmastoinnin. Näillä kahdella järjestelmällä saadaan nämä kaikki toteutettua tarvittaessa. Lämmönjakokeskuksesta voidaan ohjata lämpöenergiaa kiinteistön tarpeisiin, kuten radiaattoreihin ja IV-koneille. IV-koneilla voidaan liikuttaa tehokkaasti ilmaa kiinteistön eri osiin ja sieltä pois, tällä saadaan siis toteutettua ilmanvaihto. Tarvittaessa IV-koneisiin voidaan liittää myös esimerkiksi jäähdytys, ilmankuvain tai ilmankostutin. Tällöin IV-kone täyttää ilmastoinnin kriteerit.

#### 2.1.1 Lämmönjakokeskus

Järjestelmään liitetään lämmönjakokeskus, joka usein sijaitsee kiinteistön kellarissa, kiinteistön tulevien lämpöjohtojen läheisyydessä. Täältä lämpöenergiaa jaetaan kiinteistön eri osiin. Lämmönjakokeskuksessa on yleensä kolme itsenäistä verkostoa, jotka ovat patteriverkosto, ilmanvaihtoverkosto ja käyttövesiverkosto. Nämä verkostot saavat varsinkin isossa kiinteistössä lämpöenergiansa kaukolämpöverkostosta. Tästä lämpöenergia ohjataan säädettävän venttiilin ja lämmönvaihtimen kautta kiinteistön omiin verkostoihin (Sutinen, 2020). Näissä verkostoissa on jokaisessa oma lämpötilamittauksensa, jonka avulla seurataan verkoston lämpötilaa ja pyritään pitämään se asetusarvossaan. Patteri- ja IV-verkostoa säädetään ulkolämpötilan mukaan. Kovalla pakkasella lämpötilaa nostetaan, kun taas kesällä järjestelmät pidetään viileänä, koska lämmitys tarvetta ei ole (KUVA 1). Kuvasta nähdään ulkolämpötilan (X-akseli) laskiessa, alkaa IV-verkoston asetusarvo (Y-akseli) nousemaan ja kun ulkona on lämmintä, IV-verkoston asetusarvo on matalalla.



KUVA 1 IV-verkoston säätökäyrä ulkolämpötilan mukaan, X-akselilla ulkolämpötila ja Y-akselilla IV-verkoston asetusarvo (Puustinen, IV-Verkoston säätökäyrä, 2022).

Patteri- ja IV-verkostossa on painemittaukset, joilla pystytään seuraamaan, että verkostossa on riittävä paine. Ilman painetta, ei neste pääsisi nousemaan verkostossa korkeimpiin pisteisiin. Lisäksi verkostoissa on kalvopaisunta-astiat, jotka tasaavat lämpötilan muutoksista johtuvaa paineen vaihtelua. Riittävän paineen muodostuminen on tärkeää varsinkin IV-verkostossa, koska lämpöenergian katkeaminen IV-koneen lämmityspatterilta voisi johtaa patterin jäätymiseen. Käyttövesiverkoston paine syntyy vesilaitoksen verkostosta, eikä siihen juurikaan voida itse vaikuttaa. Sen takia tässä verkostossa ei yleensä käytetä paineenmittausta. Lisäksi käyttöveden katkeaminen ei johda yleensä vakaviin laitteistojen rikkoontumiseen.

IV-verkoston tehtävä on ohjata lämpöenergiaa kiinteistön ilmanvaihtokoneiden lämpöpattereihin. Näistä lämpöenergia siirtyy ilmapirtaan, joka sitten ohjataan kiinteistön eri tiloihin ilmanvaihtokanavia pitkin.

Patteriverkostolla lämmitetään kiinteistössä olevia radiaattoreita. Yleensä radiaattoreissa on vielä huonekohtaiset säätimet, jotka yleisesti ovat käsin säädettäviä käyttäjän oman mieltymyksen mukaan. On myös mahdollista liittää nämä radiaattorit automatiikan perään.

Käyttövesiverkosto pitää kiinteistön hanasta tulevan ja kierossa olevan veden sopivan lämpimänä. Lämpötilan pitää olla riittävän korkea, etteivät bakteerikannat pääsisi kasvamaan. Esimerkiksi legionellabakteeri kuolee 55°C vedessä muutamassa kymmenessä minuutissa. Tämä onki yleinen asetusarvo käyttövedelle. Toisaalta lämpötilaa ei voida turvallisuus syistä nostaa liian korkeaksi. Olisi mahdollista, että varsinkin lapset ja vanhukset voisivat vahingoittaa itseään kiehuvalle vedelle (Talotekniikka Info, 2019).

## 2.1.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdossa käytetään usein omia isoja puhallinkoneita, jotka sijaitsevat isoissa kiinteistöissä yläkerrassa, niiden suuren koon takia. Katto on helppo aukaista ja nostaa laitteisto nosturilla sisään, mikäli siihen on tarvetta. Keskeiset komponentit koneissa ovat ulkopellit, suodattimet, lämmityspatteri, lämmöntalteenotto, puhaltimet ja mahdollisesti jäähdytyspatteri.

Ulkopeltien tehtävä on katkaista ulkoilman virtaus koneeseen, kun se on pysähtynyt. Näin estetään kylmän ilman, hyönteisten ja muun ylimääräisen pääseminen järjestelmään, mutta myös lämpöenergian karkaaminen ulos.

Ilmanvaihtokanavissa on suodattimet, jotka suodattavat epäpuhtauksia ilmasta. Ulkoilmassa on runsaasti erilaisia epäpuhtauksia, kuten katu- ja siitepölyä, sekä hyönteisiä. Näitä epäpuhtauksia ei haluta ilmanvaihtokoneen mekanismeihin, koska ne aiheuttaisivat tukkeutumista ja nämä epäpuhtaudet voisivat kulkeutua ilmavirran mukana kiinteistön sisälle. Myös poistokanavassa on suodatin, joka estää kiinteistöstä poistuvassa ilmassa olevien epäpuhtauksien kulkeutumista koneen osiin.

Lämmöntalteenottojärjestelmä eli LTO on laitteisto, jolla ulos vietävästä ilmasta pyritään ottamaan talteen mahdollisimman paljon lämpöenergiaa. LTO-järjestelmiä on useita, joista yleisimmät ovat kuutio eli levylämmönsiirrin, kiekko ja nestekiertoiset järjestelmät. Jokaisella on omat etunsa ja käyttötarkoituksensa. Suurimman kriteerin valinnan suhteen, asettaa tuloilman laatu. Mikäli poistoilma ei saa sekoittua tuloilman kanssa, asettaa se rajoitteita (Talotekniikka Info, 2019). Yleensä esimerkiksi sairaalaympäristössä erilaiset bakteerit ja epäpuhtaudet eivät saa missään nimessä päästä tuloilmaan altistamaan muita kiinteistössä olevia henkilöitä. Kuutiojärjestelmä tarjoaa suhteellisen hyvän hyötysuhteen, mutta kostea poistoilma kondensoituu kylmällä säällä laitteistoon. Tästä voi seurata esimerkiksi jään kertymistä, mikä voi jopa tukkia järjestelmän ja lisäksi kosteus voi toimia kasvualustana erilaisille pieneliöille. Kiekkojärjestelmä tarjoaa hyvän hyötysuhteen, mutta kiekko kuljettaa helposti epäpuhtauksia tuloilmaan. Nestekierto mahdollistaa täysin varman keinon siirtää lämpöenergiaa ilman vaaraa saastumisesta. Huonona puolena on laitteiston monimutkaisuus, heikko hyötysuhde ja hinta. Lisäksi esimerkiksi kosteuden siirtämistä poistoilmasta tuloilmaan voisi olla hyötyä, mutta tällä järjestelmällä se ei onnistu. Toisaalta nesteen avulla voidaan lämpöenergiaa siirtää helposti myös hieman pidempi matka, mikä muilla järjestelmillä ei onnistu. Tällöin tulo- ja poistokanavien ei tarvitse olla toisissaan kiinni (Ilmanvaihto ja ilmastointitekniikka, 2019).

Lämpöpatterin tehtävä on lämmittää kiinteistöön ohjattu ilmavirta halutun lämpöiseksi. Hyvin yleistä on, että patteri on liitetty kiinteistön IV-verkostoon (2.1.1), mutta sähkökäyttöisiä lämmittämiäkin on olemassa. Mikäli kyseessä on nestekiertopatteri, on järjestelmässä lisäksi lämpötilamittaus ainakin paluupuolella ja venttiili säätämässä virtausta. Venttiiliä säädetään tuloilman lämpötilan mukaan, että saavutetaan haluttu asetusarvo. IV-verkoston lämpötila on yleensä huomattavasti korkeampi, kuin radiaattoreissa tarvittava lämpötila, koska IV-verkostolla lämmitetään kylmää tuloilmaa, joten lämpöenergian tarve on suurempi. Tällöin verkostoon tarvitaan ohitus, että neste IV-verkostossa pääsee kiertämään patterin ohi, jolloin patteriin menevää lämpöenergiaa voidaan säätää. Nesteen lämpötilaa seurataan paluupuolelta, jonka avulla säädetään lämmitysventtiiliä rinnan tuloilman kanssa. Näistä kahdesta aina suurempi säätöarvo on määräävä. Turvatoimena mittaus on liitetty jäätymissuojaan, joka pysäyttää koneen, mikäli paluuveden lämpötila on liian matala ja jäätyminen

olisi vaarana. Jäätyminen johtaisiin lämmityspatterin halkeamiseen, mikä olisi hyvin kallista ja aikaa vievää korjata.

Puhaltimia, joiden tehtävä on liikuttaa ilmassaa, pyöritetään sähkömoottoreilla. Yleisimmät moottorit ovat taajuusmuuttaja käyttöiset, kaksinopeus- tai EC-moottorit. Nykyään kaksinopeusmoottorit ovat katoamassa ja niitä on lähinnä vanhoissa kiinteistöissä. Puhaltimien nopeutta säädetään tarpeen mukaan, jolloin ilman virtausta kiinteistöön ja sieltä pois saadaan lisättyä tai vähennettyä tarpeen mukaan. Esimerkiksi yöllä voidaan koneet ajaa todella pienelle teholla tai jopa pysäyttää, mikäli näin halutaan. Päiväaikaan, kun käyttö on suurta, voidaan koneita ajaa täysillä. Monesti ilmanvaihdon tarvetta ohjaa eri olosuhteet, joita voidaan seurata antureilla, kuten liiketunnistimet, hiilidioksidipitoisuus, lämpötila ja kosteuden määrä.

## 2.2 Historia

Ennen kiinteistöhallintaa suoritti talonmies. Hän sääti lämmitystä tarpeen mukaan, availi ovia ja aukaisi ikkunoita, mikäli tarvittiin tuuletusta. Jossain vaiheessa teknologia mahdollisti sen, että talonmiehen tehtäviä pystyttiin korvaamaan automaatiolla. Kiinteistöjen lämmitys pystyttiin muuttamaan säätimen perään, jolloin järjestelmä itse lisäsi lämmitystä kylmällä ja vähensi sitä kesällä. Pikkuhiljaa järjestelmää alettiin laajentaa ja kiinteistöihin lisättiin automaattinen ilmanvaihto, jolloin kiinteistön käyttäjille saatiin puhdasta ilmaa ja esimerkiksi kosteutta pystyttiin ohjaamaan ulos. Aluksi ilma ohjattiin suoraan ulos, mutta energian hinnan alkaessa nousta ja ympäristöystävällisyyden tullessa esille alettiin suunnitella energiatehokkaita järjestelmiä, joissa lämpöenergia saataisiin tehokkaasti talteen.

Kun teknologia kehittyi, pystyttiin ihmisiä vaativia tehtäviä lisäämään enemmän ja enemmän automaation perään. Liiketunnistimet mahdollistivat energiatehokkaan valojen ohjauksen, jolloin valot eivät palaneet turhaan tiloissa, jossa käyttöä ei ole. Hiilidioksidianturit mahdollistivat nopean ilmanvaihdon lisäyksen tiloihin, jossa on paljon ihmisiä ja sen nopean vähentämisen ihmisten poistuessa tilasta. Energia on nykyään hyvin kallista, joten näitä ominaisuuksia kehitetään koko ajan tehokkaampaan suuntaan.

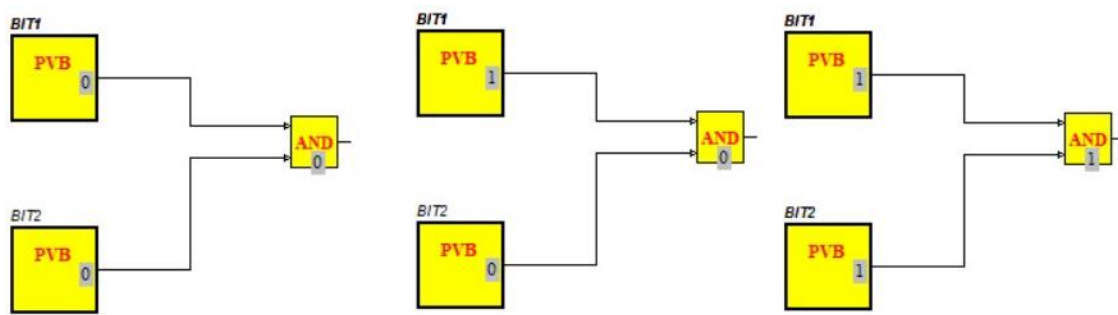
Nykyään rakennusautomaatiolla on oma hierarkkinen rakenteensa, jossa se jaetaan kolmelle tasolle. Nämä tasot ovat hallintotaso, automaatiotaso ja kenttätaso. Hallintotaso toimii käyttäjälle rajapintana järjestelmään ja sen alle voidaan lisätä useita kohteita, joko paikallistasolla suurissa kiinteistöissä tai jopa koko kaupungin kohteet yhteen valvomoon. Täältä pystytään seuraamaan prosesseja, muokata prosessin eri arvoja, mutta myös hälytykset näkyvät täällä käyttäjälle. Automaatiotaso pitää sisällään valvonta-alakeskukset ja muut itsenäiset säätölaitteet. Nämä ovat laitteistoja, joiden sisällä varsinaiset ohjelmat ovat ja ne seuraavat, sekä kontrolloivat prosesseja I/O-pisteiden ja väylien perässä olevien laitteiden avulla. Kenttätaso pitää sisällään erilaiset anturit ja toimilaitteet, jotka mittaavat ja kontrolloivat prosessia fyysisesti. Esimerkiksi lämpötila-anturit ja venttiilit kuuluvat kenttätasolle. Esimerkkinä tässä voidaan käyttää käyttövesiverkostoa. Kiinteistössä käyttäjä menee kuumaan suihkuun, josta seuraa käyttöveden verkoston lämpötilan laskeminen. Kenttätasolla olevassa lämpötila-anturissa tapahtuu muutos, jonka automaatiotasolla valvonta-alakeskuksessa oleva oh-

jelma havaitsee. Ohjelma pyrkii korjaamaan muutoksen ajamalla kenttätasolla olevaa lämmitysventtiiliä auki. Lämmitysventtiili on jostain syystä vioittunut, eikä lämpötila nouse, vaan jatkaa laske- mista. Automaatiotasolla oleva ohjelma havaitsee, että käyttövesi on mennyt hälytysrajalle ja tästä lähtee hälytystieto hallintatasolla olevaan valvomoon, jossa valvomohenkilökunta havaitsee ongelman. He voivat siten hälyttää kiinteistöhoitajan korjaamaan rikkoontuneen venttiiliin

## 2.3 Ohjelmoinnin ja säädön perusteet

### 2.3.1 Ohjelmointi

Kyseisen työn ohjelmointi toteutetaan FunctionBlock-ohjelmointityylillä, joka on graafinen ohjelmointikieli. Tässä ohjelmointi suoritetaan tuomalla näytölle erilaisia objekteja, joita kutsutaan blokeiksi. Näiden blokkien sisään on ohjelmoitu haluttu toiminto valmiiksi ja varsinaista tekstiä ei tarvitse luoda. Esimerkkinä AND-blokki (KUVA 2), jossa on kaksi tuloa ja yksi lähtö. Vasta molempien tulojen ollessa tosi, muuttuu lähtö todeksi.

