



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

SONJA ARMIO

# **Sali-ilmastoinnin automaatio-suunnittelun kehittäminen**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIikka  
2021

Tekijä Armio, Sonja	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Tammikuu 2021
	Sivumäärä 27	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Sali-ilmastoinnin automaatio suunnittelun kehittäminen</b>		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- & automaatiotekniikka		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää sali-ilmastoinnin ja huuuvan ilmastoinnin automaatio suunnittelua luomalla esimerkki virtauskaavioiden pohjalta mallilukitus- ja -funktiokaaviot. Opinnäytetyön tavoitteena oli saada tehostettua ilmastointijärjestelmien suunnittelutyötä ja löytää suunnittelusta sellaisia kehityskohteita, joilla pystytään luomaan lisää tehokkuutta.</p> <p>Työ suoritettiin Proense Oy:n toimeksiantona, koska yrityksellä ei vielä entuudestaan ollut ilmastointijärjestelmien automaatio suunnitteluun valmiita mallilukitus- ja -funktiokaavioita.</p> <p>Työssä pyrittiin löytämään suunnitteluprosessin kehityskohteita ja pyrkiä mallikaavioiden suunnittelussa luomaan tehostavia ratkaisuja. Proense käyttää tietokantaa suunnittelussa ja se nousi keskeiseen rooliin tässä opinnäytetyössä. Mallikaavioiden suunnittelussa pyrittiin tuomaan esiin kaikki se informaatio, mitä suunnittelijan tulee tietää syötäessään tietoja tietokantaan.</p> <p>Opinnäytetyön tulokseksi saatiin luotua työn tilaajalle mallilukitus- ja funktiokaaviot. Kaavioita pystytään käyttämään monipuolisesti suunnittelun tukena tulevilla kohteilla.</p>		
<a href="#">Asiasanat</a> Kehittäminen, automaatio suunnittelu, ilmastointi, säätötekniikka		

<p>Author Armio, Sonja</p>	<p>Type of Publication Thesis AMK</p>	<p>Date January 2021</p>
	<p>Number of pages 27</p>	<p>Language of publication: Finnish</p>
<p>Title of publication <b>Development of hall ventilation automation design</b></p>		
<p>Degree program Electrical and Automation Engineering</p>		
<p>The purpose of this thesis was developed automation design for hall and hood ventilation by creating model interlocking and function diagrams based on example flowsheets. The aim of the thesis was to make the ventilation design more efficient and to find such development targets in the design that can create more efficiency.</p> <p>The thesis was commissioned by Proense oy, as the company did not yet have model interlocking and function diagrams ready for the automation design of ventilation systems.</p> <p>The aim of the work was to find areas for development in the design process and to try to create more efficient solutions when designing model diagrams. Proense oy uses database in design and it rose to a central role in this thesis. The design of model diagrams sought to bring out all the information that designer needs to know when entering data into the database.</p> <p>As a result of the thesis, model interlocking, and function diagrams were created for the client. The diagrams can be used in many ways to support planning in future projects.</p>		
<p><u>Key words</u> Development, automation design, ventilation, automatic control</p>		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
1.1 Työn toimeksiantaja.....	6
2 PROSESSI YLEISESTI.....	7
3 SÄÄTÖTEKNIIKASTA YLEISESTI.....	7
3.1 Säättöpiiri .....	8
3.2 Säädin.....	9
3.2.1 P-säätö.....	9
3.2.2 PI-säätö.....	9
3.2.3 PID-säätö.....	10
4 TEKNISET KAAVIOT .....	10
4.1 Prosessi- ja instrumentointikaavio .....	10
4.1.1 Instrumentointi tunnus .....	11
4.2 Lukituskaavio.....	13
4.3 Funktiokaavio.....	14
5 SALI-ILMASTOINNIN MALLIKAAVIOIDEN SUUNNITTELU .....	15
5.1 Lämmönjako yksikkö.....	15
5.2 Sekoitusosa.....	17
5.3 Tulo- ja poistoilmakoneen osia .....	17
5.3.1 Säättö- ja sulkupellit.....	18
5.3.2 Suodattimet .....	18
5.3.3 Lämmityspatteri .....	18
5.3.4 Puhaltimet .....	19
5.4 Huuvan ilmastointi.....	20
5.4.1 Nosto-ovet.....	23
6 TIETOKANNAN KÄYTTÖ SUUNNITTELUSSA .....	23
7 YHTEENVETO .....	24
LÄHTEET	
LIITTEET	

## Kuvaluettelo

Kuva 1. Lohkokaavio takaisinkytketystä säätöpiiristä.

Kuva 2. PI-kaavio tuloilmakoneesta.

Kuva 3. Painesäätimen tunnus hajautetussa automaatiojärjestelmässä.

Kuva 4. Esimerkki pumpun lukituksista

Kuva 5. Esimerkki virtaussäätimen funktiokaavio esityksestä.

Kuva 6. Aksiaalipuhallin.

Kuva 7. Radiaalipuhallin.

Kuva 8. Suljettu huuva.

Kuva 9. Nykyaikaisen paperikoneen lämmöntalteenottoratkaisu.

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on laatia työn toimeksiantajan käyttöön sali-ilmastoinnin ja huuvan ilmastointiin mallifunktio- ja lukituskaaviot. Mallikaavioilla pyritään tehostamaan sali- ja huuvan ilmastoinnin automaatiojärjestelmän suunnittelutyötä.

Tässä työssä keskitytään paperiteollisuuden teollisuushallien sali-ilmastointiin ja huuvan ilmastointiin. Sali-ilmastointi on tärkeä osa toimivaa tuotantohallia. Huuvan ilmastointi sen sijaan on tärkeä paperikoneen kuivausprosessin kannalta saada optimaaliseksi. Hyvin suunnitellulla ja toimivalla ilmastoinnilla saavutetaan energiatehokkuutta, stabiilit olosuhteet prosessille, sekä kostean ja epäpuhtaan ilman hallittu poisto.

Työssä käydään läpi säätötekniikan perusteita, vastataan kysymyksiin, mihin mitäkin teknisiä dokumentteja tarvitaan, sekä perehdytään sali-ilmastoinnin ja huuvan ilmastoinnin toimintaan sekä automaatiojärjestelmän suunnittelussa huomioitaviin seikkoihin. Lisäksi työssä on käsitelty lyhyesti tietokannan hyödyntämistä suunnittelussa ja miten tietokanta on huomioitu mallikaavioiden suunnittelussa.

## 1.1 Työn toimeksiantaja

Työn toimeksiantaja on vuonna 2016 perustettu insinööritoimisto Proense. Yhtiö on erikoistunut prosessiteollisuuteen ja tarjoaa sähkö-, automaatio- ja prosessisuunnittelua. Proensen toimitusjohtajana ja yhtiön toisena perustajana toimii Jani Kautto. Yhtiön toimipiste sijaitsee Porissa, mutta toimii projekteissa globaalisti. Toimeksiantaja työllistää työn kirjoitushetkellä 15 sähkö-, automaatio ja prosessitekniikan ammattilaista. (Proensen www-sivut)

## 2 PROSESSI YLEISESTI

Prosessi voidaan ajatella tapahtumaketjuksi, jossa tapahtumaa seuraa uusi tapahtuma tai samanaikaisesti tapahtuu rinnakkain eri tapahtumia, kunnes tapahtumista seuraa haluttu tulos kuten paperia.

