

Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Sami Liimatainen

# Mustikkamaan luolalämpöakun ilmas- toinnin perustoiminnot ja ohjelmointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

3.11.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sami Liimatainen Mustikkamaan luolalämpöakun ilmastoinnin perustoiminnot ja ohjelmointi 32 sivua + 1 liite 3.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	automaatiomestari Jukka Björk lehtori Kristian Junno
<p>Helsingissä Mustikkamaalla noin kahdeksankymmentä metriä merenpinnan alapuolella sijaitsee rakenteilla oleva Helen Oy:n Suomen suurin luolalämpöakku, jonka laitehalli tarvitsee täysin automatisoidun ilmastoinnin. Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa työn toimeksiantajalle Helen Oy:lle Mustikkamaan luolalämpöakun ilmastoinnin perustoiminnot ja ohjelmoinnin kattava dokumentti.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin perehtymällä ilmastoinnin perustoimintoihin ja Hanasaaren B-voimalaitoksella käytössä olevaan SPPA-T3000 automaatiojärjestelmään. Työn edetessä tutkittiin myös monimutkaisempia toimilohkoja ja niiden hyödyntämistä myös muissa automaatioprosesseissa. Opinnäytetyön ohjelmoinnin osuus toteutettiin SPPA-T3000 automaatiojärjestelmällä käyttäen IEC 61131-3 standardin mukaista ohjelmointikieltä.</p> <p>Lopputuloksena saatiin toimiva dokumentti ilmastoinnin ja ohjelmoinnin perusasioista, joka helpottaa työn jatkamista Mustikkamaan luolalämpöakun laitehallin ilmastoinnin ohjelmoinnin edetessä. Työn merkitys ilmenee myös uusien työntekijöiden perehdytyksessä. Opinnäytetyö on ainutlaatuinen dokumentti yrityksen monipuoliseen käyttöön, samalla sen ollessa potentiaalinen myös kehittämistä varten yrityksen niin päättaessä.</p>	
Avainsanat	Luolalämpöakku, ilmastointi, automaatio, toimilohko, ohjelmointi

Author Title Number of Pages Date	Sami Liimatainen Basic functions and automation programming of the air conditioning of the cavern heat storage in Mustikkamaa 32 pages + 1 appendice 3 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Jukka Björk, Automation Supervisor Kristian Junno, Senior Lecturer
<p>In Mustikkamaa, Helsinki approximately 80 meters below the sea level lies the biggest cavern heat storage under construction in Finland. It belongs to the energy utility Helen Oy. In order of guarantee the proper functioning of the plant it requires a fully automatized air conditioning system. The goal in this thesis is to provide Helen Oy with a document covering the basic functions of the system as well as provide proposals for automatization of the system.</p> <p>This thesis is based on the information gleaned by studying a similar air conditioning system of the type SPPA-T3000 which is used in the powerplant B in Hanasaari, Helsinki. In the progress of this thesis more complex functions blocks were studied, and how they could be used in further processes of automation. The programming part of this thesis is written in the SPPA-3000 programming language, which conforms to the IEC 61131-3 standard.</p> <p>This document should facilitate the work of plant staff with the air conditioning system and provide impulses and ideas for potential automation. Furthermore, it should provide useful for onboarding new team members. It can be used widely within the company and serve as the basis for future system adaptations and extensions.</p>	
Keywords	Cavern heat storage, air conditioning, automation, function block, programming

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Helen Oy	3
2.1	Hanasaaren B-voimalaitos	3
2.2	Mustikkamaa	4
3	Mustikkamaan luolalämpöakun ilmastointi	6
3.1	Yleistä	6
3.2	Lämmityspiiri	7
3.3	Jäähdytyspiiri	12
4	Hälytykset ja häiriöt	14
5	Laitteiden tunnistusjärjestelmä	15
6	Toimilohkokaavio ohjelmointi	16
6.1	Konfigurointi	17
6.2	Loogiset operaatiot	19
6.3	Automaatiotoimilohkot	21
6.4	Keskitetyt toimintamoduulit ja Simatic S7	24
7	Ohjelmakirjaston luominen	27
8	Yhteenveto	30
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1. Mustikkamaan LVI-laitteet ja raja-arvot	

## Lyhenteet

Bar            Paineen yksikkö

FBD            Function block diagram. Ohjelmointikieli.

Fum            Function module. keskitetty toimintamoduuli.

IV             Ilmanvaihto

KKS            Kraftwerk Kennzeichensystem. Mustikkamaan luolalämpöakussa käytettyä laitteiden tunnistusjärjestelmä.

LVI            Lämpö, vesi ja ilmastointi

PID            Automaatiotekniikassa käytetty säädintyyppi.

SPPA-T3000 Automaatiojärjestelmä

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda ohjeistus helpottamaan Mustikkamaan luolalämpöakun laitehallin ilmastoinnin lopullista ohjelmointia. Työn toimeksiantaja on Helen Oy. Ohjeistuksen käyttö tulee säästämään aikaa työn eri vaiheissa ja sen pääasiallinen sisältö koostuu ilmastoinnin perustoiminnoista, ohjelman sisällöstä ja ohjelmakirjaston laatimisesta. Keskeisiä tavoitteita ovat ilmastoinnin toteutuksen ja siihen käytettävän järjestelmän kokonaisvaltainen hahmottaminen ja ymmärtäminen. Näiden lisäksi tarkoituksena on luoda myös lukijalle ymmärrys luolalämpöakun ilmastoinnin perustoiminnoista, käytetyn ohjelman rakenteesta ja ohjelmakirjaston luomisesta sekä sen sisällöstä. Työ tarjoaa mahdollisuuden kehittyä ja päästä soveltamaan jo opinnoissa sisäistettyjä tietoja käytännön tehtävissä.

Opinnäytetyön edetessä tullaan perehtymään kokonaisvaltaisesti Hanasaaren voimalaitoksella käytössä olevaan automaatiojärjestelmään. Työskentely tulee olemaan pääsääntöisesti itsenäistä ja omatoimista. Jotta tavoitteisiin päästään, haasteena on kerryttää riittävä tietotaito käytettävästä järjestelmästä, sen ollessa ohjelman laatimisen osalta entuudestaan lähes tuntematon. Merkittävin syy työn tekemiselle on työtaakan keventäminen ilmastoinnin ohjelmoijalta. Opinnäytetyössä apuna ollut aineisto ja tutkimusmateriaali perustuvat Siemens SPPA-T3000 järjestelmän tuomiin aineistoihin, Helen Oy:n ja Pöyryn Oyj:n tuottamiin materiaaleihin sekä Hanasaaren voimalaitoksen automaation asiantuntijoiden tukeen.

Helen Oy:n tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Tämä tarkoittaa energian tuottamista tavoilla, jotka eivät lisää haitallisen hiilidioksidin määrää ilmakehässä. Yksi merkittävä askel kohti hiilineutraaliutta on päätös lopettaa kivihiilen poltto Helen Oy:n Hanasaaren voimalaitoksella. Helsingin kaupungin valtuuston päätöksellä kyseinen voimalaitos lopettaa toimintansa kokonaan vuoden 2024 loppuun mennessä. Mustikkamaan vanhoihin öljyluoliin tulevalle Suomen suurimmalla luolalämpöakulla tullaan vähentämään yrityksen tuottamia päästöjä. Se on osana Helen Oy:n ratkaisuja, jotka tulevat korvaamaan Hanasaaren voimalaitoksen lämmöntuotantoa. Mustikkamaan luolalämpöakun suunniteltu käyttöönotto on kesällä 2021. Vaikka luolien varastoidun

veden lämpötila nousee jopa sata asteiseksi, sen lämmönsäteilyn vaikutukset luola-ak-  
kujen ympäristöön Mustikkamaan pinnalla ovat merkityksettömät.

## 2 Helen Oy

### 2.1 Hanasaaren B-voimalaitos

Hanasaaren B-voimalaitoksen rakentaminen alkoi vuonna 1971 ja sen koneisto otettiin täysin käyttöön kuusi vuotta myöhemmin. Alue oli alun perin kaavoitettu teollisuus-aluekäyttöön. Voimalaitoksessa on kaksi samanlaista koneistoa blokeilla 3 ja 4. Blokit 1 ja 2 olivat vuonna 2008 puretussa A-voimalaitoksessa.



Kuva 1: Hanasaaren B-voimalaitos (2).

Yhdellä blokilla on B & Q/ Tampellan valmistama välitulistuksella varustetut luonnonkiertoiset kattilat ja nykyisen Doosan Škoda Powerin valmistama turbogeneraattori. Näillä koneistoilla tuotetaan yhteisnimellistehona 230 megawattia sähköä ja 420 megawattia lämpöä. Pääpolttoaineena Hanasaaren B voimalaitoksessa käytetään kivihiiltä ja lisäksi



pieninä määrinä puupellettiä. Kivihiili tuodaan Hanasaaren satamaan laivoilla, mistä se puretaan hiilivarastoon. Kattiloissa on myös mahdollista käyttää polttoaineena öljyä, jota varastoidaan yhteen 7 500m<sup>3</sup> suuruiseen varastoon Hanasaaren alueella. (3.)

## 2.2 Mustikkamaa

Mustikkamaan alla sijaitsee kolme suurta kallioluolaa, jotka ovat tilavuuksiltaan 140 000 m<sup>3</sup>, 180 000 m<sup>3</sup> ja 130 000 m<sup>3</sup>. Kyseiset luolat ovat olleet aikaisemmin käytössä raskas-polttoöljyn säilömistä varten, mutta ovat olleet kuitenkin pois käytöstä vuodesta 1999 lähtien. Lämpöakkukäytössä tullaan käyttämään vain välitunnelilla yhdistettyjä yhtenäisiä luolia, jotka ovat luolat yksi ja kaksi. Kolmannen luolan hyödyntäminen lämpöakussa vaatisi suuria rakennusteknisiä investointeja, joten sen on todettu olevan kannattamaton investointi. Lämpövaraston ohjaaminen ja valvominen tullaan toteuttamaan voimalaitoksen valvomosta tai energiavalvomosta. Luolalämpöakun on suunniteltu valmistuvan tuotantokäyttöön vuonna 2021. (5.)