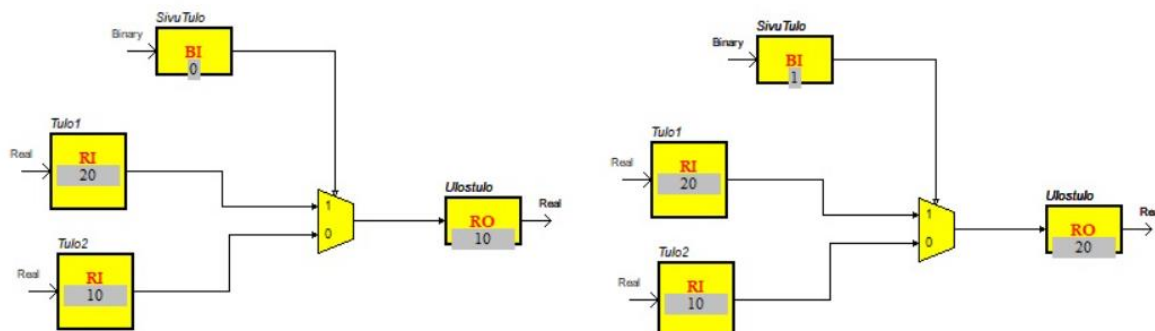


KUVA 2 AND-blokin toiminta (Puustinen, AND-blokin toiminta, 2022)

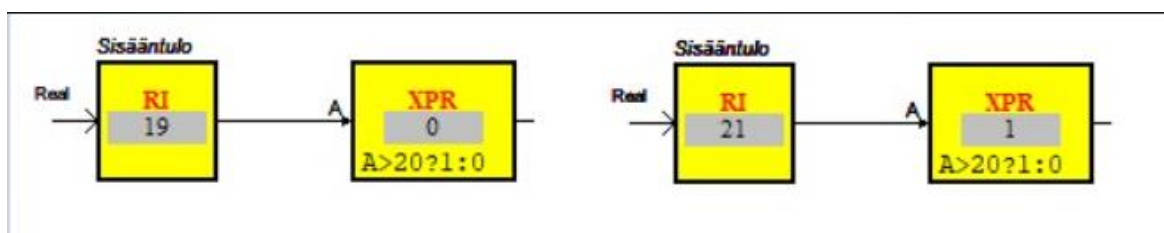
Perinteisiä objekteja ovat AND, OR, BI, BO, AI ja AO blokit, jotka ovat kaikkein yksinkertaisimpia ja helpoimpia ymmärtää toiminnaltaan. Näiden blokkien lisäksi oheisessa taulukossa on listattu yleisimpiä blokki tyyppejä, joita tässä työssä on käytetty ja selitetty niiden toiminta.

BI ja BO	Binäärinen sisään- ja ulostulo. Saa arvon 0 tai 1.
RI ja RO	Reaaliarvoinen sisään- ja ulostulo. Voidaan käyttää mittauksissa.
MUX	Blokki, jolla on kolme sisääntuloa. Kun kylkeen tuleva tulo on 0 (KUVA 3), saa ulostulo arvon, joka tulee 0 sisääntuloon. Kylkeen tulevan arvon ollessa 1, saa ulostulo arvon, joka on tulossa 1.
OR	Kaksi sisääntuloa ja yksi ulostulo. Jos toinen tai molemmat sisääntuloista on 1, on myös ulostulo 1.
XPR	Blokki, jonka sisään on mahdollista asettaa lyhyitä ja yksinkertaisia koodin pätkiä (KUVA 4).

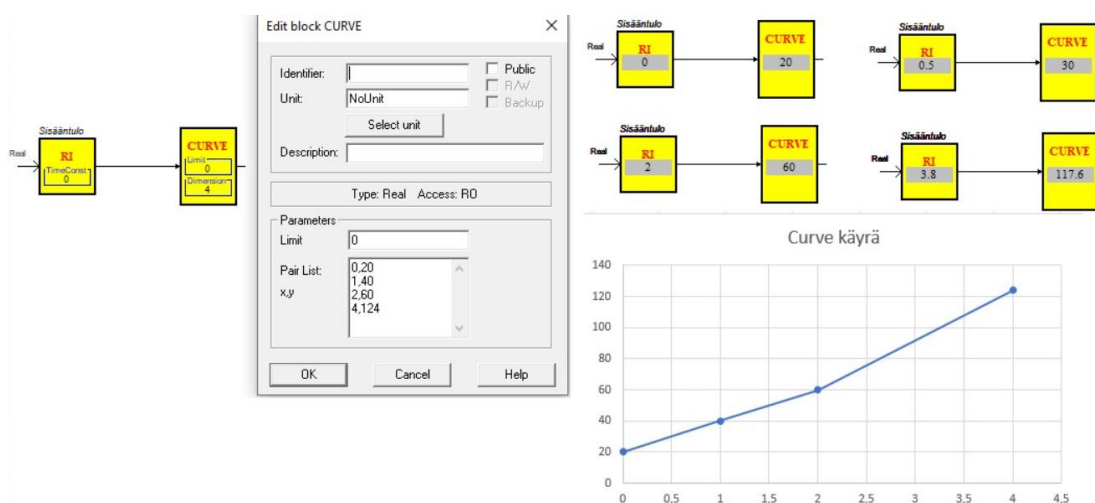
SR	Set/Reset blokki. Voidaan ohjata pulssilla lähtö pysyvästi aktiivisesti, kunnes Reset pulssi sammuttaa lähdön. Molempien tulojen ollessa aktiivinen lähtö "kiikkuu".
PID	PID-säädin. Toiminta selitetty myöhemmin. kts (KUVA 6) ja (2.3.2)
Curve	Mahdollistaa käyrän luomisen, jonka avulla voidaan esimerkiksi säätää venttiiliä lämpötilan mukaan. Limit arvolla voidaan ulostulo asettaa rajoitetuksi määritettyihin maksimi ja minimiarvoihin (KUVA 5).



KUVA 3 MUX-Blokki (Puustinen, MUX-Blokki, 2022)



KUVA 4 XPR-Blokki. Tulon ollessa yli 20, muuttuu lähtö todeksi (Puustinen, XPR-Blokki, 2022).



KUVA 5 Curve-blokki ja sen luoma käyrä (Puustinen, Curve-blokki, 2022).

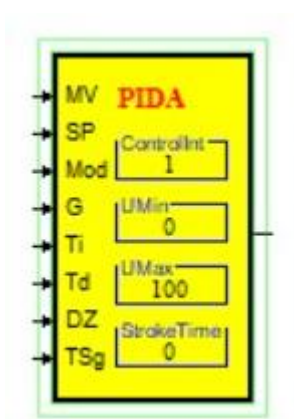


Graafinen esitystapa on yleensä yksinkertaisempi lukea ja tulkita, kun puhutaan yksinkertaisista prosesseista. Se on yleensä myös helppo ohjelmointimuoto henkilöille, joilla ei ole kokemusta ohjelmoinnista. Toisaalta hyvin monimutkaiset prosessit tai matemaattiset laskennat ovat hyvinkin työläitä luoda ja niihin käytetäänkin yleensä koodikielistä ohjelmointia, kuten C# tai Python. Kuitenkin on mahdollista liittää FunctionBlock-ohjelman rinnalle koodikielistä ohjelmointia ja sen toiminta liittyy blokilla tähän ohjelmaan. Näin voidaan toteuttaa esimerkiksi lämpötilojen keskiarvolaskenta, joka olisi FunctionBlock-ohjelmoinnilla hyvinkin monimutkainen ja epäselvä toteuttaa, jos mittauksia on useampi. FunctionBlock-ohjelmointi on saanut vahvan jalansijan rakennusautomaatioalalla, koska prosessin säätö on suhteellisen yksinkertainen.

### 2.3.2 Säätötekniikka PID-Säädin

Kun puhutaan rakennusautomaation säädöistä ja ohjelmoinnista, voidaan yhtenä hyvin tärkeänä alueena ottaa esille PID-säädin (KUVA 6). PID-säätimen tarkoitus on seurata halutun prosessin mittausarvoa ja muuttaa sitä halutuksi. Tässä esimerkissä käytetään käyttövesiverkoston lämpötilaa, jota säädetään venttiilimoottorilla. Tämän verkoston toiminta on selitetty kappaleessa (2.1.1). Käyttövesiverkosto lämpötila halutaan pitää tietyssä lämpötilassa, mutta käyttäjän mennessä kuumaan suihkuun, alkaa lämpöenergiaa häviämään verkostosta ja sitä pitää lämmittää. Lämpötilan muutos huomataan verkostossa olevalla anturilla ja tämä tieto välittyy ohjelmalle. PID-säädin havaitsee poikkeaman ja alkaa avaamaan venttiiliä, että verkoston saataisiin haluttuun lämpötilaan.

PID-säätimen tärkeimmät ominaisuudet ovat PID termistä tulevat P=proportional eli vahvistus, I=integral eli integrointi ja D=derivative eli derivointi. Lisäksi säädin tarvitsee asetusarvon, mittausarvo, takaisinkytkentäarvon. Yleensä säätimelle on vielä olemassa kuollut alue ja säätötapa-arvot.



TAULUKKO 1 PID selitykset

MV	Mittausarvo
SP	Asetusarvo
Mod	Säätötapa
G	Vahvistus
Ti	Integrointi
Td	Derivointi
DZ	Kuollut alue
TSg	Takaisinkytkentä

KUVA 6 PID-säädin (Puustinen, PID-säädin, 2022)

Vahvistus (P) arvo muuttaa prosessia poikkeaman mukaan. Mitä suurempi on poikkeama, sitä suurempi on säädön reagointi. Arvo on kerroin muutoksen voimakkuudelle. Mikäli poikkeama on 0, mutta vahvistus on 100, on ulostulo edelleen 0. Vahvistus on itsessään melko huono säätötapa,

koska pelkällä vahvistuksella prosessista tulee todella heiluva, eikä haluttuun lämpötilaan päästä koskaan (Omega, ei pvm). Tämän takia prosessiin tarvitaan integrointi tai kuollut alue, jotka selitetään myöhemmin tämän otsikon alla.

Integrointi ( $T_I$ ) pyrkii korjaamaan vahvistuksen aiheuttamaa poikkeamaa ja näin pystytään käyttöveden lämpötila saamaan asetusarvoonsa, eikä heilumista tapahdu (Omega, ei pvm). Integrointi laskee pinta-alan poikkeaman suuruudesta ja sen kestosta. Tämän pinta-alan perusteella integrointi muuttaa vahvistuksen arvoa. Pinta-alan ollessa pieni on myös integroinnin vahvistus pieni. Integroinnin vakioarvo kertoo, kuinka pitkältä ajalta prosessi laskee pinta-alan suuruutta. Kun käytetään vahvistuksen lisäksi integrointia, on säädin PI-säädin. Tämä on usein tarpeeksi hyvä säädin rakennusautomaatio käytössä ja derivointi osiota käytetään vain poikkeustilanteissa.