Prosessi on sähköisistä ja mekaanisista ilmiöistä koostuva järjestelmä. Prosessista riippuen, siinä voi esiintyä kaasujen, nesteiden tai kiinteiden aineiden virtausta, kemiallisia reaktioita ja lämmön siirtymistä. Voimalaitokset ja paperikoneet ovat tyypillisiä prosesseja. Instrumentoinnilla prosessin säätämiseen ja valvontaan käytettäviä säätimiä, mitta- ja toimilaitteita. Prosessin säädössä keskeisenä käsitteenä on prosessidynamiikka, jolla tarkoitetaan prosessin tulon muutoksen vaikutuksen etenemistä prosessissa ajan mukana. (Automaatioseuran www-sivut)

## 3 SÄÄTÖTEKNIKASTA YLEISESTI

Prosessin lähtömuuttujia ohjataan säätimellä ennalta asetettuun tavoitearvoon eli asetusarvoon. Säädön tavoite on ohjata säätimen lähtömuuttujaa seuraamaan tavoitearvoa ja sen muutoksia mahdollisimman tarkasti. (Kippo & Tikka, 2008, s. 24)

Säädin kerää prosessista reaaliaikaisen mittaustiedon vertaa sitä käyttäjän tai toisen säätimen antamaan asetusarvoon ja laskee erosuureen. Erosuuretta laskiessa säädin laskee korjaavia toimenpiteitä systeemin vastetarkasteluiden ja säätöparametrien pohjalta sekä toteuttaa korjaavat säätötoimenpiteet. Säädin ohjaa toimilaitetta saadun erosuureen perusteella. Järjestelmissä esiintyy häiriöitä kuten mittauskohinaa ja siksi säätösysteemiltä halutaan nopeaa reagointikykyä, hyvää häiriöiden kompensointikykyä ja tarkkaa vertailusignaalin seuranta, jotta säätösysteemi on stabiili ja käyttäytymisen tavoitteiden mukaista. (Kippo & Tikka, 2008, ss. 23-24)

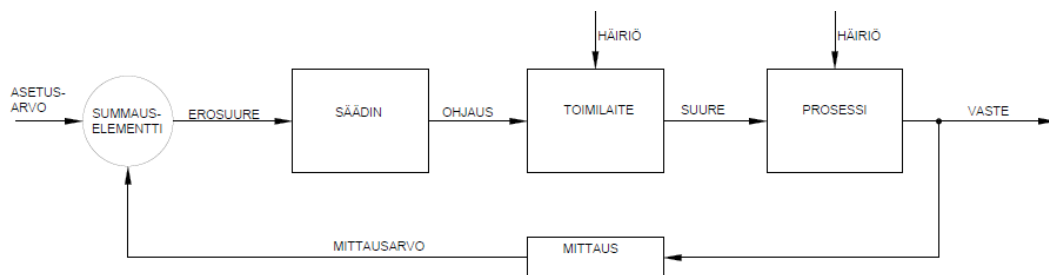
Seuraavissa kappaleissa on tarkemmin kerrottu säätöpiiristä ja eri säätimistä ja niiden toimintaperiaatteista.

### 3.1 Säättöpiiri

Säättöpiiri on automaatiotekniikan perusta. Säättöpiiri käsittelee prosessiin tapahtumat, lähtömuuttujan mittauksen, mittausarvon vertailun asetusarvoon ja takaisinkytkennän. Säädynyksikkö muuttaa toimilaitteen ohjaussuureta erosuureen perusteella, joka vaikuttaa suoraan prosessiin. Automaattiohjauksessa (suljettu säättöpiiri) säädin käyttää säätämiseen takaisinkytkentää. Takaisinkytkennässä prosessin lähtömuuttuja pyritään saamaan asetusarvoonsa muuttamalla systeemin tulomuuttujaa. Manuaaliohjauksessa (avoin säättöpiiri) takaisinkytkentää ei ole ja säätimen lähtöä ohjataan käsin. (Kippo & Tikka, 2008, s.24, 38)

Kuva 1 esittää lohkokaaavio esityksenä takaisinkytkettyä säättöpiiriä. Säättöpiiri sisältää seuraavat:

- Kohde, prosessi.
- Toimilaite, esim. venttiili.
- Mittaus, mittausarvo prosessin tilasta.
- Asetusarvo, tavoiteltava mittausarvo.
- Ohjaus, eli säätimen korjaustoimenpide toimilaitteelle, jotta mittaus saavuttaa asetusarvon.
- Säädin, antaa ohjauksen toimilaitteelle.



Kuva 1. Lohkokaavio takaisinkytketystä säättöpiiristä



## 3.2 Säädin

Säädin käsittelee mittaussignaalia ja laskee mittaussignaalin ja asetusarvon välisen erosuureen, sekä säätöalgoritmien viritysparametrien avulla säätimen lähtömuuttujalle ohjausarvon, joka ohjaa säätöpiirin toimilaitetta. (Kippo & Tikka, 2008, s. 35)

Säädöllä pyritään poistamaan häiriö säätimen antamasta ohjaussuureesta. Säätimen ohjaussuure riippuu säätimen sisällä olevasta kaavalohkosta ja lohkon sisältämästä säädön matemaattisesta kaavasta. Kaavalohkossa erosuure muokataan valitun säätömuodon matemaattisella kaavalla. Yleisimpiä säätömuotoja ovat P-, PI-, PD- ja PID-säätö. Teollisuudessa yleisin säätömuoto on PID. (Keuda [www-sivut 2020](#))

### 3.2.1 P-säätö

P-säädön kirjain P tulee englannin kielen sanasta proportional, joka tarkoittaa verrannollista. P-säätö muuttaa säätimen lähtöä toimilaitteelle verrannollisesti erosuureeseen nähden. (Savolainen & Vaittinen, 2007, s. 30) P-säätö ei ole kovin tarkka ja se jättää usein lähtömuuttujalle asentovirhe. Virheellä tarkoitetaan sitä, että lähtömuuttujan vasteen ja tavoitearvon välille jää virhe. (Kippo & Tikka, 2008, s. 130)

### 3.2.2 PI-säätö

PI-säätö sisältää P-säädön lisäksi integroivan osan, jota kuvastaa kirjain I. Integroivaa osaa käytetään useasti yhdessä P-säädön kanssa. Integroiva osa kasvaa, jos erosuure on suurempi kuin 0 ja vähenee jos erosuure on pienempi kuin 0. Integroivalla säädöllä saavutetaan tarkempi ohjauslähtö, jolloin P-säädön asentovirhe jää pois ja lähtömuuttuja saavuttaa asetusarvon. (Kippo & Tikka, 2008, s. 131)

Tässä opinnäytetyössä käytetään PI-säätöä sali-ilmastoinnin ja huuvan ilmastoinnin säätämiseksi, koska PI-säätö sopii parhaiten ilmastointiprosesseihin.