Lämpöakulla tuotettu lämpö perustuu akussa olevan veden lämpötilakerrostumiseen. Aluksi lämpöakun vettä lämmittäessä lämmöstä menee suuri osa luolia ympäröivän kallion lämmittämiseen. Verrattuna alkutilanteeseen lämpötilahäviöt putoavat noin puoleen seuraavan viiden vuoden aikana, jonka jälkeen ne jatkavat putoamista vielä vuosien saatossa. Varastossa olevaa vettä tullaan lämmittämään viiden lämmönsiirtimen avulla, jotka ovat yhteisteholtaan 120 megawattia. Lämpövarastoa voidaan ajaa paine-erosäädöllä tai virtaamasäädöllä aivan kuin kattilalaitosta. Lämmintä vettä pumpataan lämpöakkujen yläosaan matalalla virtausnopeudella suuttimien kautta, jolloin ei rikota lämpötilakerrostuneisuutta. Tällä tavoin estetään niin sanotusti väärän lämpötilaisen veden sekoittumista ja häiritsemistä lämpötilakerrostumisen ylläpitoa. Luolan 260 000 m<sup>3</sup> vesitilavuuteen mahdollinen varastoituva energiamäärä on 11,6 gigawattituntia. Lataus- ja purkausteho ovat 120 megawattituntia. Toisin sanoen sitä voidaan purkaa neljän vuorokauden ajan ja vastaavasti latausaika tyhjästä täyteen kapasiteettiin kestää neljä vuorokautta. (5)

Ohjelmointi tullaan toteuttamaan Siemens SPPA-T3000 järjestelmällä, joka on käytössä Hanasaaren voimalaitoksella. Opinnäytetyön on tarkoitus toimia opastuksena jo tehdystä ohjelmoinnista ja Mustikkamaan ilmastoinnin perustoiminnoista. Integroiminen käytössä olevaan järjestelmään onnistuu sujuvammin, kun suurin pohjatyö on tehty. Tällöin Mustikkamaan lämpöakun ilmastoinnin ohjaukseen ei tarvitse olla rinnan useampia järjestelmiä. Tämän kyseisen järjestelmän käyttö mahdollistaa ohjelmoinnin toteuttamisen ja prosessin ohjauksen ilman kolmansien osapuolien ohjelmistoja.

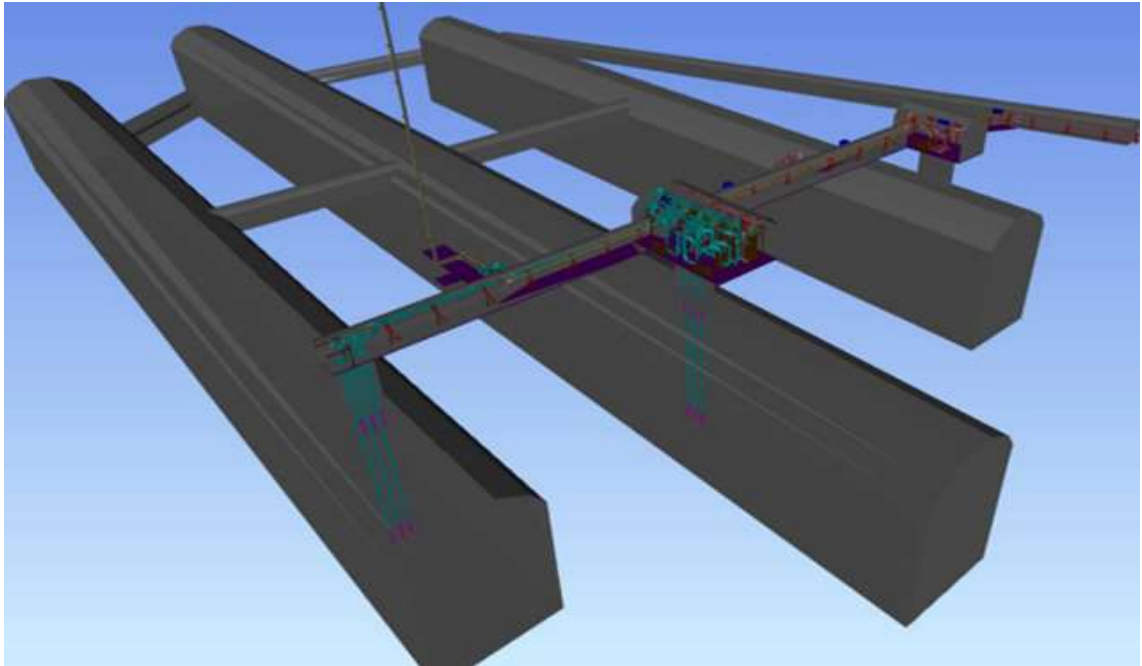
Opinnäytetyön alussa olevan ilmastoinnin toimintakuvauksen tarkoituksena ei ole antaa yksityiskohtaista kuvaa ilmastoinnin toiminnasta, vaan yleiskäsityksen sen toteuttamisesta ohjelmassa. Tarkoituksena on myös avata tehdyn ohjelmakirjaston rakennetta ja sisältöä sekä tiettyjen toimintojen toteuttamista Siemens SPPA-T3000 automaatiojärjestelmällä.

Mustikkamaan luolalämpöakku kuvassa 2 oikealla merkatulla alueella ja vastaavasti Hanasaaren B voimalaitos on merkattu kuvassa vasemmalla.



Kuva 2: Mustikkamaan luolalämpöakun sijoittuminen (6).

Mustikkamaan luolalämpöakun laitehalli on jaettu pienempiin tiloihin kuten pumppaamot 1 ja 2, sähkötila ja valvomo. Laitehalli näkyy kuvassa 3 poikittaisena tilana, joka sijaitsee vedellä täytettävien luolien päällä.



Kuva 3: Mustikkamaan luolalämpöakun laitehallin sijoittuminen vedellä täytettävien luolien päälle (5).

### 3 Mustikkamaan luolalämpöakun ilmastointi

#### 3.1 Yleistä

Mustikkamaan luolan laitetoissa on huonekohtainen ilmanvaihto. Tilat pidetään ylipaineisina poistoilmapuhaltimilla ja lämpötiloja säädetään tuloilmapuhaltimilla. Kierroilmapuhaltimia ohjataan kyseisen tilan lämpötilan mukaan. Paine-eromittaukset ja paine-erojen säädöt ovat tilakohtaiset, kun taas lämpötilan säätö toteutetaan monen mittauspisteen keskiarvolaskentana. Lämpötilansäätöpiiri toteutetaan siten, että mittauksien mahdollisista häiriöistä huolimatta vaikutus keskiarvolaskentaan ei ole merkittävä. Ohjelmallisesti kaikki aikaisemmin mainitut ohjaukset toteutetaan omina säätöpiireinään. (9.)

Kaikkien tilojen ilmanvaihto on normaalitilassa aina automaattilla, jolloin säätöpiirit hoitavat itsenäisesti ilmanvaihdon puhaltimien säädön. Käsien säätöä ei toteuteta erikseen, vaan kaikki toimilaitteet, mittaukset ja hälytykset ovat simuloitavissa automaatiojärjestelmässä. Muista tiloista poiketen vain valvomon ilmanvaihtokoneen nopeusohjetta voidaan muuttaa käsin valvomosta.

### 3.2 Lämmityspiiri

Lämmityspiirin aktivoiminen ajaa raitisilmapuhaltimen minimiin, jolloin tuloilman määrän säätäminen tarvittavaan arvoon aloitetaan. Verrattuna jäähdytyspiirin aktivoimiseen, jolloin raitisilmapuhallin ohjataan suoraan tilanteen mukaiseen ohjearvoon, joka vaaditaan takamaan riittävä jäähdytys laitehalliin (9). Lämmityksen ja jäähdytyksen saman aikaisen aktivoitumisen estämiseksi järjestelmään on tehty esto. Se saa lämmityksen sammumaan hallitusti, jos käyttäjä kytkee jäähdytyksen päälle lämmityksen ollessa vielä aktivoituneena. Tämän jälkeen jäähdytys aktivoituu. Sama periaate toteutuu myös lämmityksen kytkeytyessä päälle jäähdytyksen ollessa aktivoituneena.

Normaalissa tilanteessa laitehallia jäähdytetään ulkoilmalla siihen asti, kunnes ulkoilman lämpötila on matalampi mitä laitehallin lämpötilan asetusarvo on. Jos ulkoilman lämpötila on liian korkea jäähdyttämään laitehallin ilman lämpötilaa, siirrytään hallitusti jäähdytystoimintoon lisäämällä ilmanmäärää ja vähentämällä raitisilmaa (9). Järjestelmä vertailee siis jatkuvasti ulkoilman ja laitehallin lämpötiloja sekä niiden lämpötilaeroa optimaalisen ja mahdollisimman tehokkaan jäähdytyksen saavuttamiseksi.

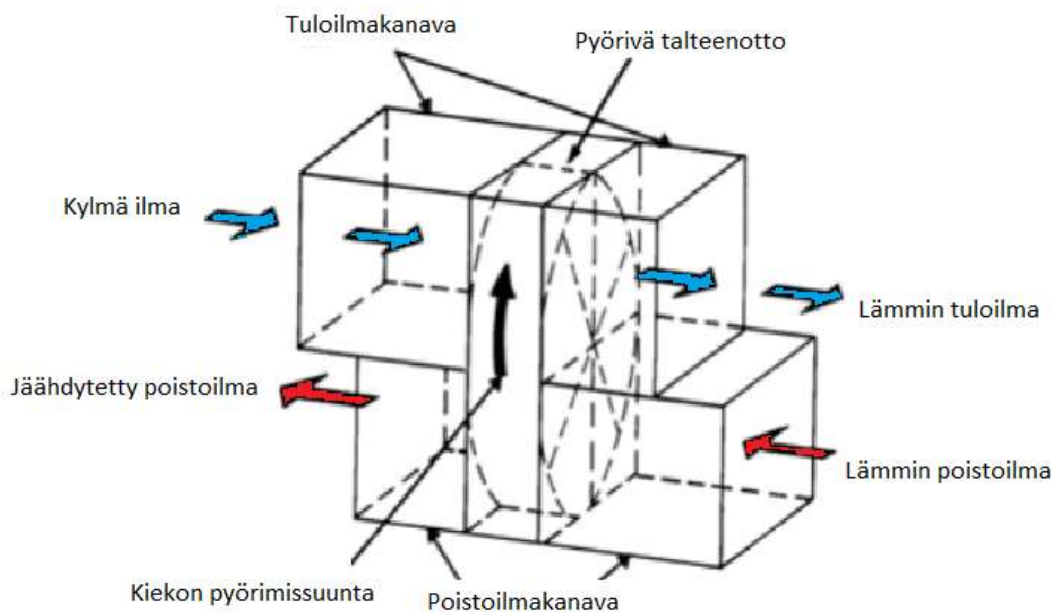
Ohjelmassa on myös tuloilman tehostus, joka saa tuloilmanmäärän tehostumaan käyttäjän niin halutessa. Käyttäjä määrittelee halutun ajan tehostukselle, jolloin samanaikaisesti myös lämpötilamittauksien poikkeamat sallitaan. Tehostuksen ajan kiertoilmapelti ohjataan kiinni.