Derivointi ( $T_D$ ) pyrkii ennakoimaan poikkeamaa ja pyrkii hidastamaan muutoksen nopeutta (Omega, ei pvm). Kun lämpötila-arvo alkaa muuttumaan liian nopeasti, derivointi lisää vahvistusta ja pyrkii hidastamaan muutoksen nopeutta. Toisin sanoen derivointi pyrkii muuttamaan muutoksen kulmakertoa pienemmäksi antamalla vahvistukselle voimakkuutta, kun poikkeaman muutos on liian nopea. Derivointi on näistä kolmesta vaikein parametri ja sen käyttäminen on vähemmän yleistä kuin P ja I arvojen. Derivointi on herkkä häiriöille ja vahvistaa mittauskohinaa. Joten se aiheuttaa helposti prosessissa epävakautta ja heilahteluja, jos viritys on tehty väärin (NI, 2020). Derivoinnin vakioarvo kertoo, kuinka voimakkaasti se vahvistaa P-säätöä. Derivointia käytettäessä on kyseessä PID-säädin, mutta kuten aikaisemmassa kappaleessa mainittiin, on varsinaisesti PID-säätimen käyttö harvinaista, joten derivoinnille annetaan arvoksi 0, joka poistaa sen vaikutuksen prosessista.

$$CO(t) = P \left[ e(t) + \frac{1}{T_I} \cdot \left( \int e(t) dt \right) + T_D \cdot \left( \frac{d}{dt} e(t) \right) \right]$$

**Proportional term**
**Integral term**
**Derivative term**

KUVA 7 PID-säätimen laskenta (Vandoren, 2016)

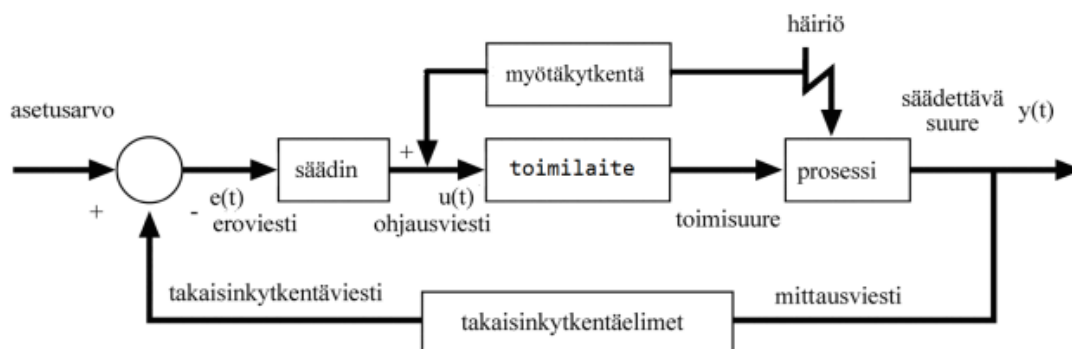
Asetusarvo ja mittausarvot ovat nimensä mukaisesti käyttövedelle haluttu lämpötila, johonka verkosto pyritään säätämään ja verkoston hetkellinen lämpötila. Mittausarvon poikkeus asetusarvosta on suoraan yhteydessä vahvistuksen voimakkuuteen.

Kuollut alue on arvo, jonka alittuessa säädin ei reagoi poikkeamaan. Käyttöveden haluttu lämpötila voisi olla 55°C ja kuollut alue olisi 0,5. Mikäli lämpötila on alueella 54,5–55,5°C ei säädin reagoi poikkeamaan. Kuollut alue kertoo siis, minkälainen poikkeama prosessissa sallitaan.

Takaisinkytkentä on käyttöveden venttiilin hetkellisen säädön vertaamista haluttuun säätöön (NI, 2020). Haluttu säätöarvon laskee PID-säädin itse poikkeaman, vahvistuksen, integroinnin ja derivoinnin avulla. Näitä arvoja vertaamalla säädin tietää, miten voimakkaasti sen on reagoitava, jotta haluttu säätöarvo saavutetaan.

Säätötapa on ainakin tässä työssä käytetyn Schneider Electricin FunctionBlock-ohjelmiston PID-säätimen arvo, jolla säädintä voidaan kontrolloida. Tälle voidaan antaa arvo 0,1,2 tai 3. Jokaisella arvolla säädin käyttäytyy eri tavalla. Arvolla 0 säädin pysähtyy nykyiseen arvoonsa. Arvolla 1 venttiili toimii normaalisti ja pyrkii säätämään sitä PID-säädön mukaisesti. Arvolla 2 venttiili pakotetaan täysin auki ja arvolla 3 venttiili pakotetaan täysin kiinni. Tämä ovat turvatoimia, jotka helpottavat prosessin hallintaa. Esimerkkinä voidaan käyttää IV-koneessa olevan lämmityspatterin venttiiliä. IV-koneen lämmityspatterin säätämiseen käytetään kahta itsekseen toimivaa PID-säädintä. Toinen säätää tuloilman lämpötilaa ja seuraa sen lämpöenergian tarvetta. Toinen säädin seuraa paluuv veden lämpötilaa ja estää näin patteria jäätyästä. Ohjelma on tehty niin, että aina isompi säätöarvo on hallitseva, eli venttiiliä säädetään aina suuremman tarpeen mukaan. Koneen pysähtyessä annetaan tuloilman säätimelle arvo 3, jolloin venttiili ajautuu itsestään kiinni, koska lämmitystarvetta ei ole, mutta lämmityspatterin säädin edelleen huolehtii paluuv veden lämpötilan pysymisestä asetusarvossaan. Jos pumpun tilatieto häviäisi tai jäätymissuoja ilmoittaisi jäätymisvaarasta, annetaan paluuv veden säätimelle arvo 2, jolloin varmistetaan lämpöenergian riittäminen ja ehkäistään lämmityspatterin jäätyminen.

Lisäksi on StrokeTime-arvo. Tämä arvo kertoo PID-säätimelle, kuinka hidas toimilaite on ajamaan itsensä 0 % asennosta 100 % asentoon. Tällöin säädin osaa ottaa huomioon kenttälaitteen hitauden ja sen vaikutuksen prosessiin.



KUVA 8 PID lohkokkaavio (Sähkötieto Ry, 2018)

### 3 SUUNNITTELU

Kun pohditaan oppimisympäristöä, jossa pääsisi tutustumaan tärkeimpiin kiinteistöhallinnan alueisiin, pitää pohtia mikä on mahdollista toteuttaa järkevästi ja kustannustehokkaasti. Aikaisemmin mainittu HVAC on keskeinen piirre, kuten myös erilaiset hälytykset ja valo-ohjaukset. Ilmanvaihto on erittäin keskeinen osa, joten tämän pitäisi sisältyä oppimisympäristöön. Toinen tärkeä osa-alue on lämmönjakokeskus, mutta tässä vaiheessa sellaisen luominen olisi liian monimutkaista toteuttaa. Suunnittelussa siis keskityttiin ilmanvaihtoon, koska sellaisen luominen olisi suhteellisen helppoa. Lisäksi ympäristöön haluttiin muutakin kiinteistöhallintaa, joten siihen liitetään paloilmotinkeskus, jolla pystytään hallitsemaan ja seuraamaan kokonaisten kiinteistöjen palohälytyksiä. Lisäksi haluttiin jonkinlainen valo-ohjausjärjestelmä, joten mukaan otettiin KNX-järjestelmä. KNX-järjestelmä on nykyisin hyvin laajasti käytössä, joten onkin luontaista, että tällainen järjestelmä lisättiin ympäristöön. Tässä opinnäytetyössä kuitenkin luotiin vain rajapinnat paloilmotinkeskuksen ja KNX-järjestelmän välillä käyttämämme valvonta-alakeskukseen, eikä niiden ohjelmointi kuulunut työhön.

Tilaaajan tiloista löytyi valmiiksi pieni ilmanvaihtokone, joka pystyttiin väylää käyttäen liittämään järjestelmään. Tämä haluttiin käyttää hyödyksi, koska kone tarjoaa IV-koneiden keskeiset komponentit pienessä paketissa. Lisäksi haluttiin liikuteltava puhallin, joka olisi yksinkertainen käyttää ja voitaisiin tarvittaessa ottaa esimerkiksi luokkaan mukaan. Näiden pohjalta suunniteltiin kokonaisuutta, joka palvelisi käyttötarkoitustaan mahdollisimman tehokkaasti.

Oheisessa kuvassa (KUVA 9) on esitetty koko järjestelmän kaaviorakenne. Siitä nähdään, kuinka valvonta-alakeskus on kaiken keskellä ja sen kautta voidaan hallita kaikkia laitteita. Lisäksi nähdään, kuinka BACnet-väylän alle asettuu tulopuhallin, paloilmotinkeskus ja KNX-verkko SpaceLynk-adapterin avulla. Modbus-väylän kautta kommunikoidaan kuutio IV-koneen kanssa ja I/O-pisteet ovat suoraan yhteydessä valvonta-alakeskuksen kanssa.



KUVA 9 Kaaviorakenne (Puustinen, Kaavio rakenne, 2022)

#### 3.1 Valvonta-alakeskus

Valvomoalakeskus oli tilaaajan puolesta tilattu ja hankittu ennakoon. Tämän sisällä oli tarvittavat I/O-moduulit, AS-P logiikka, virransyötöt ja sisäiset kaapeloinnit tehtynä. Keskuksessa oli yksi kapale UI-, DO-, DI- ja AO moduuleita, jotka ovat yleisimmät moduulityypit. Lisäksi keskus oli asen-

nettu valmiiksi liikuteltavaan telineeseen ja samaan telineeseen oli kiinnitetty paloilmotinkeskus. Ainoaksi tehtäväksi jäi suunnitella opiskelukäyttöön sopiva kaapelointi. Kaapelointi pitäisi olla helppo kytkeä paikalleen ja irti, mikäli valvonta-alakeskusta haluttiin liikutella. Haluttiin myös, että opiskelijoiden ei olisi mahdollista tehdä virhekytkentöjä, jolloin laitteisto voisi rikkoutua. Päädyttiin käyttämään erilaisia läpivientiliittimiä. Nämä olisivat helppo kytkeä paikalleen ja oikealla merkkauksella virhekytkennän vaara olisi pieni. Lisäksi irti kytkeminen olisi helppoa ja nopeaa, mikä mahdollistaisi keskuksen helpon siirtämisen.

### 3.2 Kuutio IV-kone

Tilaajan tiloista löytyi Deekax Talteri -merkinen pieni kuutiokone (KUVA 10). Tämä pystyttiin Modbus-väylällä liittämään valvomoalakeskukseen. Koneessa on kuutiojärjestelmällä toteutettu lämmöntalteenotto, kaksi kappaletta sähköpattereita ja puhaltimet. Koneesta saadaan väylän kautta luettua erilaisia arvoja, kuten lämpötilat ja puhaltimien nopeudet. Koneessa on oma älynsä, joka hallitsee omaa prosessiaan sille annettujen arvojen perusteella. Käyttäjä pystyy pääasiassa vaikuttamaan haluttuun lämpötilaan ja siihen mihin kellonaikaan kone toimii. Tämä voidaan toteuttaa joko koneessa olevan hallintapaneelin kautta tai väylän kautta ohjelmallisesti. Niinpä koneeseen haluttiin hieman monipuolisuutta lisäämällä komponentteja.



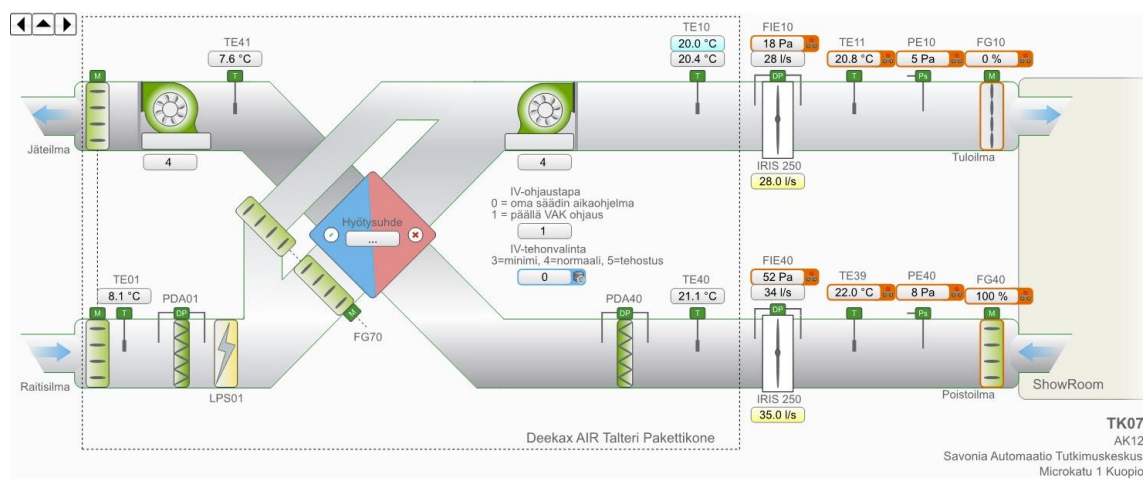
KUVA 10 Kuutiokoneen sisäpuoli (Puustinen, Kuutiokoneen sisäpuoli, 2022)

Koneeseen lisättiin vielä erilliset lämpötila- ja kanavapaine mittaukset, joiden avulla saadaan koneelta tarkempaa tietoa. Lisäksi halusimme mitata virtausta, joten lisäsimme koneeseen myös iris-pellit. Näiden avulla pystytään luomaan paine-ero kyseisen komponentin yli, jota sitten mitataan. Tämän paine-eron avulla pystytään komponentin ilmoittamalla K-arvolla laskemaan virtaus hyvin yksinkertaisesti kaavalla (1), jossa "q" on virtaus litroina sekunneissa. K on iris-pellistä saatava kerroin ja pΔ on iris-pellin yli muodostuva paine-ero (FläktGroup, 2019).

$$q = k * \sqrt{p\Delta}$$

Lisäksi lisäsimme poisto- ja tulokanavaan säätöpellit. Näiden avulla pystymme säätämään virtausta vakioksi riippumatta siitä, miten tehokkaasti kone käy. Tällä pystytään mallintamaan IMS:in eli niin sanotun ilmamääräsäätimen toimintaa. IMS:it ovat nykypäivänä hyvin yleisiä, koska niillä pystytään ilmamäärä hallitsemaan jopa huone kohtaisesti.

Painemittauksia päätettiin käyttää HK Instruments DPT2500-R8-AZ-D mittareita, joita käytetään laajasti oikeissa kohteissa. Lämpötila mittareiksi valittiin Schneider Electric STD 100-100 sensoreita, jotka pituutensa puolesta sopivat kapeaan kanavaan ja ovat myös laajasti käytössä. Peltimoottorit olivat tilaajalla valmiiksi varastossa ja ne käytettiin hyväksi, koska ne sopivat käyttöön loistavasti. Alla esitettyssä grafiikkakuvassa (KUVA 11) on nähtävissä laitteiston rakenne. Katkoviivan sisälle on rajattu pakettikone, joka on oma laitteensa. Sen jälkeen kanavassa näkyvät iris-pellit, lämpötila- ja painemittaukset, sekä säätöpellit. Kyseisessä kuvassa laite on offline-tilassa, joten arvot eivät ole realistiset ja kuvan tarkoitus on olla vain havainnollistava laitteistoista.