### 3.2.3 PID-säätö

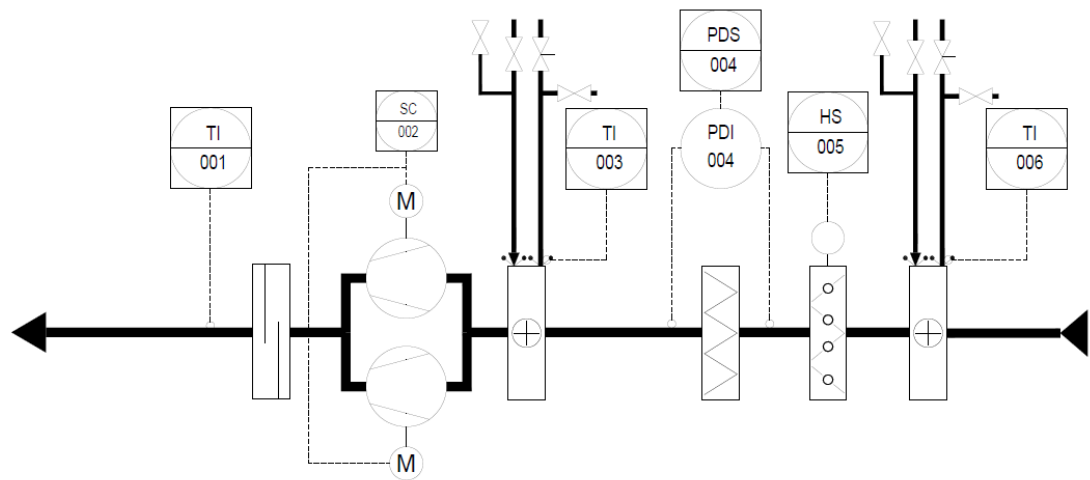
PID-säätö sisältää aikaisemmissa kappaleissa käytyt P- ja I-osat, sekä D-osan. D-säätö, eli derivoiva säätö reagoi erosuureen muutosnopeuteen. Derivoivasta säädöstä käytetään myös nimitystä ennakoiva säätö, koska derivaatan avulla muutosnopeutta voidaan ikään kuin ennustaa järjestelmän käyttäytymistä tulevaisuudessa. Järjestelmän käyttäytymisen oletetaan jatkavaan samaan suuntaan, kun tarkasteluhetkellä. D-osan vaikutus on sitä voimakkaampi, mitä suurempaa derivointiaikaa käytetään.

PID-säädin on yleisimmin käytetty säädin teollisuudessa, mutta derivoiva säätö harvemmin soveltuu prosessiteollisuuteen, sillä D-osa korostaa mittauskohinaa, jota esiintyy prosessiteollisuuden mittaussignaaleissa. (Automaatioseuran [www-sivut](#))

## 4 TEKNISET KAAVIOT

### 4.1 Prosessi- ja instrumentointikaavio

Prosessi- ja instrumentointikaavio eli PI-kaavio on piirrustustyyppi, jossa kuvataan prosessin kulkua ja esitetään prosessin putkitusta ja instrumentointia. Instrumentointiin luetaan mittausanturit, mittauslaitteet, mittamuuntimet, mittalähettimet, prosessi-liitännät sekä ohjattavat ja säädettävät laitteet. (Kippo & Tikka, 2008, s. 43) Kaaviossa esitetään myös instrumenttien positiot, kytketyminen toisiinsa ja niiden sijainti. PI-kaaviota ei esitetä todellisessa mittakaavassa.



Kuva 2. PI-kaavio tuloilmakoneesta.

PI-kaavio toimii keskeisenä lähtökäsitteenä kaikille suunnitteluun osallistuvilla osapuolilla ja se onkin tärkeä dokumentti koko prosessin elinkaaren ajan. PI-kaaviota tarvitaan kunnossapitotoiminnassa, prosessimuutosten yhteydessä, sekä kokonaisuuden hahmottamiseen. (Kippo & Tikka, 2008, s. 91)

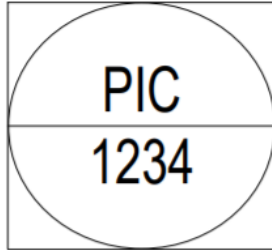
Kaaviossa esitetään mittaus ja ohjauspiirit niiden toimintaa kuvaavien kirjainyhdistelmien. Seuraavassa kappaleessa käydään tarkemmin läpi kirjainyhdistelmien käyttö ja positiointi.

#### 4.1.1 Instrumentointi tunnus

Prosessi- ja instrumentointikaavioissa käytetään standardin SFS-ISO 14617-6 määrittelemiä säätö- tai mittauspiirien tunnuksia. Instrumentti tunnukset esitetään ympyrän sisällä siten, että tunnuksen muodostava kirjainosa sijoitetaan ympyrän yläosaan ja tunnusnumero eli positionumero ympyrän alaosaan. Taulukko 1 on standardin mukaiset määritykset kirjainosan muodostamiseen. Ensimmäinen kirjain kuvaa prosessisuuretta, toinen kirjain lisämääreitä ja loput kirjaimet kuvaavat piirin toimintaa. Jos kirjainosassa esiintyy enemmän kuin kaksi taulukon 1 mukaista kirjaintunnusta on loput kirjaimet asetettava perätyksen seuraavassa järjestyksessä,

G, I, B, R, C, T, X, Y, Q, S, Z, A

Ympyrän leikkaava viiva kuvastaa sitä, että säätölaite saa ohjauksen valvomosta. Ne-  
liön sisälle sijoitettu instrumenttiympyrä tarkoittaa sitä, että säätölaitteen ohjaus tapah-  
tuu hajautetussa automaatiojärjestelmässä. Hajautettu automaatiojärjestelmä on ylei-  
nen suurissa teollisuuden prosesseissa kuten sellutehtaissa.



Kuva 3. Painesäätimen tunnus hajautetussa automaatiojärjestelmässä.

Taulukko 1. Määritykset PI-kaavioissa käytettäville kirjaimille. (SFS-ISO 14617-6, s.24, 26)

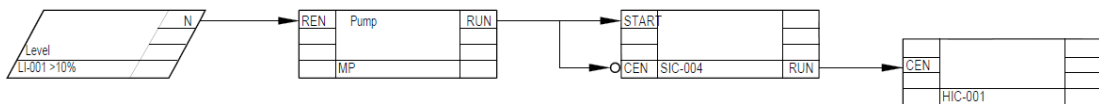
Kirjaintunnus	Mittasuure tai sen alkuperä	Lisämäärite	Toiminta
A			Hälytys
B			Eri tilojen näyttö
C			Ohjaus
D	Tiheys	Ero	
E	Sähkösuureet		Anturitoiminta
F	Virtaama	Suhde, murtoluku	
G	Suhde, asento, pituus		Tarkastelu
H	Käsiohjaus		
I			Osoitus
J	Voima	Pyyhkäisy, jaksottainen toiminta	
K	Aika	Muutosnopeus	
L	Pinnan korkeus		
M	Kosteus	Hetkellisesti	
N	Käyttäjän valittavissa		Käyttäjän valittavissa
O	Käyttäjän valittavissa		
P	Paine, alipaine		Testauskohdan yhteys
Q	Laatu	Yhtenäinen, kokonainen	Yhdistäminen, summaaminen