Lämmitystoiminnon ollessa aktiivinen ja ulkoilman lämpötilan laskiessa alle käyttäjän asetteleman raja-arvon, käynnistyy tuloilman lämmitys. Vastaavasti lämmitystila poistuu ulkoilman lämpötilan noustessa yli asetetun raja-arvon tai jäähdytystoiminnon aktivoituessa. Tuloilman lämmityksellä on kolme vaihetta lämmityksen määrän tarvittavuuden

mukaan. Käytettävät lämmitysmetodit ovat käyttöönottojärjestyksessä seuraavat: lämmöntalteenotto, kiertoilma ja lämmityspatterit.

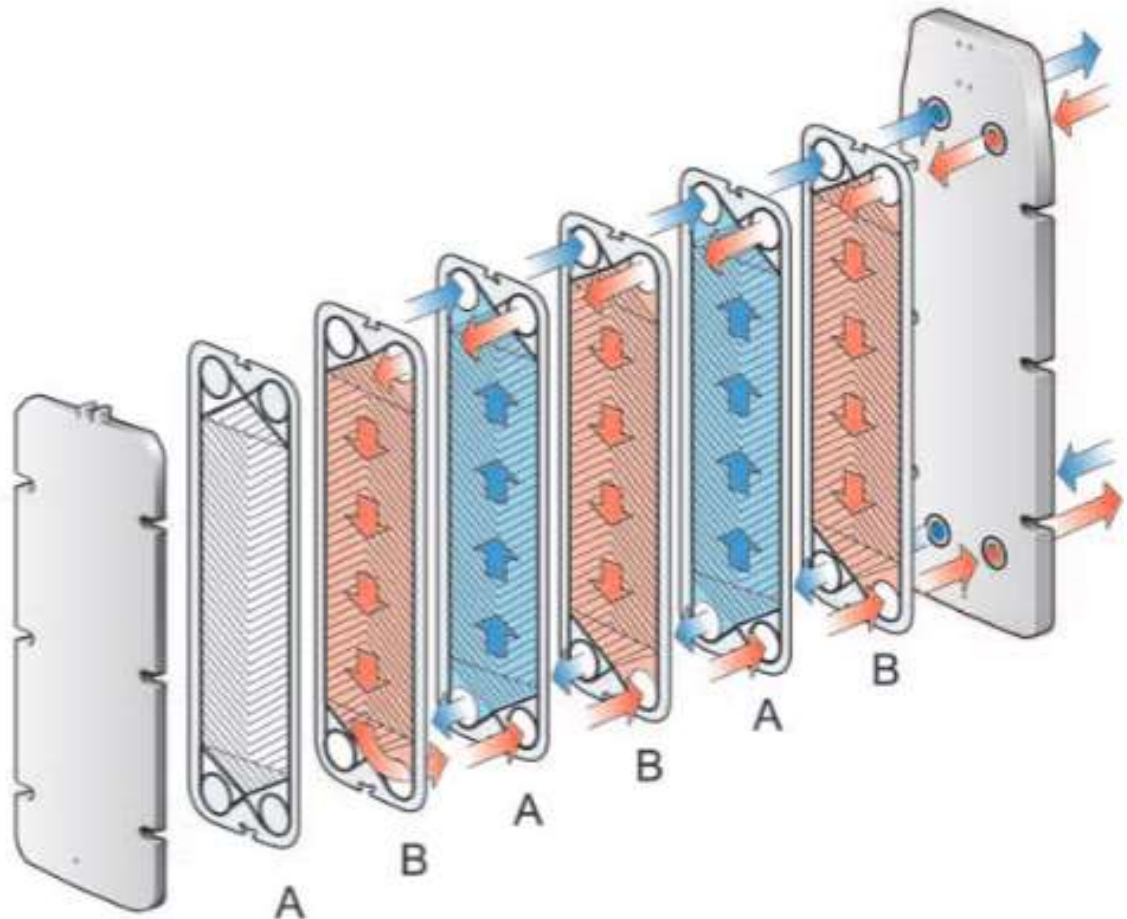
Lämmöntalteenotolla tarkoitetaan menetelmää, jossa ilma- tai nestekiertoista otetaan talteen ylijäämäistä lämpöä. Tällä menetelmällä voidaan saavuttaa merkittävät säästöt energiakustannuksissa, kun lämmöntalteenotto on toteutettu tehokkaasti. Huoneen tai tilan lämmitykseen voidaan käyttää myös poistoilmasta talteen otettua lämpöä. Usein käytettyjä lämmöntalteenotto- ja siirtomenetelmiä ovat pyörivä lämmönsiirrin, levylämmönsiirrin ja lämpöpumppu.

Pyörivän lämmönsiirtimen toiminta perustuu lämmön siirtämiseen poistoilmasta tuloilmaan pyörivän lämmityskiekon avulla (15). Lämmöntalteenoton hyötysuhteen maksimimiseksi tulo- ja poistoilma kulkevat vastakkaisiin suuntiin kuvan 4 mukaisella tavalla. Tämän mallisessa lämmönsiirtimessä on haasteena pitää tulo- ja poistoilmat erillään toisistaan, koska pieniä ilmavuotoja tapahtuu lämmönsiirtimen pyöriessä.



Kuva 4: pyörivän lämmönsiirtimen toimintaperiaate (15).

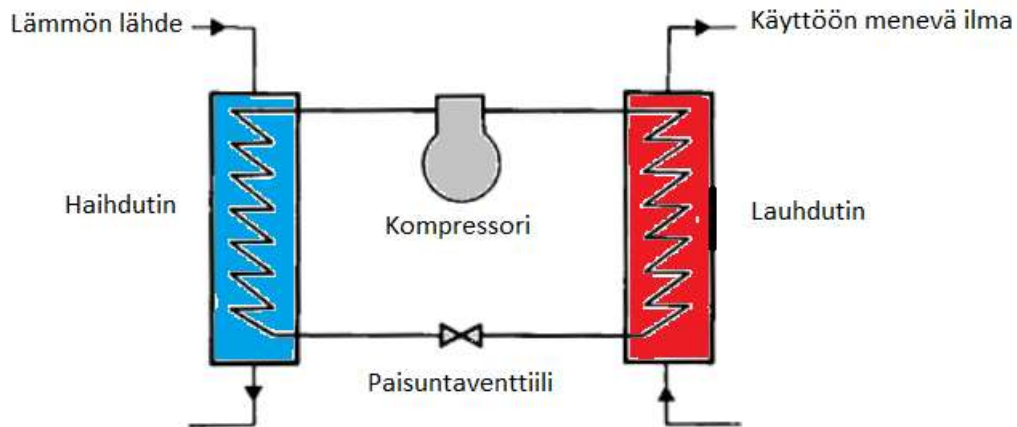
Levylämmönsiirrin siirtää lämmön nesteiden välillä metallisten levyjen avulla, jotka ovat aseteltu kuvan 5 mukaisessa järjestyksessä. Kiinteässä kennostossa olevat levyt ovat kokonaan eristyksissä toisistaan, jolloin pyörivälle lämmönsiirtimelle tyypillisiä ilmavuo- toja ei pääse tapahtumaan. Näistä useista metallilevyistä koostuva lämmönsiirrin on tehokas siirtämään lämpöä, koska siinä nesteet ovat alttiina suuremmalle pinta-alalle. Joka toiseen väliin kulkeutuu lämmin neste ja joka toiseen kylmä neste. Kuvassa 5 nesteiden virtaus on kuvattu nuolien avulla. (1.)



Kuva 5. Levylämmönsiirtimen levyjen asettelu (1).

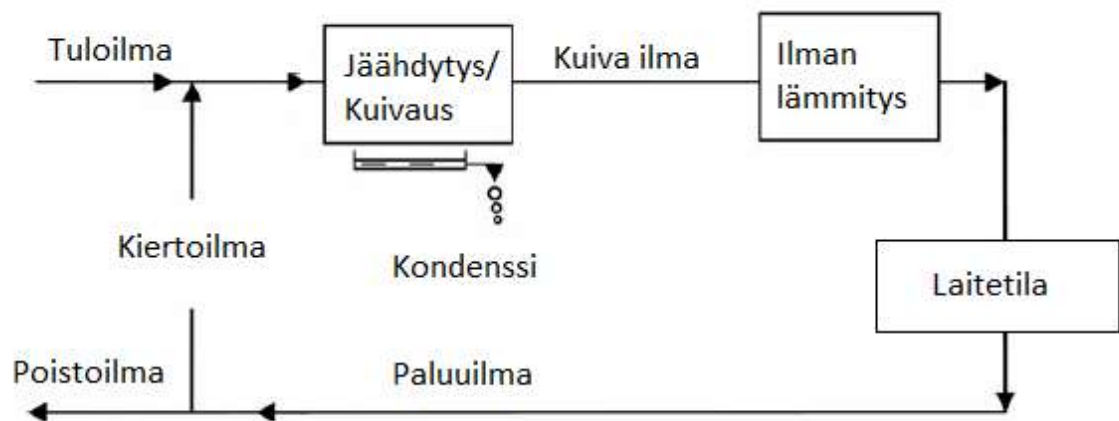
Lämpöpumpun toiminnan perustana on paineen muutos ja siten se siirtää lämpöä jopa matalista lämpötiloista parempaan hyödylliseen käyttöön kahden erillään olevan kennon avulla, joka on esitetty kuvassa 6 (4). Näissä kennoissa järjestelmässä käytetty neste kiertää kompressorin avulla. Kun käytössä on lämpöpumppu pystytään huomattavasti paremmin siirtämään lämpöenergiaa, kun se ei tapahdu suoraan poistoilmasta.





Kuva 6: lämpöpumpun toimintaperiaatetta kuvaava kaavio (15).