KUVA 11 Kuutio IV-Kone grafiikka (Puustinen, Kuutio IV-kone grafiikka, 2022)

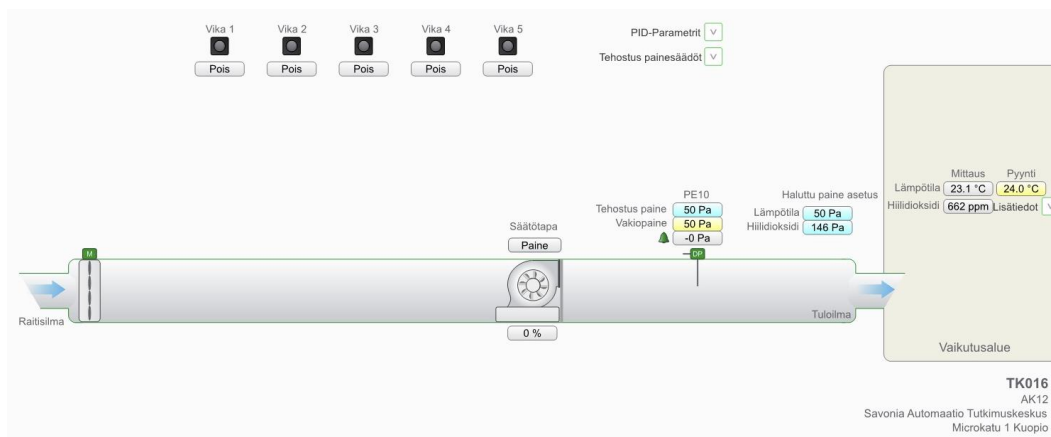
### 3.3 Tulopuhallin

Haluttiin toteuttaa yksinkertainen tulopuhallin, jolla nähtäisiin kanavapaineen vaikutus puhaltimen käyttäytymiseen. Puhaltimia säädetään usein vakiokanavapaineella, joten haluttiin helposti säädettävä ja muuteltava ympäristö. Lisäksi haluttiin kaksiasentoinen ulkopelti.

Haluttiin pienikokoinen laitteisto, jonka voisi nostaa esimerkiksi pöydälle. Käyttötarkoitukseen löytyi hyvä EC-puhallin, joka haluttiin käyttää hyödyksi. Lisäksi tarvitaan erillinen säätöyksikkö, koska valvomoalakeskuksen siirtäminen olisi haastavaa puhaltimen mukana. Säätöyksiköksi valittiin Schneider Electricin MP-C 15 A säädin, joka tarjoaa kahdeksan kappaletta universaaleja I/O pisteitä ja yhteensä seitsemän kappaletta relelähtöjä (Schneider Electric, 2018). Tähän saataisiin hyvin yhdistettyä painemittaus, sekä ulkopellin ohjaus. Lisäksi pisteitä jää ylimääräiseksi ja näihin oli tarkoitus kytkeä painonappeja, joilla voisi simuloida ohjelmallisesti erilaisia yleisiä vikatilanteita.

Painemittauksessa käytettiin samanlaista lähetintä, kuin IV-koneessa (3.2). Ulkopelliksi valittiin Schneider Electric LF24-peltimoottori, joka on kaksiasentoinen. Vääntöä moottorilta ei tarvita paljoa,

joten tällainen pieni moottori sopii käyttöön hyvin. Alla olevassa kuvassa (KUVA 12) on esitetty tulopuhaltimen fyysinen rakenne ja ohjelmallisia ominaisuuksia, joista kerrotaan enemmän kappaleessa (5.3). Grafiikalla nähdään ilmanvirtaus suunta. Lisäksi kanavan alussa sijaitsee ulkopelti, sen jälkeen sijaitsee EC-moottori ja sitten painemittaus.



KUVA 12 Tulopuhallin grafiikka (Puustinen, Tulopuhallin grafiikka, 2022)

Koska kaikkien komponenttien käyttöjännite on 24 VAC, tarvittiin muuntaja, jolla muutettiin 230 V verkkojännite tarvittavaan 24 VAC. Tähän valittiin NORATEL LF84A-22024-GS 105 VA muuntaja. Tämä tarjoaa tehoa 105 VA, jolloin järjestelmässä on vara laajentaa. MP-C:n teho tarve on 12 VA, peltimoottorin 7 VA ja painemittarin alle 1 W (HK Instruments, ei pvm).

$$105 \text{ VA} - 12 \text{ VA} - 7 \text{ VA} = 86 \text{ VA}$$

2

Vaikka paine-erolähetintä ei otettu laskussa huomioon (2), voidaan todeta muuntajan olevan varsin riittävä, jos sen perään halutaan jatkossa kytkeä muitakin laitteita.

### 3.4 Rajapinnat

Rajapinnoiksi tulivat KNX-järjestelmä ja paloilmotinkeskus. Paloilmotinkeskus pystyttäisiin liittämään suoraan valvomoalakeskuksen AS-P serveriin BACnet-väylän avulla. KNX-rajapintaan tarvitaan väylä-adaptteri ja tähän päätettiin käyttää Schneider Electricin omaa SpaceLynk-adaptteria. Rajapintojen avulla olisi tarkoitus siirtää dataa valvomoalakeskukseen ja näin havainnollistaa kiinteistöhallinta järjestelmien toimintaa ja sitä, kuinka dataa voitaisiin helposti lähettää VAK:ista eteenpäin. Aikaisemmin esitettyssä kuvassa (KUVA 9) on näytetty, kuinka rajapinnat liittyvät valvonta-alakeskukseen.

## 4 RAKENTAMINEN

### 4.1 Valvonta-alakeskus

Keskukseen tehtiin erilaisia läpivientejä, mikä mahdollistaisi laitteiston ohjelmoinnin, väylien ja kenttälaitteiden kytkemisen ilman keskuksen oven avaamista. Kenttälaitteille tehtiin oma kotelo, johon kenttälaitteet kytkettiin riviliittimille (KUVA 13). Riviliittimet yhdistettiin VAK:in pisteisiin käyttäen Nomak 12x2x0.5+0.5 kaapelia. Kenttälaitteille tehtiin jokaiselle oma pikaliitin. Myös kenttälaitteiden syöttö saatiin tätä kautta jokaiselle laitteelle. 24 VAC puoli on eroteltu omille riviliittimilleen, jotta sekaantumista ei tapahtuisi niin helposti. 24 VAC kytkeminen säätimen 0–10 V säätöviestille voisi rikkoa komponentin.



KUVA 13 Riviliitinkotelo (Puustinen, Riviliitinkotelo, 2022)

Valvomokeskuksen kylkeen tehtiin kaksi kappaletta väyläliittimiä, jolloin väylälaitteet olisivat helppo kytkeä. Nämä liittimet kytkettiin Jamak 2x(2+1)x0,5 kaapelia käyttäen Modbus-väylään. Tähän väylään liitetään kuutio IV-kone, mutta jatkossa voitaisiin samaan väylään kytkeä muitakin laitteita. Toiseen kylkeen tehtiin pikaliitin RJ45-liittimelle, joka liikennöi BACnet-väylässä. Tähän on tarkoitus kytkeä tulopuhallin, jossa sijaitsee MP-C säädin. Lisäksi samaan BACnet-väylään liitettiin SpaceLynk-adapteri. Koska AS-P tarjoaa vain yhden RJ45-paikan, sen perään tuleville laitteille piti keskuksen kylkeen laittaa pieni verkkokytin, jotta molemmat laitteet saatiin samanaikaisesti väylälle.



KUVA 14 VAK-pikaliittimet (Puustinen, VAK-pikaliittimet, 2022)





KUVA 15 Valvonta-alakeskus (Puustinen, Valvonta-alakeskus, 2022)

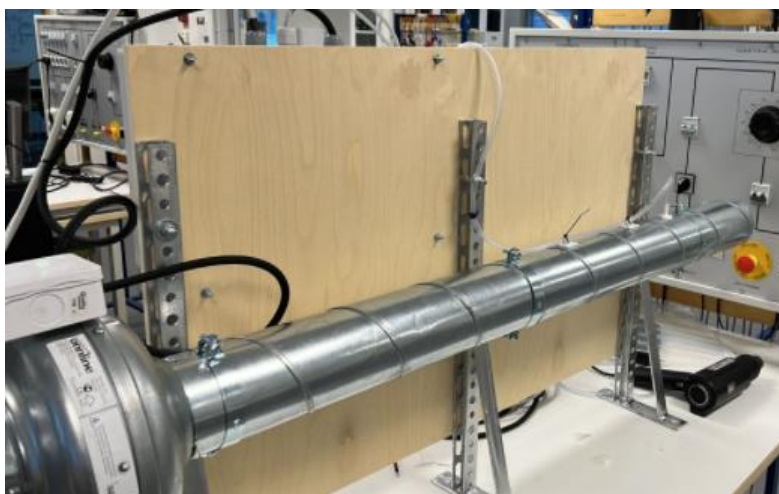
Lisäksi kanteen tehtiin yksi RJ45-pikaliitin, jonka avulla pystyttiin ohjelmoimaan AS-P serveriä ilman oven avaamista. Näin keskuksen oven pystyy pitämään jatkuvasti kiinni. Lisäksi kanteen asennettiin Schneider Electricin oma käyttöpaneeli. Tästä paneelista on mahdollista tarkastella esimerkiksi grafiikkakuvia ja pakottaa pisteitä (KUVA 16).



KUVA 16 Valvonta-alakeskuksen ovi (Puustinen, Valvonta-alakeskus, 2022)

#### 4.2 Tulopuhallin

Tulopuhaltimen rakentamiseen tarvittiin 120 mm halkaisijan ilmastointikanavaa, johon laitteet kiinnitettäisiin. Vaatimuksen asetti valitun EC-puhaltimen kiinnitysten halkaisija. Puhaltimen molempiin päihin liitettiin käsin säädettävät ilmanvaihtoventtiilit. Koneen imupuolelle asennettiin ensimmäiseksi tuloilmaventtiili ja sitten sulkupelti, joka voidaan ohjata peltimoottorilla auki koneen käydessä. Tämän jälkeen asennettiin EC-puhallin, jota ohjataan 0–10 V säätöviestillä. Puhaltimella on oma 230 V syöttö. Puhaltimen jälkeen ilmanvaihtokanavaa oli noin yksi metri, jonka jälkeen asennettiin painemittaus ja tämän jälkeen toinen poistoilmaventtiili. Asennusohjeet sanovat, että painemittauksen pitää sijoittaa suoralle osalle, sekä riittävän pitkälle mutkista ja muista häiriötekijöistä (Sähkötieto Ry, 2018). Yksi metri on yleisesti hyvä ”nyrkkisääntö”.



KUVA 17 Tulopuhallin painemittaus (Puustinen, Tulopuhaltimen painemittaus, 2022)



KUVA 18 EC-moottori, peltimoottori ja tuloilmaventtiili (Puustinen, EC-moottori, peltimoottori ja tuloilmaventtiili, 2022).

Puhallinlaitteisto kiinnitettiin vanerilevyyn, joka seiso kolmella omalla jalallaan. Näin saatiin liikuttava telinne ja vaneriin pystyttiin kiinnittämään myös painemittaus ja kotelo, jonka sisällä oli itse säätölaitteisto ja kaikkien komponenttien virransyöttö.



KUVA 19 MP-C, muuntaja ja riviliittimet (Puustinen, MP-C, muuntaja ja riviliittimet, 2022)

Koteloksi valittiin mitoiltaan sopiva umpinainen kotelo, jossa kaikki komponentit olisivat suojassa. Koteloon aseteltiin MP-C säädin, muuntaja ja riviliittimet. Riviliittimille tuotiin 230 V syöttö omalla kaapelilla ja tästä saatiin samalla syöttö EC-moottorille ja muuntajalle (KUVA 19). Muuntajan ensiön ja toision puolella asetettiin vielä omat sulakkeet suojaamaan järjestelmää. Riviliittimille tuotiin muuntajalta 24 V syöttö, jota tarvittiin peltimoottorin, painemittauksen ja MP-C:n syötöksi. Lisäksi kotelon kylkeen laitettiin viisi kappaletta painonappeja (KUVA 21), joilla saadaan simuloitua vikoja (0) ja pohjaan asennettiin nappi järjestelmän käynnistämiseen ja sammuttamiseen (KUVA 22). Myös pohjaan asennettiin yksi RJ45-läpivienti, jonka avulla MP-C säädintä voidaan ohjelmoida (KUVA 22). Kanteen asennettiin SensorBus-väylään tuleva käyttöpaneeli (KUVA 23). Tämä paneeli mittaa huoneen lämpötilaa ja hiilidioksidipitoisuutta. Lisäksi näytöllä pystytään asettamaan lämpötilan asetusravon ja vaihtamaan koneen ohjaustilaa.



KUVA 20 Tulopuhallin johdotettuna (Puustinen, Tulopuhallin johdotettuna, 2022)



KUVA 21 Vikatilanteiden painikkeet (Puustinen, Vikatilanteiden painikkeet, 2022)



KUVA 22 Käynnistyspainike ja RJ45-pikaliitin (Puustinen, Käynnistyspainike ja RJ45-pikaliitin, 2022)



KUVA 23 Valmis tulopuhallin (Puustinen, Valmis tulopuhallin, 2022)

#### 4.3 IV-Kone

IV-kone oli asennettuna käyttövalmiiksi tilaajan tiloihin. Lisälaitteet vaativat kuitenkin fyysisiä muutoksia, joten koneen ilmanvaihtokanavia jatkettiin. Näihin kanaviin asennettiin halutut lämpötilamittaus, painemittaukset ja säätöpellit. Painemittaukset päädyttiin lopulta asentamaan keskuksen telineen kylkeen, koska painemittauksen lähettimissä on näytöt ja olisi hyvä pystyä lukemaan arvoja helposti.



KUVA 24 Painemittaukset (Puustinen, Painemittaukset, 2022)

Putkiin asennettiin iris-pellit, lämpötila-anturit ja säätöpellit (KUVA 25). Putket kiinnitettiin koneeseen ja ne tuettiin kattorakenteisiin turvallisuuden takia. Tässä yhden metrin nyrkkisäännöstä (4.2) ei pystytty pitämään kiinni, mutta pieni heitto mittauksessa ei haittaa opetuskäytössä. Anturit kytkettiin VAK:in viereen asennettuun koteloon (4.1), josta ne saataisiin helposti ja nopeasti irti. Samoin koneen Modbus-väylä kytkettiin toiseen väyläpikaliittimistä. Ilmanpaineletkut jouduttiin tuomaan kanavista kärrin lähettämiin. Yleensä korkeusvaihtelu ei ole hyväksi painemittauksissa, koska ilmanpaine muuttuu korkeuden mukaan. Kuitenkin opetuskäytössä näin pienellä korkeuserolla ei ole merkitystä.