R	Säteily		Rekisteröinti, tallennus
S	Nopeus, taajuus		Kytkeä
T	Lämpötila		Lähetäminen
U	Monimuuttuja		Monitoiminta
V	Käyttäjän valittavissa		Vaikuttaminen prosessiin venttiilillä, pumpulla, jne.
W	Paino, voima	Kertominen	
X	Määrittelemätön		Määrittelemätön
Y	Käyttäjän valittavissa		Muuntaminen, laskenta
Z	Tapahtumien lukumäärä, määrä		Hätä- tai turvatoiminta

#### 4.2 Lukituskaavio

Lukituskaavioissa esitetään järjestelmän lukitukset, joilla suojataan ihmisiä, laitteita, laitteistoja ja prosessia tilanteilta, joissa ne voisi aiheuttaa vaaraa tai fyysinen omaisuus vahingoittua. Järjestelmä seuraa anturitietoja ja kynnsarvon ylittyessä suojaustoimenpiteet aktivoituvat. Suojaustoimenpiteitä voi olla esimerkiksi moottoreiden alas ajo tai venttiilien avaaminen/sulkeminen. Lukituksen voi muodostaa yksi tai useampi ehto, jotta toiminta tai prosessi voi jatkua. Esimerkiksi pintaehto, pumppu ei voi käydä, jos säiliön pinnankorkeus ei ole riittävä. Lukituskaavioiden suunnittelussa PI-kaavio on tärkeä lähtödokumentti.

Lukituskaavioissa sijoittelu tapahtuu siten, että kaavion vasempaan laitaan sijoitetaan ehdot kuten mittauksia, käytintietoja tai asentotietoja. Kaavion keskiosaan sijoitetaan toimilaitteet ja oikeassa reunassa säätöpiirit.

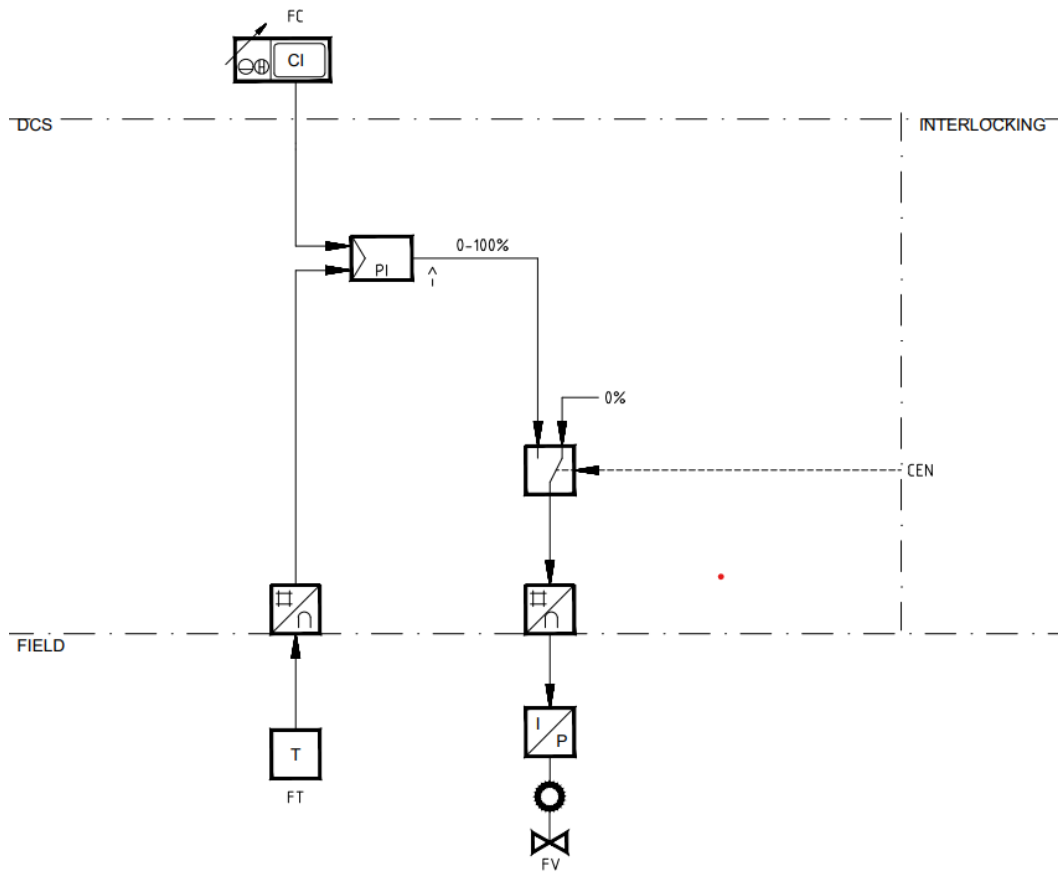


Kuva 4. Esimerkki pumpun lukituksesta.

### 4.3 Funktiokaavio

Funktiokaavio, toisin sanoen säätökaavio on tekninen dokumentti, jossa esitetään säätöpiirin toiminnallisuus. Toiminnallisuudella tarkoitetaan kaikkia niitä toimintoja, joita suunnittelija suunnittelee säätöpiirin ohjaukseen. Toimintoja voi olla erilaiset skaalaukset, laskennat, rampitukset ajan funktiona jne.

Kaavion alareunassa näytetään kaikki säätöpiirin kentälaitteet esimerkiksi venttiilit ja mittaus anturit. Kaavion keskiosassa esitetään ohjausjärjestelmässä tapahtuvat toiminnot, sekä piirin säädin, ohje- ja raja-arvoja. Kaavion yläosassa esitetään piirin näyttölaitteet. Funktioviyoissa näytetään myös viittaus piirin lukituskaavioon.



Kuva 5. Esimerkki virtaussäätimen funktiokaavio esityksestä.

## 5 SALI-ILMASTOINNIN MALLIKAAVIOIDEN SUUNNITTELU

Paperiteollisuudessa tuotantohallin ilmastointi koostuu sali-ilmastoinnista ja huuvan ilmastoinnista. Ilmastoinnilla tarkoitetaan tulo- tai kierrätysilman käsittelyä koneellisesti. Käsittelyssä voidaan vaikuttaa tuloilman puhtauteen, lämpötilaan, kosteuteen ja ilman liikehdintään. Ilmastoinnin tärkein tehtävä on riittävä ilmanvaihto, sekä lämpötilan hallinta. (Korkala, Ilmanvaihto - hoito ja huolto, 2020, s. 12)

Ilmastointijärjestelmä on kokonaisuus, jonka muodostavat

- tuloilmakone
- tuloilmakanavisto
- poistoilmakanavisto ja
- poistoilmakone (Korkala, Ilmanvaihto - hoito ja huolto, 2020, s. 12)

Mallikaavioita suunniteltaessa tulee ymmärtää perusteellisesti ilmastointiprosessi paperiteollisuusympäristössä. Seuraavissa kappaleissa kerron tarkemmin sali-ilmastointijärjestelmän ja huuvan ilmastoinnin eri laitteistoista ja näiden mallilukitus- ja -funktiokaavioiden suunnittelusta.