Kiertoilmajärjestelmän tehtävänä on siirtää laitehallin ilmaa puhdistettuna samasta laitehallin tilasta toiseen. Kun ilmaa kierrätetään tilojen välillä, pitää aina vastaava määrä ilmaa johtaa kiertoilmaan johdetun ilman tilalle. Kiertoilman avulla säästetään tilan lämmityskustannuksissa. Kiertoilman kierto on havainnollistettu suoritusvaihe kuvassa 7.



Kuva 7: Kiertoilman toiminnan periaate suoritusvaihe kaaviona.

Lämmitysmenetelmät käynnistyvät riittävien ehtojen täytyessä, jonka jälkeen siirrytään eteenpäin seuraavaan lämmitystapaan. Toiminnosta toiseen siirryttäessä järjestelmä tarkastaa edellisen toiminnon tarpeellisuuden aseteltujen ehtojen mukaisesti ja säätelee

niitä tai tarvittaessa ottaa kokonaan pois käytöstä. Kun lämmitys ei ole tarpeellinen tai lämmitystä on tarvetta vähentää, ohjataan säädöllä päinvastaisessa järjestyksessä lämmitystoimintoja pois päältä (9).

Poistoilman liika jäähtyminen estetään huurtumisenestotoiminnolla, joka tarkoittaa talteenottokiekon pyörimisnopeuden rajoittamista. Tämän seurauksena järjestelmässä tulee hälytys, jonka avulla käyttäjän on mahdollista tehdä tarvittavat jatkotoimet. Lämmön talteenottokiekon ohjauskeskuksessa hoidetaan myös huurteenpoisto täysin automaattisesti.

Lämmityksen viimeisessä vaiheessa lämmityspatteri otetaan käyttöön. Automaatio on valmistellut ennen käyttöönottoa lämmityspatterin säätövalmiuteen. Tämä tarkoittaa käytännössä kiertovesipumppujen käynnistämistä ja lämpötilansäädön käynnistyslupan antamista. Näin saavutetaan tehostettu lämmitys, jonka toiminta on sulavaa ja energiatehokasta. Ulkoilman lämpötilan mukaan ohjataan omakäyttölämmitysverkoston menoveden lämpötilaa välillä +20 astetta +70 asteeseen celsiusta alla olevan taulukon 1 mukaisesti (9).

Ulkoilman lämpötila	IV-verkoston menoveden lämpötila
>+20 °C	+20 °C
+10 °C	+35 °C
0 °C	+50 °C
-13 °C	+60 °C
<-26 °C	+70 °C

Taulukko 1: Suunnitellut menoveden lämpötila ulkoilman lämpötilaan verrattuna (9).



Käyttäjä asettaa raja-arvon patterin paluuveden lämpötilalle ja lämpöpatterin jälkeiselle ilman lämpötilalle, jotka voivat olla esimerkiksi +12 ja +6 astetta celsiusta. Omakäyttö-lämmityskierto käynnistetään näiden raja-arvojen mukaisesti. Asetetaan myös alaraja-arvo, esimerkiksi +3 astetta celsiusta, mikä laukaisee jäätymiseneston ja siihen liittyvän hälytyksen järjestelmään.

Jäätymissuojahälytyksen tullessa ilmanvaihtokoneen tuloilmapuhaltimen pitää pysähtyä ja tuloilman pellin sulkeutua. Puhallin saa käyntiluvan vasta kun paluuveden ja jäätymissuojan lämpötilat ovat +30 astetta celsiusta.

Paluuvesipuolesta poiketen kaukolämpöpuolen jäätymissuoja on toteutettu usean mittauksen tarkasteluna. Toiminta jäätymissuojakytkimien hälytyksestä on kuitenkin sama kuin paluuvesipuolella.

Kaukolämpöverkonpaine on asetettu raja-arvojen 0,5 bar ja 2,5 bar välille. Paineen poiketessa kyseisistä arvoista järjestelmä tekee tarvittavat toimenpiteet. Verkonpaineen las-  
kiessa alle 0,5 bar kaukolämpöpuolen pumput pysäytetään ja ne käynnistyvät uudelleen, kun asetettu raja-arvo esimerkiksi 0,8 bar on saavutettu. Paineen noustessa yli 2,5 bar seuraa hälytys, mutta muita toimenpiteitä ei tehdä. (9.)

### 3.3 Jäähdytyspiiri

Hallin jäähdyttäminen toteutetaan ulkoilmalla kaikissa mahdollisissa tilanteissa. Tällöin ulkoilman lämpötila tulee olla yhden asteen matalampi verrattuna hallin sisälämpötilaan. Tällöin jäähdytyspiiriä ei käynnistetä jäähdyttämään tuloilmaa erikseen. Tuloilmalle annetaan yläraja-arvo, jonka mukaan sen jäähdytys käynnistetään mittauksen ylittäessä raja-arvon. Vastaavasti se pysäytetään hallin lämpötilan las-  
kiessa alle asetetun alaraja-arvon.

Tuloilman lämmitys ja jäähdytys ovat toteutettu samoin periaattein. Eli ennen järjestelmän siirtymistä jäähdytyspiiriin käyttämiseen, säädetään se esivalmiuteen sulavan käyttönoton toteuttamiseksi. Mahdollisimman tehokkaan jäähdytyksen saavuttamiseksi järjestelmässä on tuloilman lämpötilan ja asetusarvon eron vertailu. Mikäli jäähdytyksessä

ero ei pienene järjestelmä laskee automaattisesti tuloilman asetusarvoa. Lämpötilojen eroa tarkastellaan tietyin aikavälein, mitkä ovat käyttäjän asettelemat.

Ulkoilman lämpötilan mukaan ohjataan kaukojäähdytysverkon menoveden lämpötilaa välillä +10—+15 astetta celsiusta alla olevan taulukon 2 mukaisesti. Sääto tapahtuu usean eri kokoisen säätöventtiilin avulla (9).

Taulukko 2: Suunniteltu omakäyttöjäähdytysjärjestelmän menoveden lämpötila verrattuna ulkoilmaan (9).

Ulkoilman lämpötila	Omakäyttöjäähdytysverkon menoveden lämpötila
>+30 °C	+10 °C
+20 °C	+10 °C
+15 °C	+15 °C
+5 °C	+15 °C

Kaukojäähdytyspuolen verkon paine on asetettu raja-arvojen 0,5 bar ja 2,5 bar välille. Mikäli paine poikkeaa näistä asetetuista arvoista sille asetetun sallitun poikkeaman yli, tulee hälytys ja toteutetaan vaadittavat toiminnot. Laskiessa alle 0,5 bar pysäytetään KL-puolen pumput ja ne käynnistyvät uudelleen vasta kun asetettu raja-arvo on saavutettu. Paineen noustessa yli 2,5 bar saadaan hälytys, mutta mitään muita toimenpiteitä ei tehdä. (9.)

Jäätymissuojat ovat myös tehty hyvin pitkälle samoin periaattein kuin kaukolämmitys-puolella. Jäätymissuojat antavat hälytyksen raja-arvossa, minkä jälkeen kaukojäähdytyspuolen pumput pysähtyvät. Kun hälytykset ovat poistuneet lämpötilojen noustessa käyttäjän asettaman raja-arvon yli kaukojäähdytyspuolen pumput voivat käynnistyä uudelleen.

## 4 Hälytykset ja häiriöt

Kaikissa tilanteissa häiriöiden ja ristiriitojen tapahtuessa jokaisesta laitteesta saadaan laitekohtaiset häiriöt, jotka indikoidaan järjestelmässä hälytysnäyttöön ilman viiveitä. Hälytyksiin on kuitenkin poikkeuksia. Esimerkiksi pumpun ollessa seis tilassa sen jälkeisistä paine- ja paine-eromittauksilta ei tule hälytyksiä. Häiriöiden indikoinneille on mahdollista asettaa viiveitä tapauskohtaisesti. Häiriöiden korjausten ja kuittausten jälkeen laitteet palautuvat normaalitilaan hallitusti, mutta eivät automaattille. Poikkeuksena edellä mainittuun on sähkökatkot, mistä palautuessa laitteet menevät itsenäisesti ohjelman mukaisesti takaisin automaattille. Muun muassa taajuusmuuttajille annetaan automaattinen häiriönkuittaus ilman, että käyttäjän tarvitsee kuitata sitä itse ja tämän jälkeen on ilmastoinnin automatiikan mahdollista palautua automaattille.

Häiriön tai vian koskiessa vain yhtä tilaa tai sen laitetta tällöin vain kyseisen tilan laite tai laitteet menevät vikatilaan, joka estää automaattitilan. Kaikki LVI-koneet pysähtyvät kahden tai useamman eri tilan laitteiden mennessä häiriöön. Häiriöt ovat lähtökohtaisesti vain laitekohtaisia, ellei toisin ole määritelty ohjelmaan eli yhden laitteen häiriöstä ei ole vaikutusta muiden laitteiden toimintaa eli ne eivät pysähdy.

Käyttäjän on mahdollista pysäyttää ilmanvaihtoon liittyvät laitteet kokonaan kahdella eri tavalla. Ohjelmallisesti se on toteutettu valvomonäytöllä olevalla IV-pysäytyspainikkeella ja laitehallissa olevalla lukkiutuvalla ilmanvaihdon pysäytyspainikkeelta tulevalta signaalilla. Molemmat pysäytystavat aiheuttavat hälytyksen järjestelmään ja asettavat ilmastoinnin ”nolla”-tilaan ja siitä poistuminen vaatii pysäytyspainikkeiden vapauttamisen ja ilmanvaihdon käynnistysohjelman uudelleen käynnistämisen manuaalisesti. Tulo- ja poistoilmapiuhaltimet pysähtyvät myös palovaaratilanteen ja palohälytyksen aiheuttamasta hälytyksestä. Tuloilmakoneikon pysäyttää myös jäätymisvaarahälytys. (9.)

Palovaaratilanteessa tilakohtaisien palopeltien sulkeutuminen tapahtuu tulo- tai poistoilman lämpötilan noustessa yli 45 asteeseen celsiusta, jolloin annetaan ennakkohälytys viisi astetta ennen asetettua yläraja-arvoa (9). Myös palovaarahälytyksestä aiheuttamasta LVI:n pysäytyksestä uudelleen käynnistäminen vaatii häiriöiden kuittauksen, palohälytyksen poistumisen ja uudelleen käynnistyksen käsin automaatiojärjestelmästä.