KUVA 25 Kuutio IV-koneen lämpötila-anturi, iris-pelti ja peltimoottori (Puustinen, IV-koneen lämpötila-anturi, irispelti ja peltimoottori, 2022).

#### 4.4 Rajapinnat

Rajapinnat eivät vaatineet suurtakaan rakentamista. Itse laitteistot olivat muiden ryhmien vastuulla, ja paloilmoitinkeskus (KUVA 26) oli valmiiksi kiinni samassa telineessä. KNX-järjestelmää varten

kiinnitettiin SpaceLynk-adapterin keskuksen sisään (KUVA 27) ja sille otettiin syöttö 24 V riviliitinpaikalta. Paloilmoitinkeskus johdotettiin Jamak 2x(2+1)x0,5 kaapelilla ja kytkettiin AS-P välilyhtimille. Myös verkkokytkin jouduttiin asentamaan useamman välilyhtien takia (4.1).



KUVA 26 Paloilmoitinkeskus (Puustinen, Paloilmoitinkeskus, 2022)

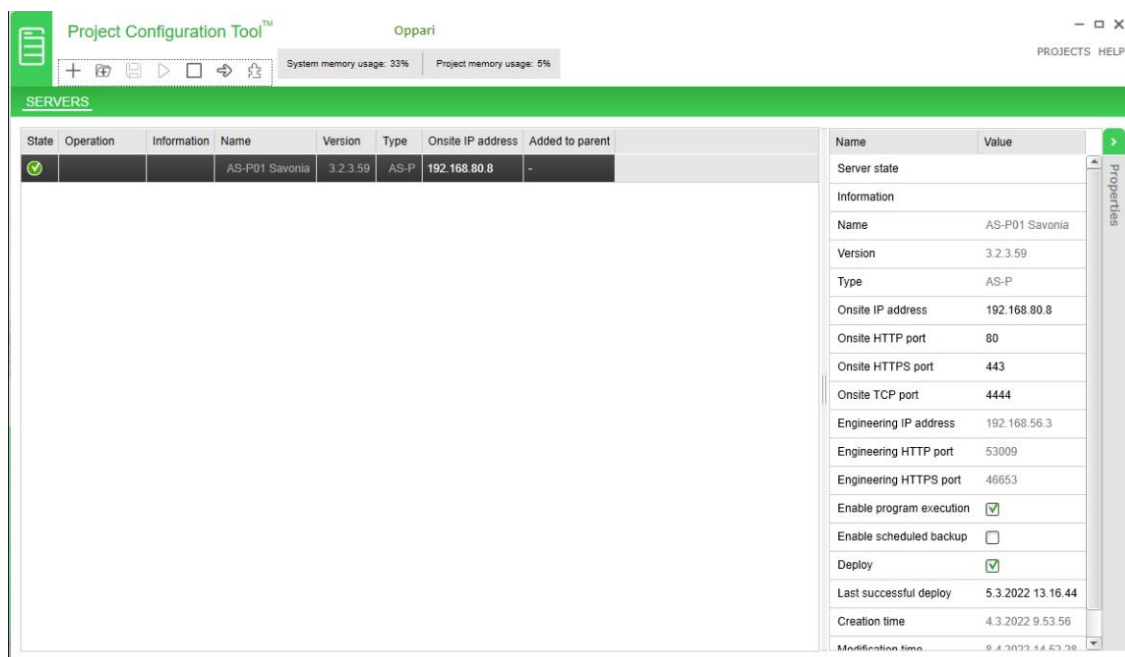


KUVA 27 SpaceLynk-adapteri (Puustinen, SpaceLynk adapteri, 2022)

## 5 OHJELMOINTI

### 5.1 Ohjelmoinnin aloittaminen

Ohjelmointi aloitettiin luomalla Project Configuration Tool, eli PCT-ohjelmistoon uusi projekti. PCT luo virtuaalisen serverin koneelle ja mahdollistaa ohjelmoinnin ilman fyysistä serveriä. Ohjelma mahdollistaa myös prosessin simuloinnin ja testaamisen, tietyin rajoituksin. Luomisen yhteydessä on hyvä laittaa päälle "Deploy" ja "Enable Program Execution" (KUVA 28). Deploy mahdollistaa ohjelmiston siirtämisen fyysiselle serverille ja Program Execution mahdollistaa ohjelmiston simuloinnin.



KUVA 28 Project Configuration Tool (Puustinen, Project Configuration Tool, 2022)

Projekti avataan Workstation-ohjelmistossa, joka on ohjelmointityökalu. Tämän ohjelman alla suoritetaan lähes kaikki tässä työssä suoritettava ohjelmointi. Vain paloilmoitinkeskuksen ja SpaceLynk-rajapintojen luomiseen tarvittiin muita ohjelmia. Serverille tuodaan "YLEISTÄ\_AS" tiedosto, joka luo serverille muuttujia esimerkiksi ulkoilman lämpötilalle, IV-hätäseis ja IV-häiriöhälytyksille, sekä kohteen perustiedoille (KUVA 29). Tämän avulla jatkossa koneeseen tuotavat IV-koneiden ja lämmönjakokeskusten valmispohjat saavat suoraan liitoksen kriittisiin hälytyksiin ja perustietoihin. Tällöin näitä pakollisia liitoksia ei tarvitse suorittaa käsin. Tämän jälkeen kohdetta voidaan alkaa ohjelmoidaan virtuaalisella serverillä, mutta tässä työssä ohjelmointi siirrettiin fyysiselle serverille hyvin alussa, työn luoteen takia. Kyseessä ei ole normaali rakennusautomaatio projekti, vaan laitetausta pitää tehdä koko ajan.



Name	Description
Dokumentit	
Hakutoiminnot	
Hälytykset	
Hälytysnäkyvät	
Kalenterit	
Kohdetiedot	
Menuobjektit	
Ohjelmat	
Aikaleima	
Hälytysnäkyvä	
IVHäiriö	IVHäiriö
IVHätäseis	
Järjestelmätiedot	
Palohälytys	
Päakuva	
Ulkoilma	Ulkoilämpötila
Ulkoilma 24h	Ulkoilämpötilan keskiarvo 24h ajalta
Ulkovaloisuus	Ulkovaloisuus
Yläpalkki_100px	

KUVA 29 Yleistä kansio (Puustinen, Yleistä kansio, 2022)

## 5.2 Automaatioserveri

Automaatioserverinä käytetyn AS-P käyttöönotto aloitetaan päivittämällä siihen oikea käyttöjärjestelmän versio, joka tässä tapauksessa on uusin laajassa käytössä oleva versio 3.2.3.59. Automaatioserverin pitää olla samassa tai uudemmassa versiossa, kuin siihen ladattava ohjelma. Myös kahden ensimmäisen numeron pitää olla samat. Eli 3.2.xx.xx ovat keskenään yhteensopivia, kunhan edellä mainittu ehto täyttyy. Kuitenkin on suositeltavaa käyttää samaa versiota.

Ohjelmiana tähän käytetään Device Administrator-ohjelmistoa. Tällä serverille voidaan asettaa IP-osoite, aliverkon peite ja oletusyhdyskäytävä. Näiden asetusten jälkeen, voidaan serveriin luoda yhteys RJ45-kaapelin avulla ja sinne pystytään tuomaan PCT-ympäristössä luotu ohjelma. Ohjelma ajetaan serverille antamalla PCT:ssä serverille fyysisen serverin IP-osoite ja valitsemalla "Deploy". Tämän jälkeen PCT-ohjelmistoa ei välttämättä tarvita, vaan ohjelmointi voidaan tehdä suoraan fyysiselle serverille, mikä tosin vaatii jatkuvan yhteyden ylläpitämisen.

### 5.3 Tulopuhallin

Tulopuhaltimen ohjelmointi alkoi MP-C säätimen saamisesta väylälle, jonka jälkeen säätimeen voidaan muodostaa yhteys ja sitä voidaan ohjelmoida. Väylä muodostetaan RJ45-kaapelilla ja se kytketään AS-P:n kakkosporttiin. AS-P pitää tätä varten ohjelmoida Device Administrator-ohjelman avulla ja kytkeä kakkosportti käyttämään Static IP-tilaa. IP-osoite määritellään samaan avaruuteen MP-C säätimen kanssa, jolloin AS-P ja MP-C säädin pystyvät näkemään toisensa (KUVA 30). Tämän jälkeen MP-C säädin voidaan kytkeä AS-P perään ja Workstation-ohjelman avulla voidaan yhteys luoda Serverille luodaan uusi BACnet-rajapinta, jonka alle säädin tulee. Ohjelman oma Device Discovery löytää laitteen automaattisesti, jos IP-osoite on määritetty oikein ja kytkentä ei ole virheellinen. Nyt laite voidaan lisätä suoraan BACnet-verkon alle ja laite nousee väylään.

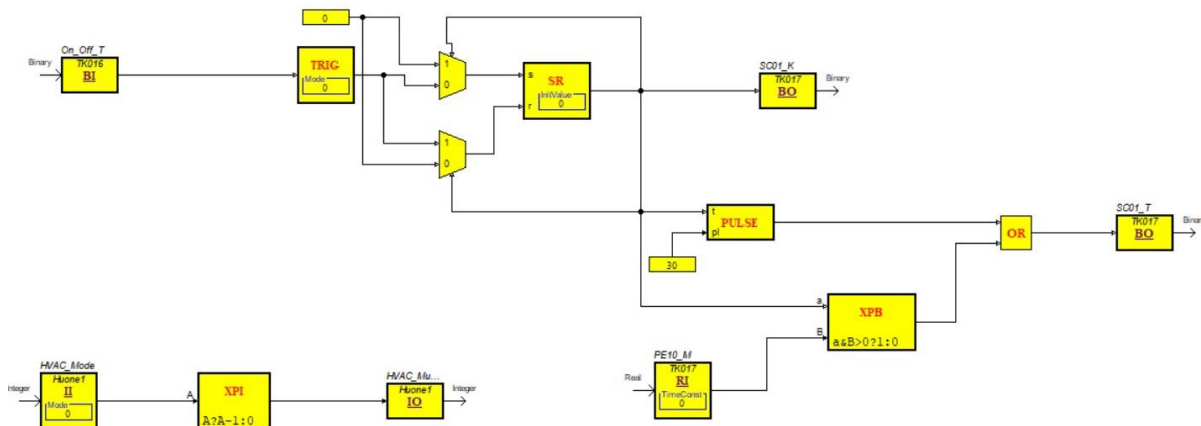
IP Network MP-C x	
List View	Properties
Basic	References
General Information	
Status Information	
Online	False
Reliability	unreliable-other
Configuration Settings	
Out Of Service	False
IP address	10.110.210.1
IP port number	47 808
IP broadcast address	255.255.255.255
Network ID	1
Maximum APDU length accepted	1 476
Foreign Device Settings	
BBMD IP address	0.0.0.0
BBMD port number	47 808
Time to live (s)	300

KUVA 30 BACnet-väyläasetukset (Puustinen, BACnet-väyläasetukset, 2022)

Tulopuhaltimen ohjelmointiin käytettiin Schneider Electricin kirjastossa olevaa valmispohjaa, joka on Schneider Electricin omaisuutta, mutta se on työntekijöiden vapaassa käytössä omiin projekteihin ja sen käyttämiseen tähän työhön on saatu lupa. Tämän pohjan avulla välttyttiin ylimääräiseltä ohjelmointityöltä, joka olisi kuluttanut vain runsaasti turhaa aikaa perusasioiden luomiseen. Työn tarkoituksena ei ollut testata perusohjelmointitaitoja, joten kyseisen pohjan käyttäminen hyväksyttiin. Pohjassa oli valmiina kaikki perustoiminnot, joten pienellä muokkauksella pohjasta saatiin hyvin käyttökelpoinen perusta työlle. Käytöstä poistettiin kaikki lämpötilasäädöt ja turhat lukitukset. Käyttöön jätettiin painesäätö ja käynnistys painikkeella. Mikäli työtä jatkossa haluttaisiin kehittää, on niille silti valmius olemassa ja ne olisi hyvin helppo lisätä projektiin.

Puhaltimen säätötavaksi haluttiin kanavapainesäätö, koska se on nykypäivänä yksi yleisimmistä tavoista toteuttaa ilmavirran hallinta IV-koneelle. Se on toimintavaltaan helppo ymmärtää ja sen muuttaminen käsin on helppoa, jopa perusohjelmointitaidoilla. Lisäksi prosessiin on helppo vaikuttaa ulkoisesti. Tästä prosessista on kerrottu tarkemmin kappaleessa (5.3.1).

Koska prosessiin haluttiin luoda omia vikatilanteita, luotiin näillä kokonaan oma ohjelma "Vikatilan-teet". Tähän pystyi luomaan vikatilanteet, jotka aktivoituivat ja poistuivat nappia painamalla. Näin alkuperäinen ohjelma pysyisi alkuperäisenä ja hyvin ymmärrettävänä. Ohjelman tärkeimmät mit-taukset ja ohjaukset pystyttiin kierrättämään vikatilana läpi ja näin saatiin simuloitua vika ohjelmalli-sesti. Myös käynnistykselle tehtiin oma ohjelma (KUVA 31). Vikatilanteet ja käynnistys on selitetty laajemmin myöhemmässä kappaleessa 0.