### 5.1 Lämmönjako yksikkö

Lämmönjakoyksikkö pitää sisällään pumput, lämmönvaihtimen, säätöventtiilin sekä paisunta-astian. Lämmönjakoyksikössä verkostossa kiertää glykolivesiseos, mikä lämmitetään prosessista poistuvalla ilmalla tai kattilalaitoksen tuottamalla höyryllä. Glykolivesiseoksen jäätymispiste on matalampi kuin veden.

Höyry saapuu tuloputkea pitkin lämmönjakokeskukselle, josta se johdetaan lämmönvaihtimen ensiöpuolelle. Lämmönvaihtimessa lämpö siirtyy lämmönvaihtimen toisipuolella kiertävään glykoliveteen joko johtumalla, lämpösäteilemällä tai konvektiolla. Nesteet eivät sekoitu keskenään missään vaiheessa. Lämmön siirtymistapa riippuu, siitä millainen lämmönvaihdin järjestelmässä on käytössä.

Lämmönjakoyksikön lämmityksen säätöventtiilillä säädetään ensiöpuolen höyryn virtausta lämmönvaihtimen läpi mittaamalla lämmitysverkostoon menevän glykoliveden lämpötilaa ja ulkolämpötilaa.

Lämmönjakoyksikön lämpötilasäädin saa asetusarvon ulkolämpötilan mittauksen skaalatusta arvosta (Liite 1) ja säätää ensiöpuolen säätöventtiiliä sen mukaan, mikä lämmönvaihtimen toisiopuolen glykoliveden lämpötilaa on. Jos menoveden lämpötila on alle asetusarvon säädin ohjaa venttiiliä enemmän auki ja päinvastoin jos menovesi on alle asetusarvon. (Liite 2)

Lämmönjakoyksikön kiertovesipumppuja on sali-ilmastoinneissa usein kaksi rinnan, joista yhtä ajetaan kerrallaan. Pumpuissa on vuorokäyttö, jolla pyritään pumppujen tasaiseen kulumiseen. Vikatilanteissa toinen pumppu käynnistyy automaattisesti. Kiertovesipumppuja ohjataan paine-erosäätimellä. Paine-erosäätimen tarkoituksena on taata verkoston riittävä paine.

Putkistoissa tulee olla enemmän kuin 1 baari painetta, jotta kiertovesipumput ja niiden taajuusmuuttajia ohjaavat SIC-piirit voivat käynnistyä. Tämän seurauksena voidaan vapauttaa lämpötila- ja painerosäätimet säädölle ja käynnistää sekoitusyksikön pumppu. (Liite 3)

Taajuusmuuttajia säätää paine-erosäädin. Säädin säätää taajuusmuuttajaa 0–100 % viiden sekunnin rampilla. Rampituksella pehmitetään moottorin käynnistymistä/pysäytystä ja vältetään paineiskut. Rampituksella saadaan myös vähennettyä käynnistysvirtaa. (Liite 4 & Liite 5)

Paisuntasäiliö tarkoitus on pitää lämmitysverkoston paine vakaana, sillä veden tilavuus muuttuu lämpötilan mukaan. Kuumentessa veden tilavuus laajenee, jolloin paisuntasäiliö ottaa laajentuneen veden vastaan. Viilentyessä veden tilavuus pienenee, jolloin paisuntasäiliö luovuttaa veden takaisin järjestelmän kiertoon. (Liite 6)



## 5.2 Sekoitusosa

Sekoitusosa eli shunttiryhmä on systeemi, joka koostuu kiertovesipumpusta, säätö- ja sulkuventtiileistä. Sekoitusosan tarkoituksena on muodostaa yhteys tulo- ja paluupuolen välille ja säädellä lämmitys- tai jäähdytyskuorman tehoa. Tehonsäätäminen on tarpeellista, koska tulo- ja paluupuolenjärjestelmät toimivat usein eri lämpötiloilla ja virtauksilla. Sekoitusosan tehonsäädöllä sekoitetaan tulo- ja paluupuolen väliaineet siten, että saavutetaan oikea lämpötila paluupuolelle. (Intervent www-sivut 2020)

Sekoitusryhmässä oleva säätöventtiili ja venttiiliä säätävä lämpötilasäädin säätää lämmityspattereiden läpi virtaavan glykoliveden virtauksen suuruutta. Toisin sanoen, säädin säätää pattereiden lämpötilaa. Mitä enemmän on virtausta, sitä lämpimämmät patterit ovat. Säädin säätää venttiiliä 0–100 % (kiinni/auki). (Liite 8)

Sekoitusosan lukitukset liittyvät lämmityspattereiden jäätymissuojan toimintaan. Lukitukset ja säädöt selitetään kappaleessa 5.3.3.

## 5.3 Tulo- ja poistoilmakoneen osia

Tulo- ja poistoilmakoneet ovat osa ilmastointijärjestelmää ja ne koostuvat erilaisista osista, joita tässä kappaleessa tullaan käsittelemään. Tulo- ja poistoilmakoneet ovat hyvin samankaltaisia ja niiden osat eivät poikkea rakenteeltaan tai toiminnaltaan kovasti toisistaan. (Korkala, Ilmanvaihto - hoito ja huolto, 2020, s. 129)

Tuloilmakoneessa tuloilma käsitellään haluttuun olomuotoon. Koneessa tuloilmalle annetaan myös ilmanjakeluun sopiva paine ja nopeus. Edellä mainittujen tehtävien suorittamiseksi tuloilmakone sisältää erilaisia osia, joiden lukumäärää tai tyyppiä muuttamalla, saadaan käytön vaatimuksia vastaava kone. (Korkala, Ilmanvaihto - hoito ja huolto, 2020, s. 89) Poistoilmakoneen tehtävä on nimensä mukaisesti poistoilman poistaminen.

Tässä työssä käsitellään tulo- ja poistoilmakoneita, jotka koostuvat pelleistä, suodattimista, puhaltimista ja lämmöntalteenottolaitteesta. Seuraavissa kappaleissa käyn

tarkemmin läpi edellä mainittujen osien tarkempaa käyttötarkoitusta ja sitä, miten funktio- ja lukituskaaviot ovat muodostettu.

### 5.3.1 Sääto- ja sulkupellit

Eri ilmanvaihtokanavissa ilmavirtoja säädellään peltien avulla. Kun useampi tuloilmakanava halutaan yhdistää samaan ilmanvaihtokanavaan, käytetään säätöpeltejä. Sääto-peltien asentoa voidaan säätää 0 %-100 % ja usein niitä säätää lämpötilasäädin. Lämpötilasäädin mittaa puhallettavan ilman lämpötilaa. Sääto-peltien avulla pystytään siis säätämään esimerkiksi ulkoa ja sisältä otettavan tuloilman sekoittumista hallitusti. (Liite 9, Liite 10, Liite 11, Liite 12)

Sali-ilmastoinnissa käytetään myös on/off peltejä, eli peltejä, joilla on vain kaksi asentoa auki tai kiinni. On/off peltejä käytetään usein silloin kun eri tuloilmoja ei haluta sekoittaa keskenään. (Liite 13, Liite 14)

### 5.3.2 Suodattimet

Pellin jälkeen suodattimet suodattavat tuloilmasta lian ja pölyn, jotta epäpuhtaudet eivät kasaannu laitteisiin ja ilmanvaihtokanavaan. Samalla saliin puhallettavasta ilmasta saadaan suurimmat epäpuhtaudet suodatettua pois ja puhallettava ilma on mahdollisimman puhdasta. Ilmansuodattimen tulo- ja menopuolelle asennetaan paine-eromittaus. Paine-eron perusteella pystytään arvioimaan suodattimen likaisuus ja muodostamaan hälytys suodattimen vaihdosta. (Liite 15)