Mahdollinen häiriöiden tai hälytysten manuaalinen pois aktivointi passiiviseen tilaan toteutetaan järjestelmästä simuloimalla kyseessä olevan laitteen tulo- tai lähtötieto pois päältä tai aktiiviseksi käyttäjän haluamalla tavalla.

Ristiriitahälytyksiä voi tulla laitteen ohjearvon poiketessa liikaa todellisesta käyttöarvosta. Tällainen tilanne voi tulla esimerkiksi, jos ilmapellin matka-aika eli aika, minkä kuluessa ilmapellin tulisi saavuttaa haluttu asento ylittää sille asetetun aikarajan. Tällöin saadaan ristiriitahälytys eli matka-ajanylityshälytys. Laitteiden tarkemmat matka-ajat asetetaan käyttöänoton yhteydessä.

Kaikista mittauksista ja laskentapiireistä tulee raja-arvohälytyksiä. Järjestelmään asetetaan raja-arvoja mittausten ja eri tilanteiden perusteella. Järjestelmä vertaa niitä mittauksilta ja laitteilta tulleisiin arvoihin, joiden perusteella järjestelmä antaa yläraja- ja alarajahälytyksiä. Näiden hälytysten perusteella järjestelmä tekee vaadittavia toimintoja, kuten pysäyttää IV-laitteistoja. Raja-arvojen normalisoitua ja käyttäjän kuitattua hälytykset IV-laitteisto voi palautua normaaliin tilaan. (9.)

## 5 Laitteiden tunnistusjärjestelmä

Mustikkamaan luolalämpöakun laitteissa tunnistamisessa käytetään KKS-järjestelmää, joka on voimalaitoskäyttöön tarkoitettu laitteiden luokittelujärjestelmä. KKS-järjestelmän tarkoituksena on yksinkertaistaa laitteiden tunnistamista eri tietokannoissa ja automaatiojärjestelmässä. Tästä on hyötyä prosessin suunnittelussa, ohjelmoimisessa ja laitteiden asennuksessa. Jokaisella laitteella tulee olla oma ainutlaatuinen laitetunnus, jolloin laite voidaan tunnistaa lähestulkoon täysin, lukuun ottamatta laitteen mallia. Laitetunnus koostuu neljästä osasta. Joista jokainen osa tarkoittaa laitteen kuvausta edellistä osaa tarkemmin. Ensin tunnuksessa tulee ilmi laitos numeroin tai kirjaimin, jonka jälkeen ilmoitetaan laitteen toiminto. Seuraavaksi on laitteen toiminnon koodi, mikä sisältää juoksevan numeroinnin ja viimeiset kirjaimet ja numerot yksilöivät laitteen kaikista tarkimmin. Järjestelmään tulevilla laitetunnuksissa käytetään hieman yksinkertaistettuja tunnuksia. Näistä näkyy esimerkki alla olevassa kuvassa 8, joka esittää fyysisesti laitteeseen kiinni tulevaa laitetunnusta.

Pystykuilu yläpää, huonelämpötila

1SAQ20CT701

Kuva 8. Lämpötilamittauksen laitetunnuskilpi.

Mustikkamaan luolalämpöakun kaikki laitetunnukset alkavat numerolla yksi. Sitä seuraa SAQ kirjaimet eli kyseessä on lämmitykseen, ilmanvaihtoon tai ilmastointiin liittyvä laite ja numero 20 kertoo järjestelmän osan. Seuraavat kirjaimet C ja T kertovat laitteen olevan suora mittaus, joka mittaa lämpötilaa. KKS-järjestelmään kuuluvat myös signaalitunnukset, joiden avulla signaalin tyyppi voidaan tunnistaa. Signaalityyppejä voi olla eri tyyppisiä analogisia tai binäärisiä signaaleita. Tästä esimerkiksi yksinkertaistetusti signaali XQ tarkoittaa analogista signaalityyppiä ja XG tarkoittaa binääristä signaalityyppiä. Näiden kaksikirjaimisten signaalitunnusten perässä ovat vielä täsmentävät numerotunnukset, joiden avulla tunnuksia voi myös yksilöidä tarpeen mukaan ja kertoa signaalityypin sisällöstä enemmän. Tässä projektissa näitä signaalitunnuksia ei tule laitteisiin tuleviin tunnuskilpiin.

## 6 Toimilohkokaavio ohjelmointi

Ilmastoinnin ohjelmoinnissa on käytetty ohjelmointikielenä IEC 61131-3 standardin mukaista toimilohkokaaviota, lyhyesti FBD (eng. function block diagram) (8). Yksinkertaisuuden ja graafisen esitystavan vuoksi tämän tyyppisen toteutuksen ohjelmoiminen toimilohkokaavioin on helppo toteuttaa ja se on toimiva. Toimilohkot koostuvat pääosin loogisista operaatioista ja ennalta osittain perustoiminnoin konfiguroiduista monimutkaisemmista toiminnoista. Nämä monimutkaisemmat toimilohkot täytyy konfiguroida loppuun tilanteen ja tarpeen mukaisesti.

Ohjelmoiminen SPPA-T3000 järjestelmässä tapahtuu toimilohkokaavioiden muokkaus ikkunassa luomalla tai käyttämällä valmiiksi ohjelmakirjastoon luotuja eri tilanteisiin soveltuvia toimilohkoja ja konfiguroimalla niitä tarvittavin tavoin.



Parametrien muuttaminen jälkikäteen onnistuu missä vain tilanteessa ilman toimilohkojen editointitilan käyttöä.

I	LSG3	NO	Γ
I	HI_LOW3	High	Γ
I	LV4	0.0	Γ
I	LSG4	NO	Γ
I	HI_LOW4	High	Γ
I	DB	1.0	Γ
I	UL	150.0	Γ
I	LL	0.0	Γ
I	EU	°C	Γ
I	AL_SUPQ1	NO	
I	AL_SUPQ2	NO	
I	AL_SUPQ3	NO	
I	AL_SUPQ4	NO	
I	SIMU_VAL	99.0	
I	TT_TYPE_RANGE	Pt100 0..450 C	

Kuva 10: Lämpötilamittauksen toimilohkon parametri-ikkunan ylä- ja alaraja-arvon sekä mitattavan lämpötilan yksikkö.

Toimilohkojen saattaminen toimilohkokaavioksi eli lopulliseksi ohjelmaksi toteutetaan yhdistämällä toimilohkot toisiinsa fyysisesti vetämällä yhdistämisviivoja näiden tulojen ja lähtöjen välille. Toimintoja luodessa tulee olla perehtynyt niiden toimintoihin perusteellisesti, jolloin huolellisesti tuotettu ohjelma voidaan toteuttaa. Tämä säästää paljon aikaa ohjelman tekemisen loppuvaiheilla mahdollisien syntaksivirheiden eli ohjelmavirheiden olemattomuuden vuoksi.

## 6.2 Loogiset operaatiot

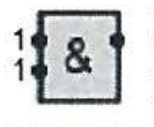
FBD ohjelmoinnissa käytetään hyvin pitkälle perus loogisia operaatioita, mitkä ovat: JA (AND), TAI (OR), EI (NOT) ja JOKO-TAI (XOR). Näiden operaatioiden toimintoja yleensä kuvataan niin sanotulla totuustaulukolla, missä A ja B ovat sisääntuloja ja Q on lähtö.

JA portin perustoiminta on kuvattu alla olevassa totuustaulukossa 3 tuloportein A ja B sekä lähtöportilla Q. EI portin toiminto on JA portin toiminto negaatioituna eli niissä tilanteissa missä JA portin lähtö-arvo olisi tosi, niin silloin EI portin lähtö-arvo olisi epätosi

Taulukko 3: JA portin totuustaulukko

A	B	Q
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

SPPA-T3000 Järjestelmässä JA portti on havainnollistettu kuvassa 11.



Kuva 11: JA portin kuvaustapa SPPA-T3000 järjestelmässä.

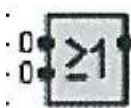
TAI portin toiminta on monipuolisempi verrattuna JA porttiin. TAI portti toteutuu toisen tai molempien sisääntulosignaaleja ollessa tosi alla olevan totuustaulukon 4 mukaisesti.



Taulukko 4: TAI portin totuustaulukko.

A	B	Q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Järjestelmässä TAI portin toimilohko havainnollistettuna kuvassa 12. Se voidaan myös kuvata  $\geq 1$ -merkinnän sijasta OR-merkinnällä.



Kuva 12.

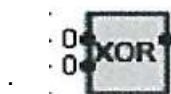
JOKO-TAI operaatio poikkeaa aikaisemmista siten, että se toteutuu molempien tulossignaalien ollessa tosi taulukon 5 mukaisella tavalla.

.

Taulukko 5: JOKO-TAI portin totuustaulukko

A	B	Q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

JOKO-TAI operaatio havainnollistettuna kuvassa 13 järjestelmässä käytettynä esitystapana.