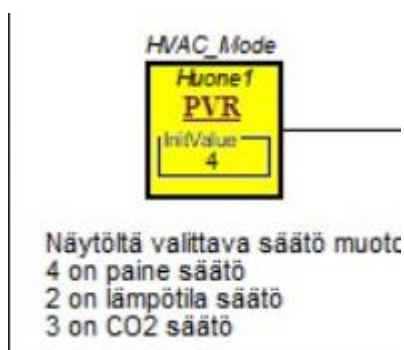
KUVA 31 Käynnistysohjelma (Puustinen, Käynnistys ohjelma, 2022)

EC-puhaltimesta ei ollut saatavilla suoraan tilatietoa, joten tilatieto otettiin ohjelmallisesti kanavapai-neesta. Mikäli kanavapaine olisi yli määritellyn rajan, saataisiin siitä tilatieto ohjelmalle (KUVA 31). Koska pellin avaaminen on toteutettu puhaltimen tilatiedosta, vaaditaan puhaltimentilatiedolle käyn-nistyksessä lyhyt pulssi, että kone ehtii käynnistyä ja alkaa tuottamaan painetta. Samanlaista toimin-tatapaa käytetään oikeissa prosesseissa ja se on valmispohjassa valmiina. Tässä työssä tilatieto to-teutettiin ohjelmallisesti ja alkuperäistä ohjelmaa haluttiin muuttaa mahdollisimman vähän, joten pulssi jouduttiin lisäämään itse.

### 5.3.1 Sääötapa

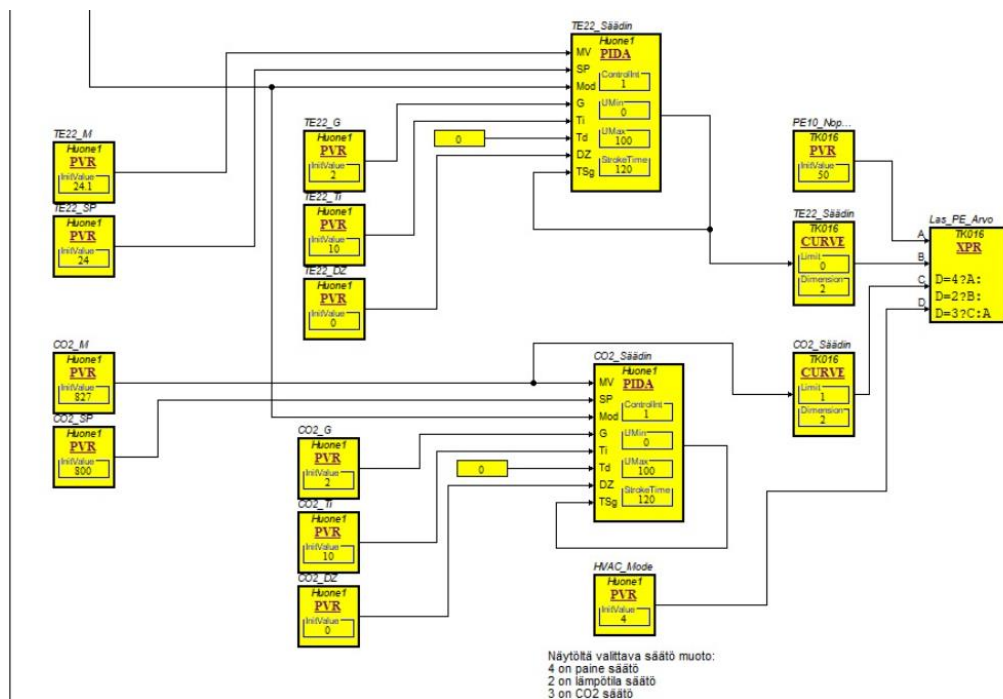
Sääötäväksi valittiin vakiokanavapainesäätö. Järjestelmälle asetetaan haluttu kanavapaine ja säädin pyrkii pitämään kanavapaineen tässä asetusarvossa. Tämän säätötavan yleisyys tulee suoraan sen hyödyistä. Kanavapaineen ollessa vakio, on myös kiinteistöön virtaava ilmamäärä vakio, olettaen tietenkin, ettei kanavaan tule tukosta tai vuotoa. Kanavapaineella pystytään myös havaitsemaan suodattimien tai lämmityspatterin likaantuminen. Ajatellaan, että käytössä olisi taajuusmuuttaja, joka tuottaa 80 % teholla halutun kanavapaineen esimerkiksi 240 Pascalia. Kun suodatin alkaa tuk-keutua, kanavaan virtaavan ilman määrä vähenee ja kanavapaine laskee. Tällöin säädin havaitsee tämän ja alkaa tehostaa koneen pyörimistä. Nyt haluttu kanavapaine saavutetaan 84 % teholla. Sa-malla pystytään pitämään ilmamäärä samana, vaikka suodatin hieman tukkeutuisi, jolloin myös käyt-täjä pysyy tyytyväisenä. Yleensä uusiin kiinteistöihin laitetaan paine-eromittaukset suodattimien yli, jotka varoittavat tukkeutumisesta, mutta varsinkin saneeraus kohteessa saadaan säästöä tarpeen-mukaisilla säädöillä.

Työssä haluttiin käyttää myös SmartX-sensoria, joka liitetään MP-C säätimen SensorBus väylään. Tällä anturilla pystyttäisiin mittaamaan huoneen lämpötilaa ja hiilidioksidipitoisuutta. Nämä ovat yleisimmät kiinteistöjen mittausarvot, joita halutaan hallita. Varsinkin tiloissa, jossa on paljon ihmisiä voi hiilidioksidin pitoisuus nousta ja ilmasta tulee epämiellyttävää hengittävää. Kun meillä on mittaus myös huoneessa, voidaan tarvittaessa ilmanvirtausta tehostaa hetkellisesti, kunnes saavutetaan halutut arvot, tai tila tyhjenee, jolloin hiilidioksidi ja lämpötila laskevat luontaisesti. Näytöstä pystytään asettamaan myös kolme erilaista säätötapaa automaattinen, lämmitys tai jäähdytys. Näistä saatiin kätevästi tehostuksen valinta tähän työhön. Automaattinen on vakiokanavapaine. Lämmitys olisi lämpötilatehostus ja jäähdytys hiilidioksiditehostus. Valitettavasti kuvakkeita ei pystytä vaihtamaan, joten hiilidioksiditehostuksen kuvake on jäähdytyksen kuvake. Tällä ei kuitenkaan ohjelman kannalta ole mitään väliä, koska jokainen tila kirjoittaa vaan säätimelle eri numeroarvon (KUVA 32).



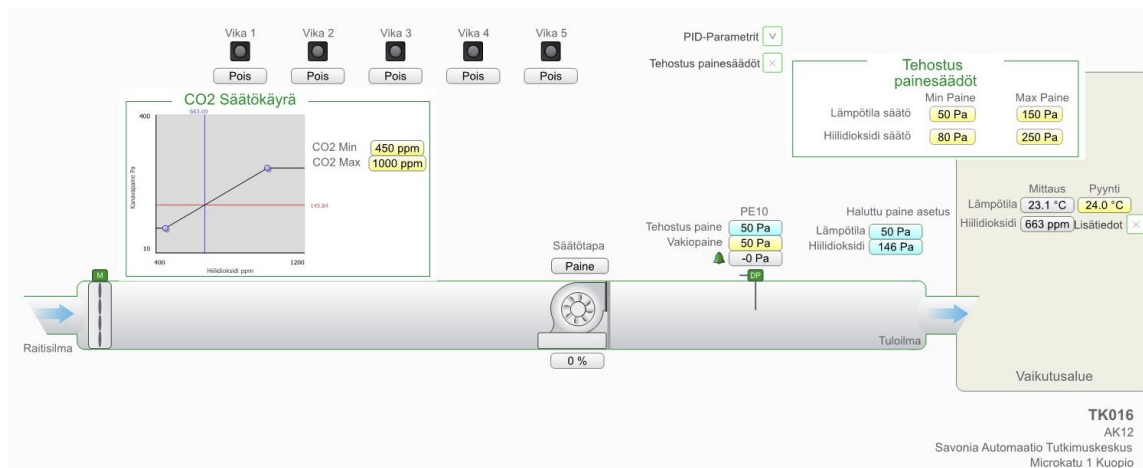
KUVA 32 Säätöpaneelin säätötila-arvot (Puustinen, Säätöpaneelin säätötila-arvot, 2022)

Itse tehostus toteutettiin lämpötilan osalta PID-säätimellä. PID-säätimen toiminta on selitetty kappalessa 2.3.2. Hiilidioksidi tehostuksen toteutettiin ensin myös PID-säätimellä, mutta ajateltiin vaihteluvuuden olevan hyväksi ja päädyttiin käyttämään Curve-blokkia, jonka toiminta on demonstroitu kuvassa (KUVA 5)



KUVA 33 Painesäädön tehostusohjelma (Puustinen, Painesäädön tehostusohjelma, 2022)

Curve-blokin sisään aseteltiin käyrän asetukset ja laitettiin limit-raja päälle. Tällöin käyrä ei aseta pyyntiä yli tai ali haluttujen asetusarvojen. Raja-arvojen muokkausmahdollisuus tuotiin myös grafiikkakuvulle, josta niitä olisi helppo muuttaa (KUVA 34).



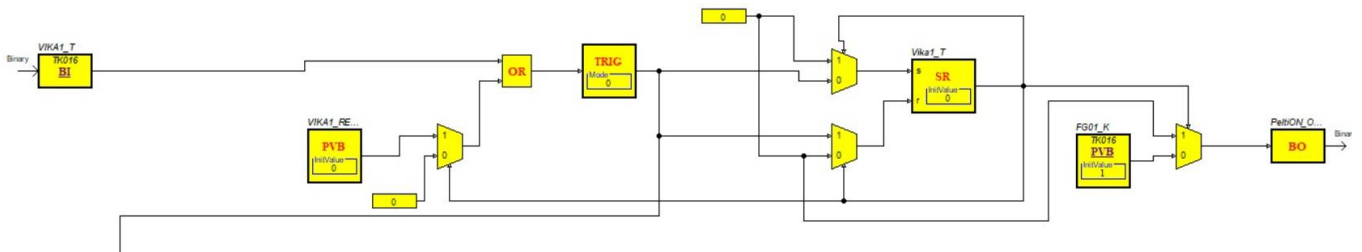
KUVA 34 Tulopuhallin grafiikka ja raja-arvot (Puustinen, Tulopuhallin grafiikka ja raja-arvot, 2022)

### 5.3.2 Vikatilanteet ja käynnistys ohjelmat

Vikatilanteiksi luotiin tilanteita, jotka ovat hyvin yleisiä vikoja ohjelmistossa tai kenttälaitteissa, mutta ovat kuitenkin helposti havaittavissa ilman ohjelmointiosaamista.

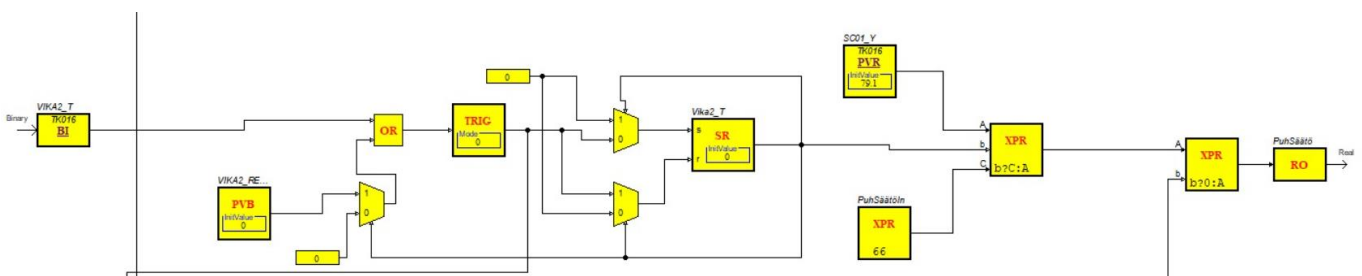
Vioiksi valittiin seuraavat tilanteet:

1. Pellin kiinni ajaminen yllättäen. Tällä pyritään simuloimaan tilannetta, jossa pelti tai DO-moduuli hajoaisi tai johto olisi irti.



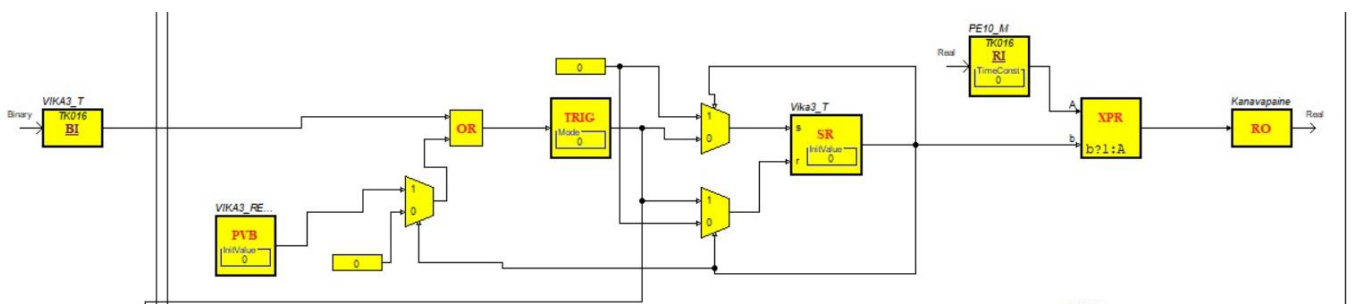
KUVA 35 Vikatilanne 1 (Puustinen, Vikatilanne 1, 2022)

2. Kanavapaine mittaus katkeaisi. Tämä voisi johtua laitteen hajoamisesta tai ilmaletkun irtoamisesta.



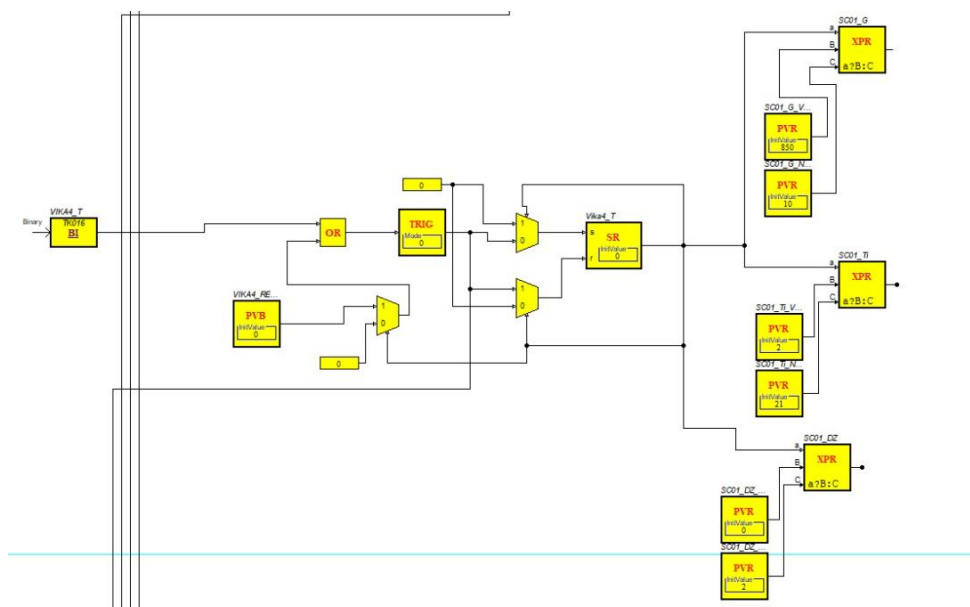
KUVA 36 Vikatilanne 2 (Puustinen, Vikatilanne 2, 2022)

3. EC-puhaltimen säätöviesti asetetaan tietylle teholle. Tämä voisi johtua ohjelman sekoamisesta, jolloin säätö ei enää toimisi oikein tai AO-pisteen vioittumisesta.