### 5.3.3 Lämmityspatteri

Lämmityspatterin tehtävä on lämmittää puhallettava tuloilma haluttuun lämpötilaan. Tuloilmakone voi sisältää yhden tai useamman lämmityspatterin. Useampi lämmityspatteri lämmittää ilman vaiheittain. Pattereiden lämmitysenergian lähteenä voi toimia vesi, sähkö tai höyry. (Korkala, Ilmastointi - Hoito ja huolto, 2016, s. 94)

Lämmityspatteri tulee varustella jäätymissuojavahdilla tai jäätymissuoja-anturilla patterin paluupuolen vesitilaan. Toiminnon tarkoitus on estää pattereiden putkien jäätyminen ja niiden halkeaminen. Halkeaminen rikkoo lämmityspatterin ja aiheuttaa yleensä vesivahingon. (Intervent [www-sivut.](#)) (Harju, Lämmitystekniikan oppikirja 1, 2006, s. 129)

Pattereiden läpivirtausta säättävä lämpötilasäädin (Liite 8) lukee, puhallettavan ilman lämpötilamittausta silloin, kun jäätymissuojavahtien mittaustilapötila pysyttelee yli asetetun lämpötilarajan. Muulloin säädin lukee alinta jäätymissuojan lämpötilaa. (Liite 16–20)

Mallilukituskaaviossa jäätymissuojien mittaustilapötilojen laskiessa lukitusrajan alle tuloilmakoneen puhallin pysähtyy, pelti sulkeutuu ja lämpötilasäädin lukittuu, jolloin säädin ei pysty säättämään sekoitusosan säätöventtiiliä. Lukitustilanteessa säätöventtiili ohjataan kokonaan auki, jotta lämmin vesi kiertää pattereissa maksimi arvolla. (Liite 14, Liite 22)

#### 5.3.4 Puhaltimet

Puhallimella liikutetaan ilmaa ja muodostetaan sille riittävä nopeus ja paine. Radiaali- ja aksiaalipuhallimet ovat tyypillisimpiä tuloilmakoneissa käytettäviä puhaltimia. (Korkala, Ilmastointi - Hoito ja huolto, 2016, s. 102) Puhallimet on helppo erottaa siipipyörän muodon perusteella. (Kuva 6 ja 7)



Kuva 6. Aksiaalipuhallin



Kuva 7. Radiaalipuhallin (Hvac supplies [www-sivut](#))

Aikaisemmissa kappaleissa on käsitelty jäätymissuojauksesta aiheutuvia lukituksia, mikä pysäyttää lukitusrajassa myös tuloilmakoneen puhaltimet. Puhaltimet pysähtyvät myös palohälytyksestä tai jos sekoitusyksikkö ei ole toiminnassa. (Liite 14)

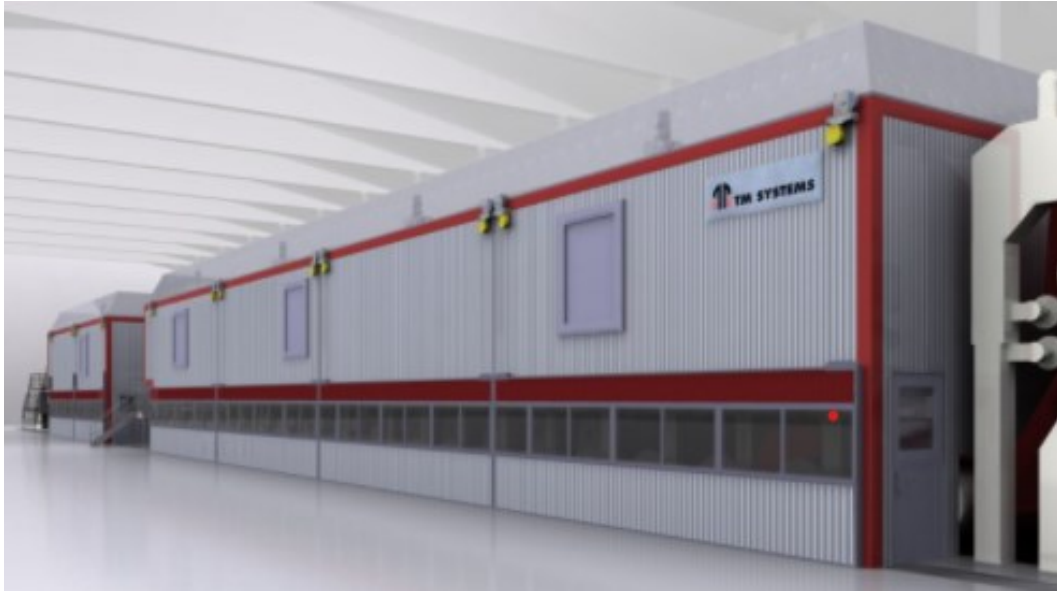
#### 5.4 Huuvan ilmastointi

Tässä kappaleessa käsittelemme paperikoneen kuivatusosan huuvan ilmastointia. Tämän kappaleen lopussa kerron huuvan ilmastoinnin ja nosto-ovien ohjauksista sekä lukituksista.

Paperikoneen kuivatusosassa paperi kuivataan lopulliseen kuiva-ainepitoisuuteen. Kuivauksessa haihdutetaan jäljelle jäänyt vesi paperiradasta ajamalla rataa höyryllä lämmitettävien sylintereiden pinnalla. Huuvan tarkoitus on estää kosteuden ja lämmön leviäminen konesaliin, sekä kerätä haihtunut vesi. Huuvan avulla lämmöntalteenotto ja sen hyödyntäminen kuivauksessa onnistuvat energiatehokkaasti. (Karlsson, 2000, s.16–17)

Tänä päivänä uudet paperi- ja kartonkikoneiden kuivatusosat on eristetty konesalista suljetulla huuvalla. Suljetulla huuvalla saadaan optimoitua kuivatusprosessia ja parannettua energiatehokkuutta. Suljetulla huuvalla voidaan saavuttaa seuraavanlaisia hyötyjä:

- Paperiradan kuivatusolosuhteet huuvan sisällä stabiloituvat, kun ulkopuoliset ilmavirtaukset ja veto saadaan eristettyä huuvan ulkopuolelle.
- Energiatehokkuuden parantuminen, kun lämpöenergian kulutus vähenee lämpövoutojen pienentyessä ja lämmöntalteenoton tehostuessa.
- Konesalin työskentelyolosuhteet paranevat, kun kuivauksen lämpö ja kosteus ovat huuvan sisällä. Konesalin melutaso pysyy alhaisena, sillä huuvan seinät eristävät meteliä.
- Suojaa ympäröivän rakennuksen rakenteita ja muita laitteita estämällä kosteuden leviämisen konesaliin, jossa se voi kondensoitua aiheuttaen rakennuksen heikkenemistä tai korroosiota. (Karlsson, 2000, s. 298)



Kuva 8. Suljettu huuva (TM systems www-sivut)