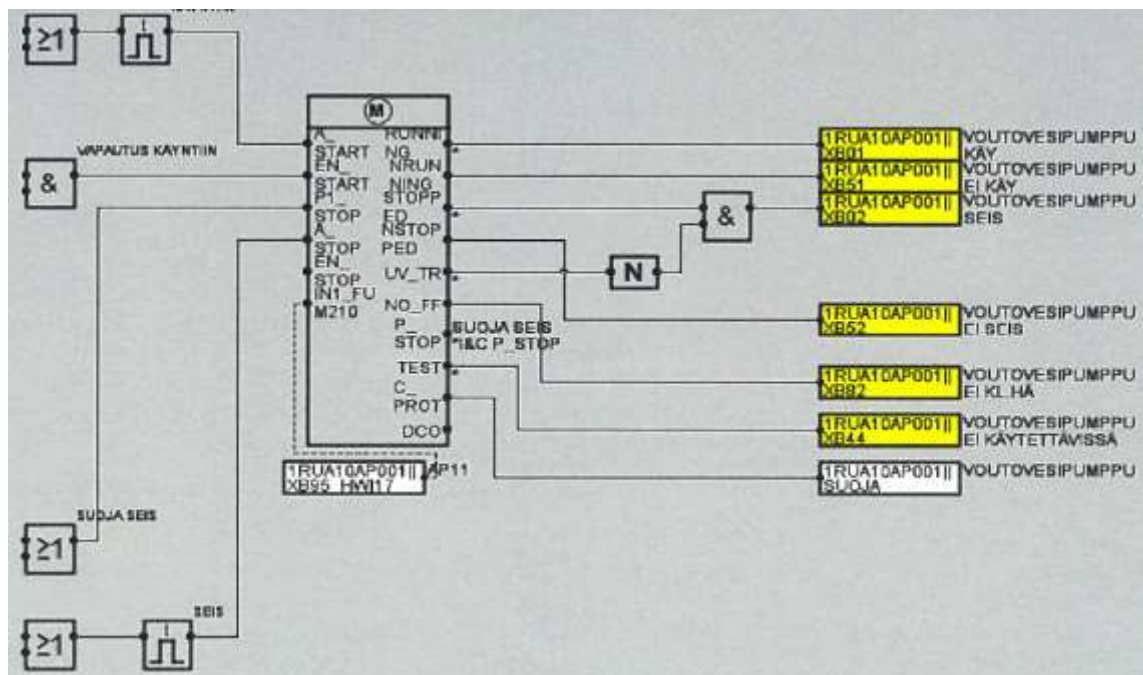
Kuva 13. JOKO-TAI operaation piirrosmerkki

### 6.3 Automaatiotoimilohkot

Toimilohkokaaviossa kuvataan graafisesti erilaisia automaatiotoimintoja automaatio toimilohkojen avulla. Automaatio toimilohkoille voidaan määrittää eri parametreja ja rajapintoja, joiden mukaan toimilohkot suorittavat matemaattisia- tai ohjaustoimintoja.

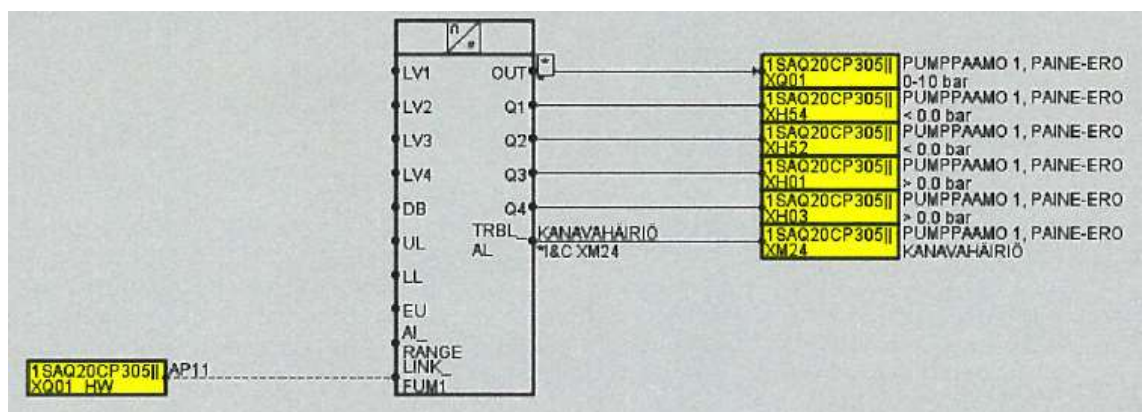
Mustikkamaan luolalämpöakun ilmastoinnin ohjelmoimiseen usein käytetyt järjestelmän kirjastoon ennalta ohjelmoidut automaatio toimilohkot: MOTOR, FUM ASMON, FUM BSMON, FUM TTMON ja CCTRL. Toimilohkojen vasemmalla puolella on tulosignaalit ja oikealla puolella lähtösignaalit, kuten ohjaukset tai raja-arvojen hälytykset. Valkoisella pohjalla ja mustalla tekstillä olevia muuttujien toimilohkoja lähdetä tai määränpäättä voidaan seurata, joka tarkoittaa niiden olevan kytkettynä eteenpäin muualle ohjelmaan. Muun muassa kuvassa 14. Verrattuna keltaisella pohjalla ja mustalla tekstillä oleviin muuttujien toimilohkoihin, joilla ei ole yhteyttä muualle.

Moottorihjauksiin tarkoitettulla MOTOR toimilohkolla kuvassa 14 voidaan antaa moottorille manuaali-, automaatti- ja suojauskomentoja moottorin ohjaamiseen. MOTOR toimilohkolla on kaksi pysähtynyt ja käynnissä ulostulo signaalia, mistä voi nähdä suoritettun operaation tilan. Myös esimerkiksi alijännitteelle, komennon toteutumiselle ja tahattoman moottorin tilan vaihtumiselle on omat monitoroinnit.



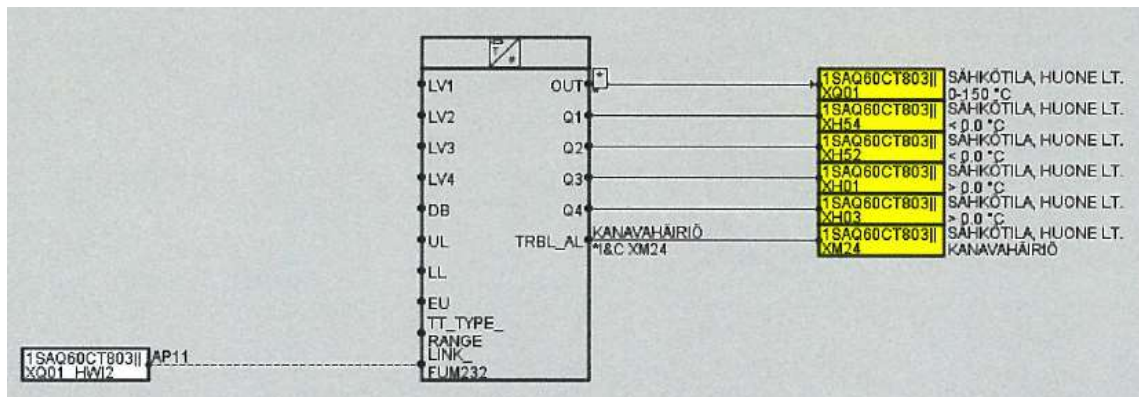
Kuva 14. FUM\_MOTOR moottorinohjauksen toimilohko.

FUM\_ASMON eli analogisignaalien monitoroinnin toimintoa käytetään suorittamaan ja monitoroimaan analogisignaaleja esimerkiksi paineen mittaukseen kuvan 15 mukaisesti. Analogimittauksille ja signaaleille käytetään 4—20 mA virtaviestiä. Se voi myös tasoittaa ja suodattaa tulevia häiriöisiä signaaleja mahdollisimman hyvän mittauksen aikaansaamiseksi.



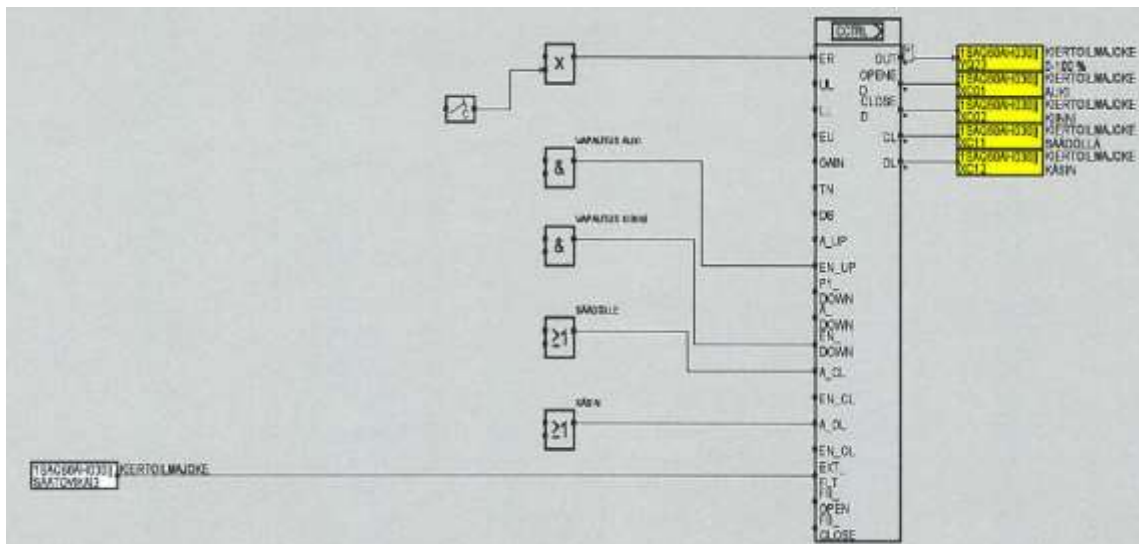
Kuva 15: FUM\_ASMON toimilohko paine-eron mittaukselle.

FUM\_TTMON eli lämpötila signaalin monitoroinnin toimintoa käytetään vain lämpötilamittauksiin. Se toimii hyvin pitkälle samalla periaatteella kuin FUM\_ASMON mukaanluet-  
tuna signaalin käsittely. Kuvassa 16 on esimerkki sähkötilan huoneen lämpötilamittauk-  
sesta.



Kuva 16: Sähkötilan huoneenlämpötilan mittaus.

Ulkoisen signaalin seurannan, sisäisen asetusarvon tai PID säätimen tuottaman asetus arvon perusteella säädetään moottoria tai toimilaitetta kuvan 17 mukaisella FUM\_CCTRL toimilohkolla.

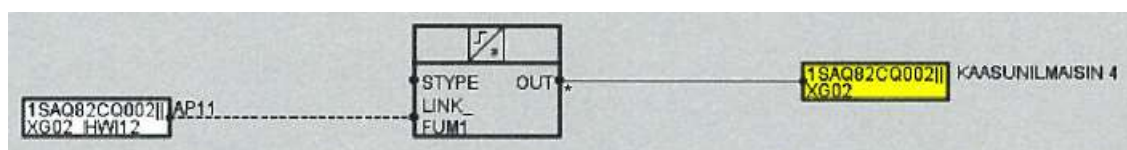


Kuva 17: FUM\_CCTRL toimilohkosta.

PID eli propotional-integral-derivative säätimellä tarkoitetaan säädintä, joka asettaa säätöarvoa saadun prosessiarvon perusteella. PID säädin koostuu kolmesta eri osasta suhdeosasta, integroivasta osasta ja derivoivasta osasta. Näillä kaikilla kolmella osalla on omat ominaisuutensa, minkä takia niitä kaikkia ei aina tarvita.