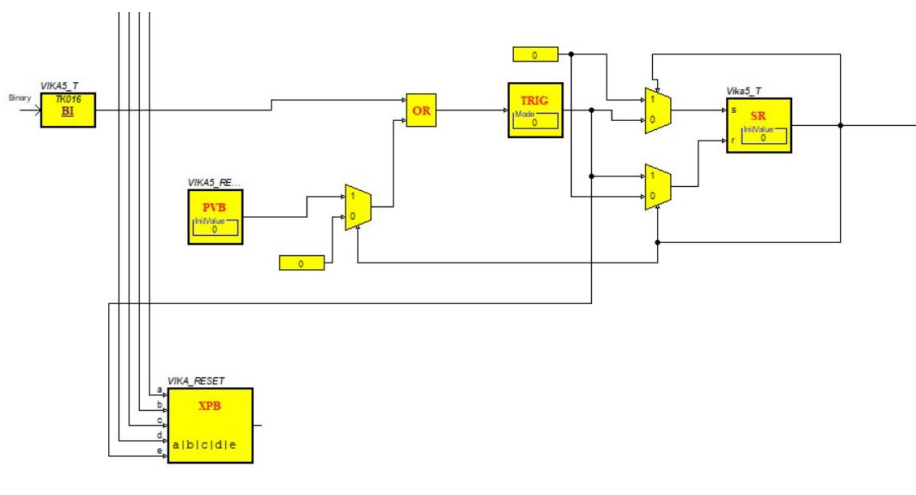
KUVA 37 Vikatilanne 3 (Puustinen, Vikatilanne 3, 2022)

4. Säätoparametrit muutetaan erittäin huonoiksi. Tämä on täysin ohjelmallinen vika, joka johtuisi huonosta ohjelmointityöstä, virheellisestä käyttöönotosta tai käyttäjän puuttumisesta ohjelmistoon. Tarkoitus olisi demonstroida ero hyvin säädetyn ja huonosti säädetyn prosessin välillä.



KUVA 38 Vikatilanne 4 (Puustinen, Vikatilanne 4, 2022)

5. Säätoviesti puhaltimelle katkeaisi. Kuten kohdassa kaksi, tämä johtuisi moduulin hajoamisesta tai johdon katkeamisesta. Olisi myös mahdollista, että EC-moottori olisi vioittunut, eikä se pyörisi. Tällä vialla siis voidaan myös simuloida puhaltimen pysähtymistä.



KUVA 39 Vikatilanne 5 (Puustinen, Vikatilanne 5, 2022)

Jokaisen vian tarkoitus olisi demonstroida mitä tällaisessa tilanteessa prosessissa tapahtuu. Jokainen vika aiheuttaa erilaisen vasteen prosessissa ja oppilaiden tehtävänä olisi etukäteen pohtia mitä tällaisessa tilanteessa voisi tapahtua tai vian aktivoitessa selvittää mistä vika voisi johtua. Tällä pyrittäi-

siin syventämään ymmärrystä puhaltimien toiminnasta ja ymmärtämään yleisesti prosessia. Ohjelmaan on tehty "VIKA\_RESET" toiminto, jonka takia kahta vikaa ei pysty olemaan päällä samanaikaisesti (KUVA 39). Uutta nappia painaessa vanha vika kytkeytyy pois päältä.

#### 5.4 Kuutio IV-Kone

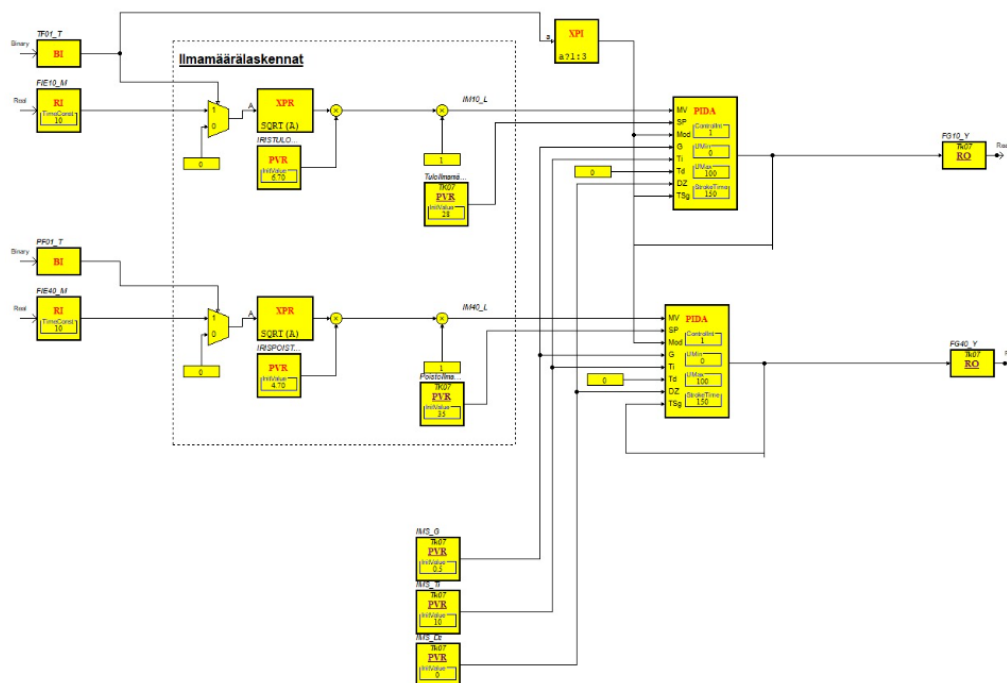
Kuutiokone liitettiin Modbus-väylän avulla suoraan automaatioserverin liittimiin käyttämällä Jamak 2x(2+1)x0,5 kaapelia. Modbus liikennöi RS485-protokollalla ja tämä vaatii väylän molempiin päihin 120 Ω päätevastukset (Electrical Engineering Portal, 2016). Kun kytkentä oli tehty, piti koneen omasta käyttöpaneelista tarkistaa koneen Modbus-asetukset. Näiden arvojen avulla luotiin serverille uusi Modbus Master Network rajapinta, jonka alle laite tulisi. Väylän asetuksiksi piti asettaa samat asetukset mitkä olivat määritetty koneen omalla käyttöpaneelilla (KUVA 40). Väylän alle luotiin uusi Modbus-laite, jonka osoitteeksi määritettiin ykkönen. Tämän jälkeen laite nousi väylälle, joten pystymme olettamaan kytkennän olevan oikein.

KUVA 40 Modbus-väylä asetukset (Puustinen, Modbus-väylä asetukset, 2022)

Tässäkin ohjelmoinnissa käytettiin valmispohjaa. Tämän on henkilökohtaisesti luonut kollegani Schneiderilta, joka on antanut luvan käyttää pohjaa tämän työn tekemiseen. Valmispohjasta saatiin valmiiksi rekisterinumerot, ohjelma ja grafiikkakuva. Pohja ei vaatinut suuria muutoksia. Ainoat muutokset olivat lisälaitteiden lisääminen grafiikkakuviin ja niihin liittyvät liitosten luominen. Lisäksi ilmamääräsäätimien ohjelma piti luoda itse, mutta ilmamäärälaskenta oli pohjassa valmiina, jonka takia säätimen tekeminen oli hyvin helppoa.

Ilmamäärän mittaamisen tarvittiin kanavaan asennetut iris-pellit. Nämä supistavat kanavaa, joten pellin yli muodostuu paine-ero. Tämä paine-ero mitataan ja K-arvon avulla voidaan paine-erosta laskea virtaus (1). K-arvo saadaan suoraan iris-pelistä ja sen suuruus riippuu siitä, miten ahtaaksi pelti säädetään. Kun virtaus tiedetään, on sen säätäminen helppoa PID-säätimen avulla (2.3.2). Kuten kappaleessa (5.4) esitettiin, oli ohjelmassa ilmamäärä laskenta valmiiksi ja pelkkä sen säätö piti toteuttaa (KUVA 41).





KUVA 41 Ilmamääränsäätämisen-ohjelma (Puustinen, Ilmamääränsäätämisen-ohjelma, 2022)

## 5.5 Rajapinnat

Rajapintojen konfiguroinnit olivat työn nopeimmat toteuttaa. Schneider Electricin omilla ohjevideoilla ja kollegoiden konsultoinnilla saatiin laitteistot toimimaan nopeasti. Valitettavasti kyseisten laitteiden ohjelmistot eivät vielä tässä vaiheessa olleet valmiina, joten niiden oikea testaaminen oli mahdollonta.

KNX-rajapinnassa käytettiin apuna SpaceLynk-adapteria, jolla KNX-verkkoliikenne muunnetaan sopivaksi BACnet-väylään, jota AS-P ymmärtää. Tämän ohjelmointi vaati laitteeseen kirjautumisen nettiselaimella. Näistä asetuksista pystyttiin muuttamaan laitteen IP-osoite sopivaksi aikaisemmin määritetyn AS-P:n IP-osoitteen kanssa (5.3). Lisäksi piti kytkeä päälle BACnet-liikennöinti. Tämän jälkeen laite löytyi helposti Workstation Device Discovery-toiminnolla (5.3) ja se voitiin liittää BACnet-väylään. Laitteiston testausta ei voitu suorittaa, koska ohjelma siihen ei ole valmis, eikä ohjelman tekeminen kuulu tähän opinnäytetyöhön.

Paloilmoitinkeskuksen rajapinnan luontiin tarvittiin hakea paloilmoitinkeskuksen tiedosto, jossa sen asetuksen oli määritelty. Tämä tiedosto saatiin kirjautumalla selaimen kautta keskuksen ja samalla pystyttiin kytkemään päälle RS485-protokolla, joka tarvitaan väylän liikennöintiin. Tämän tiedoston avulla pystytään luomaan omalla ohjelmalla "AS EN54 Configuration Tool" rajapinta serverille, jonka kautta paloilmoitinkeskus kommunikoi AS-P serverin kanssa. Rajapintaa ei pystytty testaamaan, koska laitteisto ei ole vielä valmis, eikä sen rakentaminen kuulu tähän opinnäytetyöhön.

Koska rajapintoja ei ole pystytty testaamaan, on työn suorittaja luvannut tulla tarkistamaan niiden toimivuuden jälkikäteen, kunhan muu ohjelmisto on siihen valmis.

## 6 YHTEENVETO JA POHDINTA

### 6.1 Fyysinen toteutus

Rakentamisen lähtökohtana oli pyrkiä tekemään mahdollisimman liikuteltava kokonaisuus. Valvomalakeskus saatiin pyörillä olevalle telineelle ja tulopuhallin on rakennettu omalle telineelleen. Molemmissa on hyödynnetty pikaliittimiä, joidenka avulla nopeat kytkentöjen irrottamiset ja takaisinkytkemiset ovat nopeita ja helppoja. Mikäli vaurioita ei tule, pystytään kaikkia laitteita käyttämään, ohjelmoimaan ja siirtämään ilman minkäänlaisia työkaluja. Tämän takia mielestäni fyysisessä rakentamisessa on onnistuttu tältä osalta hyvin. Laitteistoista tuli ehkä hieman liian suuria, mikä vaikeuttaa siirrettävyyttä jonkin verran. Toisaalta suunnittelussa otettiin huomioon mahdollinen laajentamisen tarve, joten ylimääräinen tila voi tulla tarpeeseen.

Kaikki johdotukset tehtiin hyvien asennustapojen mukaisesti. Holkit asennettiin kaikkiin johtimiin ja kutistesukkaa käytettiin kaikissa katkaisukohdissa. Johtimet pyrittiin asettelemaan siististi ja ne niputettiin nippusiteillä paikalleen, etteivät johtimet roikkuisi ilmassa. Sähköturvallisuus otettiin huomioon ja molemmille syöttöjohtimille suoritettiin asianmukainen käyttöönottestaus ennen luovutusta.

### 6.2 Ohjelmiston toimivuus

Ohjelmisto pyrittiin luomaan yksinkertaisesti ja helposti ymmärrettävästi, sekä ennen kaikkea toimivaksi. Ohjelmiston toimivuudesta käytiin viikoittain keskustelua tilaajan kanssa, jossa keskusteltiin oppilaiden tarpeista, sekä työn suorittajan ja tilaajan näkemyksistä asiaan liittyen. Aina uusien ideoiden noustessa pintaan pohdittiin idean toimivuutta ja tarpeellisuutta.

Itse ohjelmat ovat testauksen aikana toimineet hyvin, mutta varsinaiseen koetukseen laitteistoa ei ole vielä saatu oppilaiden käsiin. Mielestäni ohjelmistot ja niihin kehitetyt harjoitustehtävät voisivat palvella hyvin opetuskäytössä ja ne on kehitetty alalla työskentelevän ihmisen näkökulmasta. Harjoitustehtävissä on pyritty tuomaan esille työssä usein nähtäviä vikatilanteita ja näin pyritty tarjoamaan oppilaille mahdollisuus tutustua prosessiin niiden näkökulmasta.

### 6.3 Dokumentointi

Työstä on luotu erikseen kytkentäkuvat kaikille laitteistoille. Lisäksi laitteistoille on luotu lyhyet käyttöohjeet, joissa on esitelty lyhyesti näkemystä millaisia tehtäviä oppilaat voisi suorittaa kehitetyssä oppimisympäristössä.