Paperi- / kartonkikoneessa suurin lämpöenergian kulutus tapahtuu kuivauksessa, jolloin lämmöntalteenotto on sekä taloudellisesti, että energiatehokkuuden kannalta tärkeää huuvan ilmastoinnissa. Lämmöntalteenottolaitteiden avulla poistoilman lämpöenergia voidaan ottaa talteen ja käyttää huomattava osa uudelleen. (Korkala, Ilmanvaihto - hoito ja huolto, 2020, s. 101)

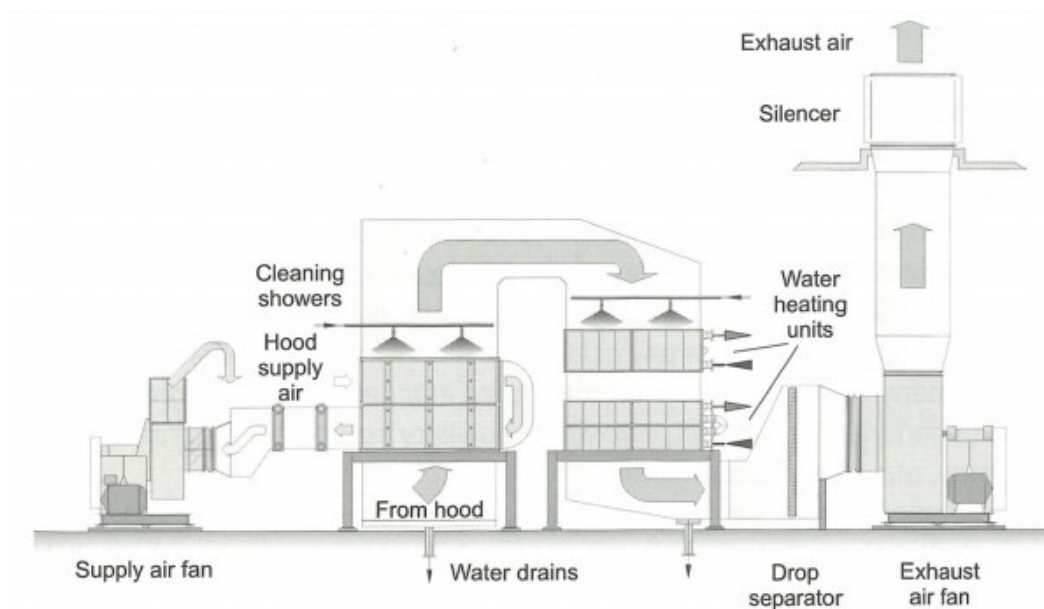
Uusissa paperi- ja kartonkikoneissa käytetään tyypillisesti ilma/ilma- ja ilma/vesilämmönvaihtimien yhdistelmää (kuva 8). Ensimmäisessä vaiheessa huuvan tuloilma lämmitetään ilma/ilmalämmönvaihtimella. Tämän jälkeen poistoilma ohjataan ilma/vesilämmönvaihtimiin, missä kiertovesi jaetaan sali-ilmastoinnin tai prosessin veden lämmitykseen. (Karlsson, 2000, s. 327)

Huuva-ilmastoinnissa lämmönvaihtimet on varusteltu pesusuihkuilla, joilla pyritään estämään epäpuhtauksien kertyminen lämmönvaihtimen pinnalle. Suihkuja voidaan ohjata manuaalisesti tai automaattisesti, jolloin pesuohjelma suoritetaan asetetun ajanjakson välein, esimerkiksi kerran neljässä tunnissa. (Liite 22–25)

Kosteussäädin mittaa poistoilman kosteutta, ja syöttää ulkoista ohje arvoa poistopuhallinta ohjaavalle piirille. Kosteuden noustessa yli ohjearvon säädetään poistopuhalltimien kierroksia kovemmalle skaalauksen mukaan (liite 26, liite 27). Kosteussäädin

vapautuu säädölle kiertoilmapuhaltimen käyntitiedosta. Kosteussäätimen säädin lukitaan 70 % ja asetetaan manuaalitilaan ratakatkon tai pääviennin aikana. (Liite 31)

Huuvan sisällä pyritään pitämään sellainen paine, että salin kylmä ilma ja huuvan sisällä oleva prosessin vaatima lämmin ja kostea ilma, eivät pääse sekoittumaan keskenään. Painesäädin antaa ulkoista ohjearvoa poistoilman virtauksen suuruutta säätävälle säätöpellille (liite 28–30). Huuvan sisällä olevan paineen noustessa yli asetusarvon avataan säätöpeltiä ja laskiessa suljetaan. Painesäädin ja säätöpellin säädin vapautuvat säädölle puhaltimen käydessä ja nosto-ovien ollessa kiinni. (Liite 32)



Kuva 9. Nykyaikaisen paperikoneen lämmöntalteenottoratkaisu. (Karlsson, 2000, s. 327)

Suomennotokset kuvaan 9:

Supply air fan = tuloilmapuhallin

Hood supply air = huuvan tuloilma

Cleaning showers = puhdistussuihkut

From hood = huuvasta

Water drains = vedenpoisto

Water heating units = veden lämmitysyksiköt

Drop separator = pisaraerotin

Exhaust air fan = poistoilmapuhallin

Silencer = äänenvaimennin

Exhaust air = poistoilma

#### 5.4.1 Nosto-ovet

Täysin suljetussa huvassa huuvin alaosa on suljettu nosto-ovilla. Nosto-ovien ohjaukseen liittyy turvallisuuden ja prosessin kannalta huomioitavaa, jotta turvallinen käyttö pystytään takamaan.

Nosto-ovia voidaan ohjata, joko yksittäin tai ryhmissä manuaalisesti ylös/alas. Valoverhon avulla suurien nosto-ovien sulkeminen pystytään toteuttamaan turvallisesti siten, että ovien sulkeutuminen estetään, jos oven alla on este. Ovien nosto/sulkeutuminen tulee pysähtyä tilanteissa, jolloin nosto-ovia nostavan vaijerin jännitys ei ole riittävä. Ovet avautuvat automaattisesti ylös, jos tulee ratakatko. (Liite 33–36)

## 6 TIETOKANNAN KÄYTTÖ SUUNNITTELUSSA

Proense Oy käyttää suunnittelutyössään Microsoft Access:illa luotuja tietokantatyökaluja. Tietokantatyökaluja käyttäessä perinteinen käsin-piirtäminen vähentyy merkittävästi tai poistuu kokonaan. Työkalujen ansiosta suuren datamäärän käsittely on helppoa ja nopeaa.

Funktiokaavio suunniteltaessa tietokannalla, tulee tietokantatyökaluun asettaa haluttuun piiriin kaikki halutut blokit ja haluttu lisäämispiste jokaiselle blokille. Näiden tietojen avulla ohjelma pystyy luomaan AutoCAD ohjelmalla tietokantaan syötettyjen tietojen mukaisen kaavion.

Jotta sali- ja huuvin -ilmastoinnin suunnittelu olisi tulevaisuudessa entistä tehokkaampaa on tässä opinnäytetyössä luotu mallikaaviot blokkeineen erilaisille toteutusvaihtoehdoille. Funktiokaavioihin on merkitty käytetyt blokit ja niiden lisäämispiste, jotta

suunnittelijan on helppo niistä katsoen luoda tietokantaan kyseessä olevan prosessin kaaviot.