P suhdesäädössä säädin asettaa säätöarvoa kertomalla virhettä asetetulla suhdesäädön kertoimella. Pelkällä suhdesäädöllä säätimeen jää säätövirhettä. Kun suhdesäätöön lisätään integroiva osa, saadaan PI-säädin. Nyt säädin osaa tasoittaa säätövirhettä ja mikä vastaa prosessiarvoihin nopeammin. Tilanteiden mukaan säätimeen lisätään myös D-osa, joka tekee säätimestä ennakoivan reagoimalla nopeasti prosessisuureisiin tapahtuneisiin muutoksiin. Haittapuolena derivoiva osa aiheuttaa säätimessä värähtelyä. (13.)

Binäärisignaaleja käsitellään sille tarkoitettulla FUM\_BSMON binäärisignaalien monitorointi toimilohkolla. Kuvassa 18 on kaasuilmaisimen binäärisignaalin käsittelyä varten toimilohko.



Kuva 18: FUM\_BSMON binäärisignaalin käsittelevä toimilohko.

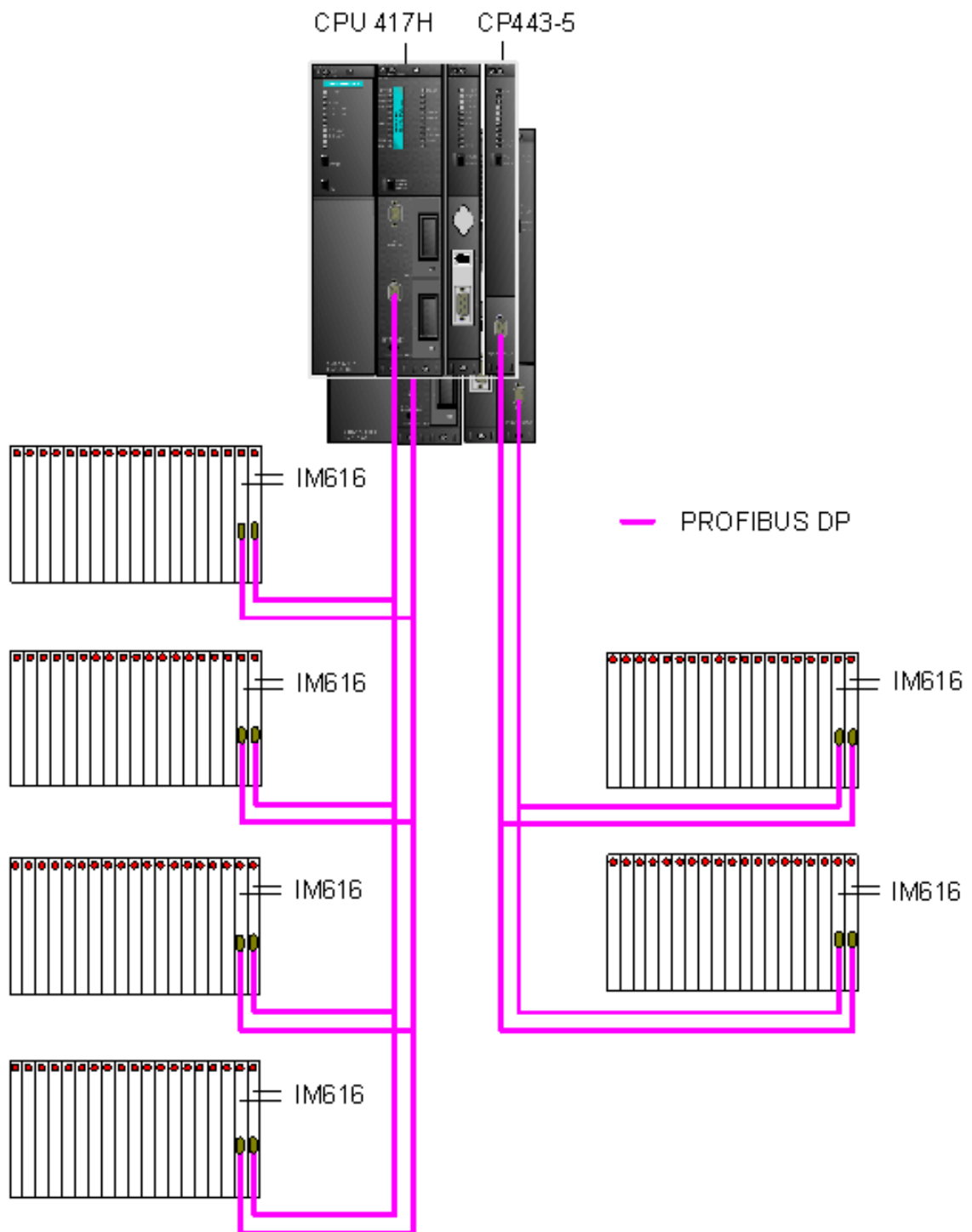
#### 6.4 Keskitetyt toimintamoduulit ja Simatic S7

Toimivan ohjelman ja ohjelmakirjaston luomiseksi on oleellista tunnistaa missä ja min-kälaisissa tilanteissa käytetään minkäkin tyyppistä keskitettyä toimintamoduulia eli FUM korttia. Keskitettyyn toimintamoduuliin viitataan tässä työssä jatkossa korttina. Kortit ovat sijoitettuna automaatiotilaan kaappeihin korttikehikoihin, missä ne ovat kytkettynä väylän kautta prosessoriin. Analogi- ja binäärisignaalien luku, lähettäminen ja muokkaaminen kuuluu näiden korttien perustoimintoihin. Muita toimintoja ovat piirien syöttäminen ja valvonta, yhden millisekunnin aikaleimaus ja virheiden erottelu helpottamaan virhetilanteiden analysointia.

Riittävän toiminnallisuuden saavuttamiseksi Mustikkamaan luolalämpöakun ilmastoinnin toteuttamiseen on käytetty neljää erilaista korttia. Vain binäärisignaaleille on tarkoitettu FUM 210 kortti. Tällä kortilla pystytään toteuttamaan 28 yksittäiskoskettimen tai 14 vaihtokoskettimen binäärisignaalin käsittely. Kaikki lämpötilamittauksien valvonta ja syöttö toteutetaan ainoastaan FUM 232 kortilla. Tähän korttiin voidaan kytkeä sekaisin 28 termoparianturia tai 14 vastusanturia. Laitteiden, esimerkiksi venttiilien ohjaaminen ja säätäminen tapahtuu FUM 280 kortilla, jolla onnistuu myös takaisinkytkentöjen luku.

Lähettimien ja antureiden vain analogisignaalien luku ja käsittely tehdään FUM 230 kortilla, jolla voidaan syöttää 16 lähettimen virtapiiriä 24 voltilla ja 120 milliampeerilla. (10.)

Hanasaaren voimalaitoksella automaation prosessoimiseen käytetään Siemensin Simatic S7-400 tuoteperheeseen kuuluvaa järjestelmää. Kyseinen järjestelmä kykenee suoriutumaan tehokkaasti vaativimmistakin teollisuuden automaatiotehtävistä matalalla häiriö prosentilla. FUM moduulit ja prosessori ovat yhteydessä toisiinsa Profibus DP väylän (kuva 19) avulla. Profibus DP eli process field bus DP on standardoitu kenttäväylä. Automaatiossa väylää käytetään laitteiden välisessä kommunikaatiossa. Prosessori pystyy kommunikoimaan yhteensä maksimissaan neljän FUM kehikon kanssa. Kehikkojen määrää on mahdollista kasvattaa kuuteen käyttämällä Profibus DP liitäntälaitetta kuten kuvassa xx on esitetty. Yhteen kehikkoon mahtuu 19 FUM korttia ja näin ollen yhteen prosessoriin on mahdollista kytkeä 114 FUM korttia (13).



Kuva 19: prosessorin ja korttien välinen Profibus DP väylän kytkentä (13).



## 7 Ohjelmakirjaston luominen

Ohjelmakirjaston luomisen tarkoituksena on luoda pohja ilmastoinnin ohjelmoimiselle. Kirjaston luomista helpottamaan on käytetty laitelistoja, jotka ovat saatu työn toimeksi-antajalta. Kuvassa 20 on esitetty osa laitelistaa, missä oleellimmat tiedot kirjaston luomista varten on punaisella merkityt sarakkeet. Näissä sarakkeissa vasemmalta oikealle on ensimmäisenä laitteen KKS-tunnus, tämän jälkeen kerrotaan kyseisen laitteen automaatiokaapin tunnus eli Mustikkamaan luolalämpöakun laitehallin automaatiotilassa oleva kaappi, missä kortit ja niiden kytkennät ovat. Automaatiokaapin tunnuksen jälkeen samassa sarakkeessa ilmoitetaan kortin kytkentä paikka. Seuraavaksi on kortti tyyppi eli FUM 210. Viimeisenä ilmoitetaan KKS-järjestelmän mukainen signaalityypin merkintä.