### 6.4 Tavoitteiden onnistuminen

Mielestäni kokonaisuus onnistui hyvin ja pystyttiin vastaamaan tilaajan toiveisiin, sekä opiskelijoiden tarpeisiin. Jatkuva kommunikointi tilaajan kanssa vaikutti lopputulokseen paljon ja poikkesi paljon työn toteuttajan näkemystä. Tilajalla on tietoa, minkälainen ympäristö toimii, minkälaisia resursseja opetukseen on mahdollista laittaa ja millaisia asioita kursseilla käydään läpi. Tämän takia jatkuva kommunikointi vaikutti työn onnistumiseen suuresti ja lopputulos on varmasti huomattavasti hyödyllisempi.

Lisäksi työnsuorittaja on luvannut toimia jatkossa yhteistyössä tilaajan kanssa erilaisten ongelmalanteiden ja jatkokehityksen suhteen. Tällä pyritään lisäämään Savonia Ammattikorkeakoulun ja Schneider Electricin yhteistyötä.

## 6.5 Jatkokehitys

Myös jatkokehityksen mahdollisuus oli vahvassa asemassa työtä suorittaessa. Tämän takia laitteistot ylimitoitettiin ja uusille komponenteille pyrittiin jättämään tilaa.

Jatkokehityksen ideoita voisivat olla esimerkiksi pienen sähköpatterin lisääminen tulopuhaltimeen, jolla ilmaa saataisiin lämmitettyä. Puhaltimen voisi myös lisätä johonkin pieneen huoneeseen niin, että tuloventtiili olisi ulkona. Näin huoneen olosuhteita voitaisiin oikeasti muuttaa.

Lisäksi yhteistyöprojektina voitaisiin kehittää pieni lämmönjakokeskus esimerkiksi konetekniikan opiskelijoiden kanssa. Tällä saataisiin opiskelijoiden ulottuville kaksi rakennusautomaation tärkeintä elementtiä, lämmönjakokeskus ja IV-koneet, jotka oppimisympäristö jo tarjoaa.

Uusia harjoitustehtäviä ja ominaisuuksia voi aina kehittää lisää. Ohjelmointi puolta voi aina parantaa ja tehdä eri tavalla. Jatkossa olisi hienoa, jos Savonia pystyisi tarjoamaan myös ohjelmointi kurssin rakennusautomaatioon liittyen, jossa myös perehdyttäisiin prosessiin hieman syvällisemmin, kuin peruskurssilla.

## LÄHTEET

- Designing Buildings. (25. 1. 2022). *Designing Buildings The Construction Wiki*. Haettu 27. 4. 2022 osoitteesta Designing Buildings:  
[https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building\\_management\\_systems\\_BMS](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building_management_systems_BMS)
- Electrical Engineering Portal. (7. 12. 2016). *9 rules for correct cabling of the Modbus RS485 communication systems*. Haettu 21. 4. 2022 osoitteesta Electrical Engineering Portal: <https://electrical-engineering-portal.com/correct-cabling-modbus-rs485#:~:text=In%20order%20to%20avoid%20signal,ends%20of%20the%20main%20cable.>
- FläktGroup. (2019). *FläktGroup*. Haettu 20. 4. 2022 osoitteesta  
<https://www.flaktgroup.com/fi/products/ilman-hallinta-ja-huonelaitteet/mittaus-saato-ja-sulkupellit/saato-ja-mittauspellit/iris-mittaus-ja-saatolaite/>
- HK Instruments. (ei pvm). *hkinstruments.fi*. (HK Instruments) Haettu 8. 4. 2022 osoitteesta  
<https://hkinstruments.fi/tuotteet/paine-erolahettimet-ilmalle/dpt-r8/>
- Ilmanvaihto ja ilmastointitekniikka. (21. 9. 2019). *Erilaiset lämmöntalteenotto ratkaisut (labraharjoitus 3)*. Haettu 27. 4. 2022 osoitteesta  
<https://ilmanvaihtojailmastointitekniikka.blogspot.com/2019/09/labraharjoitus-3-erilaiset.html>
- NI. (17. 3. 2020). *PID Theory Explained*. Haettu 27. 4. 2020 osoitteesta <https://www.ni.com/sv-se/innovations/white-papers/06/pid-theory-explained.html>
- Omega. (ei pvm). *How Does a PID Controller Work?* Haettu 27. 4. 2022 osoitteesta  
<https://www.omega.co.uk/prodinfo/how-does-a-pid-controller-work.html>
- Schneider Electric. (01. 05. 2018). *se.com*. (Schneider Electric) Haettu 8. 4. 2022 osoitteesta  
<https://www.se.com/fi/fi/download/document/03-20035/>
- Sutinen, M. (13. 7. 2020). *Lämmönjakokeskus – kaukolämmitetyn talon sydän*. Haettu 27. 4. 2022 osoitteesta <https://www.oulunenergia.fi/ajankohtaista/blogi/lammonjakokeskus--kaukolammitetyn-talon-sydän/>
- Sähkötieto Ry. (11. 10. 2018). *Sähköinfo Severi*. Haettu 20. 4. 2022 osoitteesta ST Käsikirja 17:  
<https://severi.sahkoinfo.fi/item/234>
- Talotekniikka Info. (01. 1. 2019). Haettu 20. 4. 2022 osoitteesta  
<https://talotekniikkainfo.fi/esimerkit/kayttoveden-lampotila-ja-laatu>
- Talotekniikka Info. (07. 6. 2019). *16 Epäpuhtauksien leviäminen lämmöntalteenottolaitteessa*. Haettu 27. 4. 2022 osoitteesta <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/16-epapuhtauksien-leviaminen-lammontalteenottolaitteessa>
- Vandoren, V. (26. 7. 2016). *Controleng*. Haettu 21. 4. 2022 osoitteesta Understanding PID control and loop tuning fundamentals: <https://www.controleng.com/articles/understanding-pid-control-and-loop-tuning-fundamentals/#:~:text=The%20PID%20formula%20weights%20the,D%20is%20the%20derivative%20ti> me.

## LIITE 1 KUUTIO IV-KONEEN KÄYTTÖ- JA TYÖOHJE

Kyseessä on pieni kuutiokone, joka on väylän avulla liitetty valvomoalakeskukseen. Työn suorittamiseen tarvitsette tietokoneen, jossa on Workstation ohjelma ja lisenssi. Toinen vaihtoehto on käyttää valvomokeskuksen kannessa olevaa näyttöä, johon opettaja antaa tunnukset. Työn suorittamiseen tarvitsette pientä pohjatietoa väylälaitteista ja väylärekistereistä, peruskäsityksen ohjelmoinnista ja automaation perussäätö toiminnoista.

Kone käyttää liikennöintiin Modbus-väylää, joka on kytketty perinteisellä Jamak-kaapelilla. VAK:in kylkeen on tehty pikaliittimet helpottamaan kytkennän tekemistä. Vasemmassa yläreunassa on kaksi pikaliitin paikkaa, johon puhaltimelta tuleva kaapeli kytketään. Lisäksi puhaltimelta tulee kuusi kappaletta KLMA kaapeleita, jotka pitää kytkeä VAK:in takana olevalle riviliitinkotelolle. Tässä tarvitsette kytkentäkuvia, että kytkennät menevät oikein. Laitteistoon EI SAA kytkeä virtaa, ennenkuin opettaja on tarkistanut kytkennät. Virheellinen kytkentä voi johtaa laitteiston rikkoutumiseen. Lisäksi on kiinnitettävä ilmaletkut, jotka tulevat painemittareilla. Näissä on merkinnät ja niiden kytkeminen pitää itse päätellä.

Kun opettaja on tarkistanut kytkennät voi laitteiston käynnistää ja odottaa noin 1–2 minuuttia, että laitteisto käynnistyy. Tämän jälkeen serverille voidaan kirjautua käyttämällä tietokonetta tai käyttöpaneelia. Tietokonetta käyttäessä RJ45 kaapeli tulee kytkeä VAK:in kannessa olevaan RJ45 pikaliittimeen. Kun tietokone on asetettu oikeaan IP-avaruuteen, voidaan yhteys testata ”komentokehote” ohjelmalla ja käyttämällä Ping-toimintoa. Tähän tarvitsette laitteiston IP-osoitteen. Kyseisen IP-osoitteen antaa opettaja. Kun yhteys on muodostettu, voidaan laitteistoon kirjautua Workstation ohjelmistolla. Yhteyden testausta ei ole pakko suorittaa, mutta se on nopeampi tapa testata yhteyden toimivuus.

Nyt konetta voidaan tarkastella ja ohjata grafiikkakuvalta. Näytöllä näkyy lämpötilat eri kanavista, painemittaukset ja peltien säätöviestit. Tarkoituksena on tutkia koneen rekisterejä, ohjelmistoa ja grafiikkakuvaa. **Mitä Modbus-rekisterit ovat? Millainen ohjelmisto on ja mitä se tekee.** Grafiikkakuvasta voi pakottaa erilaisia asioita päälle ja muuttaa säätöjä. **Mitä näistä seuraa ja miksi?** Muuttakaa näytöltä jotain arvoa ja etsikää ohjelmistosta mihin se vaikuttaa, **miksi joitakin arvoja ei pysty muuttamaan?** Pyörittäkää puhaltimen putkien päissä olevia säätöventtiilejä. **Mitä siitä seuraa ja miksi?**

Pyrkikää tutkimaan ohjelmistoa hyvin tarkasti ja kirjatkaa pääpiirteet havainnoistanne. Kiinnittäkää huomiota yllä mainittuihin asioihin. Mitä tarkemmin tutustutte eri toimintoihin ja syyseuraus suhteisiin sen paremmin olette työssä suoriutuneet. Ohjelmistoa saa muokata vapaasti, koska toimivasta versiosta on opettajalla varmuuskopio.

Ennakkotehtävä: Tutustukaa Modbus-väylän toimintaan. Mitä ovat rekisterit ja miten ne toimivat? Tutustukaa FunctionBlock ohjelmointiin ja sen perusteisiin. Myös ilmanpaineeseen ja sen käyttäytymiseen on suositeltavaa.

## LIITE 2 TULOPUHALTIMEN KÄYTTÖ- JA TYÖOHJE

Kyseessä on yksinkertainen tuloilmapuhallin. Laitteistossa on säätimenä MP-C 15 A yksikkö, pieni EC-moottori, peltimoottori, kanavapainemittaus, säätöventtiilit puhaltimen molemmissa päissä ja käyttöpaneeli.

Tämän laitteiston tarkoituksena on perehdyttää käyttäjänsä puhaltimien perustoimintaa ja oppia eri vikatilanteiden vaikutuksesta prosessin käyttäytymiseen. Pohjatietona vaaditaan perusymmärrystä automaatioääädöistä, fysiikasta ja rakennusautomaatiosta. Tarkoitus on kumminkin tarkoita oppimisympäristö hyvin matalalla kynnyksellä, joten syvempää osaamista ei tarvita. Tarkoituksena on etukäteen pohtia vikatilanteiden aiheuttamia vaikutuksia prosessiin ja kirjata mietteitä ylös mitä voisi tapahtua. Tämän jälkeen laitteistoa testataan ja verrataan omia päätelmiä prosessin käyttäytymisen kanssa.

Laitteiston käyttäminen on tehty yksinkertaiseksi ja helpoksi. Laitteisto kytketään verkkojännitteeseen, jonka jälkeen odotetaan noin 1 minuutti, että järjestelmä käynnistyy. Tämän jälkeen pohjassa olevaa painonappia painetaan yhden kerran, minkä jälkeen prosessi käynnistyy. Prosessin annetaan vakaantua ja sen jälkeen voidaan prosessia muuttaa. Prosessia voidaan muuttaa kotelon sivussa olevalla viidellä painikkeella, jotka jokainen luovat oman vikatilanteensa. Lisäksi puhaltimen molemmissa päissä on käsin säädettävät venttiilit, joiden avulla voidaan vaikuttaa ilman virtaamiseen ja kanavapaineeseen.

Kyljessä olevat napit luovat vikatilanteen, jonka vaikutus prosessiin voi olla hidaskin. Nappia pitää malttaa painaa vain yhden kerran ja odottaa prosessin reagoitua. Napin uudelleen painaminen poistaa vikatilanteen ja toisen napin painaminen poistaa aikaisemman vian ja kytkee uuden vian päälle.

Lisäksi kotelon kannessa on kosketusnäyttöinen paneeli. Tämä paneeli mittaa huoneesta lämpötilaa ja hiilidioksidi pitoisuutta. Lisäksi näytöstä voidaan asettaa lämpötila pyynti, jota säädin sitten seuraa. Vakio asetuksella puhallin ajaa vakiokanapapaineella, mutta paneelista voidaan valita joko lämpötilatehostus tai hiilidioksidi tehostus.

Tehtävän suorittaminen:

1. Perehtykää ennakkoon rakennusautomaation perusteisiin, PID-säätöön ja ilmanpaineen käyttäytymiseen.
2. Opettaja kertoo etukäteen, millaisia vikatilanteita napeista syntyy
3. Opiskelijat pohtivat 2–4 hengen ryhmissä, mitä näistä vikatilanteista voisi seurata prosessin kannalta ja kirjaavat ajatuksiaan ylös.
4. Oppilaat käynnistävät järjestelmän ja odottavat kanavapaineen tasaantumista. Tämän jälkeen he voivat vapaassa järjestyksessä kytkeä vikatilanteen päälle. Oppilaat tarkastelevat prosessia aistillisesti ja kirjaavat mikä vika mahdollisesti on päällä. Mikäli vika tarvitsee yleismittaria vian tarkentamiseen, sellaisen käyttö on sallittua. Opettaja ohjeistaa tarvittaessa. Tämän jälkeen he kirjaavat ylös mitä vika aiheutti prosessissa. Miten tämä poikkeaa aikaisemmista ajatuksista? Miksi omat päätelmät eivät täsmänneet?
5. Lopuksi oppilaat säätävät venttiilejä käsin ja kirjaavat ylös mitä siitä tapahtuu. Miksi näin tapahtuu?
6. Kirjoittakaa oma raportti asiasta ja kirjatkaa päätelmänne ja ajatukset ylös. Mitä opitte ja tuliko jokin asia yllätyksenä?