## 7 YHTEENVETO

Säätö- ja lukituskaaviot ovat tärkeitä dokumentteja automaatio-ohjelmoitsijalle. Kaavioiden perusteella automaatio ohjelma ohjelmoidaan ja tuodaan järjestelmään kaikki se toiminnallisuus, minkä suunnittelija on prosessinohjaukseen suunnitellut.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli kehittää sali-ilmastointijärjestelmän ja huuvan ilmastoinnin suunnitteluprosessia. Kehitystyö aloitettiin kartoittamalla ne suunnittelutyön työvaiheet, joissa suunnittelijalla kuluu paljon aikaa. Kartoitus tehtiin haastatteleamalla suunnittelijoita. Haastatteluiden perusteella ylivoimainen ongelma funktiokaavioiden piirtämisessä oli oikeiden blokkien löytäminen blokkikirjastosta ja blokkien oikeiden lisäämispisteiden hakeminen. Lukituskaavioissa ongelma oli lähinnä se, että suunnittelija ei aina tiedä kaikkia toimilaitteen tai säätöpiireihin liittyviä lukituksia. Mallikaavioiden suunnittelussa otettiin ongelmat huomioon ja kehitettiin ratkaisu.

Funktiokaavioiden piirtäminen AutoCAD suunnitteluohjelmalla ja sen rinnalla käytettävä tietokantaohjelma MS Access vaatii käyttäjältään oikean blokin ja blokin lisäämispisteiden tietämystä. Mallifunktiokaavioihin on kirjattu piirissä käytettyjen blokkien nimet ja niiden lisäämispisteet. Tällöin suunnittelija pystyy katsomaan mallikaaviosta piiriin toiminnallisuudet ja vaadittavat tiedot tietokantaan syötettäväksi. Lukituskaavioissa tietokannan käyttö jää vähemmälle, jolloin suurin apu suunnittelijalle on malli mistä katsoa tarvittavat lukitukset ilmastoinnin säätöpiireille ja toimilaitteille.

Opinnäytetyö oli toimeksiantajayritykselle tarpeellinen, sillä mallikaavioita ei vielä ollut. Oheinen materiaali toimii myös hyvänä tukena ilmastointijärjestelmän suunnittelussa paperiteollisuuteen.



## LÄHTEET

- TM systems www-sivut. Viitattu 29.11.2020 <https://www.tmsystems.com/en/>
- Automaatioseuran www-sivut. Viitattu 13.11.2020 <https://www.automaatioseura.fi/>
- SFS-ISO 14617-6, Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Mittaus ja ohjaustoiminnot. <https://online.sfs.fi/>
- Intervent www-sivut. Viitattu 7.10.2020 <https://intervent.fi/>
- Proense www-sivut. Viitattu 3.12.2020 <https://proense.fi/>
- Hvac supplies www-sivut. Viitattu 10.12.2020 <https://hvacsupplies.eu/>
- Keuda www-sivut. Viitattu 18.12.2020 <https://pinja.keuda.fi/>
- Harju, P. (2006). Lämmitystekniikan oppikirja 1. Kouvola: Penan Tieto-Opus oy.
- Harju, P. (2008). Ilmastointitekniikan oppikirja 1. Kouvola: Tieto-Opus Ky.
- Karlsson, M. (2000). Papermaking Part 2, Drying. (S. Armio, Käänt.) Helsinki: Fapet oy.
- Kippo, A.;& Tikka, A. (2008). Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita.
- Korkala, T. (2016). Ilmastointi - Hoito ja huolto. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus oy.
- Korkala, T. (2020). Ilmanvaihto - hoito ja huolto. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus oy.
- Savolainen, J.;& Vaittinen, R. (2007). Sääätötekniikan perusteita. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry.

## LIITTEET

- LIITE 1 Funktiokaavio, lämmönjakoyksikön lämpötilanmittaus.
- LIITE 2 Funktiokaavio, lämmönjakoyksikön lämpötilasäädin.
- LIITE 3 Lukituskaavio, lämmönjakoyksikön lukituskaavio.
- LIITE 4 Funktiokaavio, lämmönjakoyksikön paine-erosäädin.
- LIITE 5 Funktiokaavio, lämmönjakoyksikön taajuusmuuttajan nopeussäädin.
- LIITE 6 Funktiokaavio, lämmönjakoyksikön paisuntasäiliön painemittaus.
- LIITE 7 Funktiokaavio, lämmönjakoyksikön paine-eromittaus.
- LIITE 8 Funktiokaavio, sekoitusyksikön lämpötilasäädin.
- LIITE 9 Funktiokaavio, tuloilmakoneen säätöpelti (suora säätö).
- LIITE 10 Funktiokaavio, tuloilmakoneen säätöpelti (käänteinen säätö).
- LIITE 11 Funktiokaavio, tuloilmakoneen lämpötilasäädin.
- LIITE 12 Lukituskaavio, säätöpellillisen tuloilmakoneen lukitukset.
- LIITE 13 Funktiokaavio, tuloilmakoneen on/off pelti.
- LIITE 14 Lukituskaavio, on/off-pellillisen tuloilmakoneen lukitukset.
- LIITE 15 Funktiokaavio, tuloilmakoneen suodattimen paine-eromittaus.
- LIITE 16 Funktiokaavio, tuloilmakoneen jäätymissuojan lämpötilamittaus 1–1.
- LIITE 17 Funktiokaavio, tuloilmakoneen jäätymissuojan lämpötilamittaus 2–1.
- LIITE 18 Funktiokaavio, tuloilmakoneen jäätymissuojan lämpötilamittaus 4–2.
- LIITE 19 Funktiokaavio, tuloilmakoneen jäätymissuojan lämpötilamittaus 6–3.
- LIITE 20 Funktiokaavio, tuloilmakoneen jäätymissuojan lämpötilamittaus 8–4.
- LIITE 21 Lukituskaavio, tuloilmakone (2 puhallinta).
- LIITE 22 Funktiokaavio, huuvan pesusuihkut 1.
- LIITE 23 Funktiokaavio, huuvan pesusuihkut 2.
- LIITE 24 Funktiokaavio, huuvan pesusuihkut 3.
- LIITE 25 Funktiokaavio, huuvan pesusuihkut 4.
- LIITE 26 Funktiokaavio, huuvan kosteussäädin.
- LIITE 27 Funktiokaavio, huuvan poistopuhaltimen nopeussäädin.
- LIITE 28 Funktiokaavio, huuvan paineen mittaus.
- LIITE 29 Funktiokaavio, huuvan paineen mittaus.
- LIITE 30 Funktiokaavio, huuvan säätöpelti.
- LIITE 31 Lukituskaavio, huuvan lukitukset.
- LIITE 32 Lukituskaavio, huuvan lukitukset.

LIITE 33 Funktiokaavio, huuvan nosto-ovien

LIITE 34 Funktiokaavio, huuvan nosto-oven ohjaus.

LIITE 35 Funktiokaavio, huuvan nosto-ovien valoverho.

LIITE 36 Lukituskaavio, huuvan nosto-ovien lukitukset.