Kennzeichen	FB	FKZ	GE	UV	Ger Schl	LT	Gerät	AnSt	Einbauplatz	Baugruppen Typ	Ka sal	FdZ	Analoger S/A-Bereich	Signal
18AQ20AH020				1-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	28	1CRA01.BG051	FUM210GB	14	GB	4	XG02
18AQ20AA504				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	29	1CRA01.BG051	FUM210GB	15	GB	4	XB51
18AQ20AA505				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	30	1CRA01.BG051	FUM210GB	16	GB	4	XB51
18AQ20AA506				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	31	1CRA01.BG051	FUM210GB	17	GB	4	XB51
18AQ20AA602				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	32	1CRA01.BG051	FUM210GB	18	GB	4	XB51
18AQ20AA603				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	33	1CRA01.BG051	FUM210GB	19	GB	4	XB51
18AQ20AH030				11-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	16	1CRA01.BG051	FUM210GB	2	GB	4	XG03
18AQ20AL103				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	34	1CRA01.BG051	FUM210GB	20	GB	4	XB51
18AQ20AL102				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	35	1CRA01.BG051	FUM210GB	21	GB	4	XB51
18AQ20AA104				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	36	1CRA01.BG051	FUM210GB	22	GB	4	XB51
18AQ20AA204				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	37	1CRA01.BG051	FUM210GB	23	GB	4	XB51
18AQ20AA306				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	38	1CRA01.BG051	FUM210GB	24	GB	4	XB51
18AQ20AA307				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	39	1CRA01.BG051	FUM210GB	25	GB	4	XB51
18AQ20AA407				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	40	1CRA01.BG051	FUM210GB	26	GB	4	XB51
18AQ20AA409				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	41	1CRA01.BG051	FUM210GB	27	GB	4	XB51
18AQ20AA410				2-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	42	1CRA01.BG051	FUM210GB	28	GB	4	XB51
18AQ20AH030				12-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	17	1CRA01.BG051	FUM210GB	3	GB	4	XG05
				13-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	18	1CRA01.BG051	FUM210GB	4	GB	4	XB07
				27-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	19	1CRA01.BG051	FUM210GB	5	GB	4	XB09
				15-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	20	1CRA01.BG051	FUM210GB	6	GB	4	XB22
				17-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	21	1CRA01.BG051	FUM210GB	7	GB	4	XB54
				19-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	22	1CRA01.BG051	FUM210GB	8	GB	4	XG06
				29-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	23	1CRA01.BG051	FUM210GB	9	GB	4	XG08
18AQ20AH010				7-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	15	1CRA01.BG059	FUM210GB	1	GB	4	XG01
				24-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	24	1CRA01.BG059	FUM210GB	10	GB	4	XG10
18AQ20AH020				7-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	25	1CRA01.BG059	FUM210GB	11	GB	4	XG01
				11-	GFBAF	AS	FUM210-BG+AS	26	1CRA01.BG059	FUM210GB	12	GB	4	XG03

Kuva 20: Lista laitteiden paikoista automaatiokaapissa ja korteissa (10).

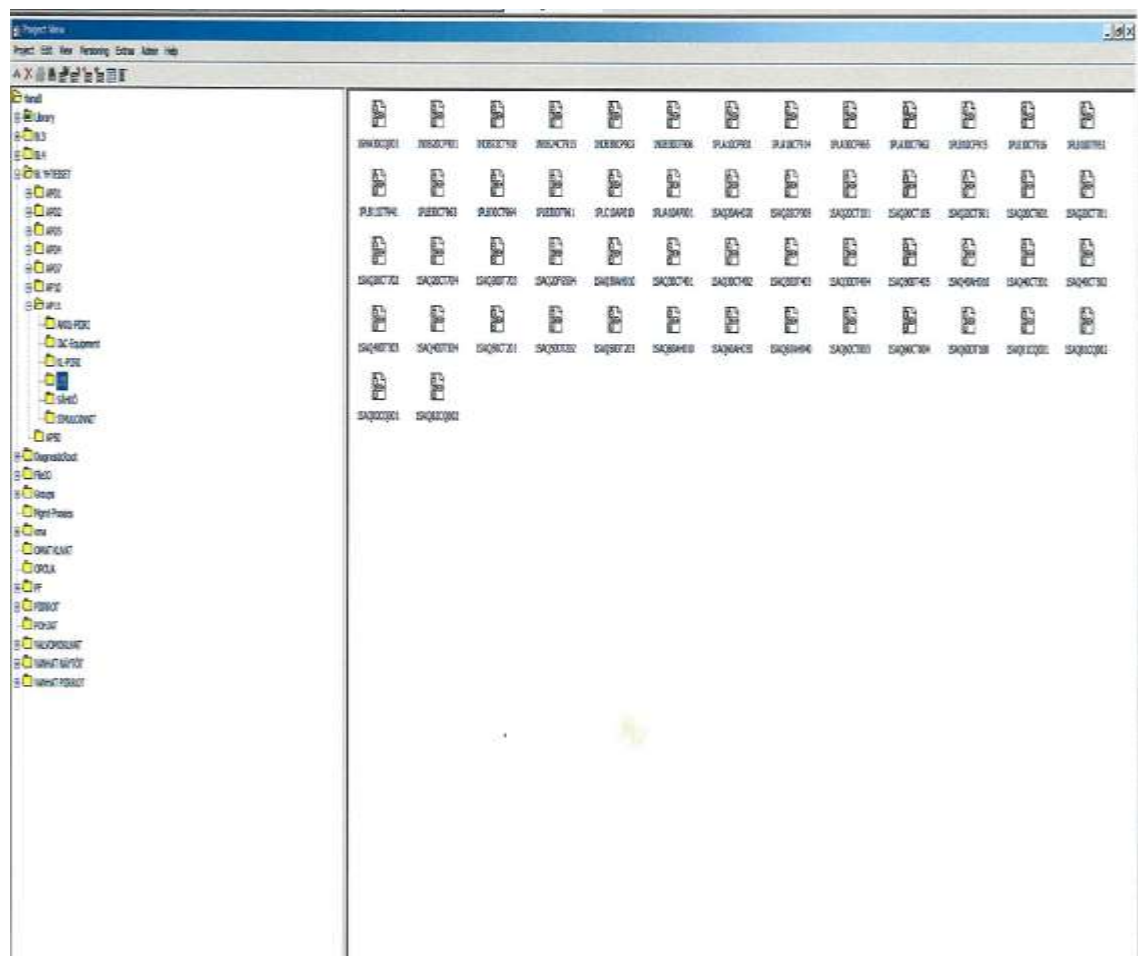


Pelkästään kuvan 20 mukaisen listan perusteella ohjelmakirjastoa ei pysty luomaan riittävän yksityiskohtaisesti, vaan tähän tarvitaan myös kuvan 21 mukainen lista ja liitteen 1 mukainen laite- ja raja-arvolista, mistä näkyy KKS-tunnuksen lisäksi sitä vastaavan laitteen nimi. Annetun nimen perusteella on huomattavasti helpompi tunnistaa laite kuin pelkästään KKS-tunnuksen perusteella. Tämä ei pelkästään helpota työtä vaan myös merkittävästi nopeuttaa koko ohjelmointi prosessia.

No	DCC	Object	PageId	Index	Date	Title
57	YV	1SAQ20CT601		M1A0	3.1.2020	PYSTYKUILU ALAPÄÄ, HUONELÄMPÖ
58	YV	1SAQ20CT701		M1A0	3.1.2020	PYSTYKUILU YLÄPÄÄ, HUONELÄMPÖ 1
59	YV	1SAQ20CT702		M1A0	3.1.2020	PYSTYKUILU YLÄPÄÄ, ULKOLÄMPÖ
60	YV	1SAQ20CT704		M1A0	3.1.2020	PYSTYKUILU YLÄPÄÄ, HUONELÄMPÖ 2
61	YV	1SAQ20DT703		M1A0	3.1.2020	PYSTYKUILU YLÄPÄÄ, TUULOILMAKOJE LÄMPÖ
62	YV	1SAQ20FG705		M1A0	23.4.2020	PAILOPELTI, MUSTIKKAMAA PYSTYKUILU YLÄPÄÄ, TUULOILMA
63	YV	1SAQ20FG706		M1A0	23.4.2020	PAILOPELTI, MUSTIKKAMAA PYSTYKUILU YLÄPÄÄ, POISTOILMA
64	YV	1SAQ20GS100		M1A0	23.4.2020	IV SEIS-PAINIKE, SÄHKÖTILA
65	YV	1SAQ20GS700		M1A0	23.4.2020	IV, SEIS-PAINIKE, PYSTYKUILU
66	YV	1SAQ20PU010		A1A0	3.1.2020	KIERTOILMAKOJE PUMPPU
67	YV	1SAQ20PU020		A1A0	3.1.2020	GLYKOLIN TÄYTTÖPUMPPU
68	YV	1SAQ20PU020		A1A1	23.4.2020	GLYKOLIN TÄYTTÖPUMPPU
69	YV	1SAQ30AA406		M1A0	23.4.2020	PAILOPELTI 1, LÄMMÖNVAHDINTILA-KÄYTÄVÄN TAKAOSA
70	YV	1SAQ30AH010		A1A0	3.1.2020	KIERTOILMAKOJE 1
71	YV	1SAQ30AH010		A2A0	3.1.2020	KIERTOILMAKOJE 1
72	YV	1SAQ30AH010		A3A0	3.1.2020	KIERTOILMAKOJE 1
73	YV	1SAQ30AH010		A1A1	23.4.2020	KIERTOILMAKOJE 1
74	YV	1SAQ30AH010		A2A1	23.4.2020	KIERTOILMAKOJE 1
75	YV	1SAQ30AH010		A3A1	23.4.2020	KIERTOILMAKOJE 1
76	YV	1SAQ30AH020		A1A0	3.1.2020	KIERTOILMAKOJE 2
77	YV	1SAQ30AH020		A2A0	3.1.2020	KIERTOILMAKOJE 2
78	YV	1SAQ30AH020		A3A0	3.1.2020	KIERTOILMAKOJE 2
79	YV	1SAQ30AH020		A1A1	23.4.2020	KIERTOILMAKOJE 2
80	YV	1SAQ30AH020		A2A1	23.4.2020	KIERTOILMAKOJE 2
81	YV	1SAQ30AH020		A3A1	23.4.2020	KIERTOILMAKOJE 2
82	YV	1SAQ30AH030		A1A0	3.1.2020	KIERTOILMAKOJE 3
83	YV	1SAQ30AH030		A2A0	3.1.2020	KIERTOILMAKOJE 3
84	YV	1SAQ30AH030		A3A0	3.1.2020	KIERTOILMAKOJE 3

Kuva 21: Laitteiden KKS-tunnuksista ja niiden nimistä (11).

Valmiista ohjelmakirjastosta (kuva 22) on prosessin ohjelmoijan vaivatonta löytää tarvittavat laitteet pitkälle konfiguroituina. Kuvan 22 vasemmassa reunassa voidaan myös havaita ennalta tehdyt ohjelmakirjastot, jotka ovat järjestelty kyseisen kirjaston sisällön perusteella.



Kuva 22. Lista tehdystä ohjelmakirjastosta, missä laitteet ovat järjestelty KKS-laitetunnuksen perusteella.

## 8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja laatia ohjeistus Mustikkamaan luolalämpöakun ilmastoinnin perustoiminnoista ja sen ohjelmoinnista. Dokumentin oli tarkoitus sisältää myös ohjelmoinnin kannalta yhdistäviä komponentteja.

Opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin luomalla prosessin aikana kattava perusdokumentti, joka tulee auttamaan Mustikkamaan luolalämpöakun ilmastoinnin ohjelmoinnin loppuun viemisessä. Sen käytön tehostaessa ja nopeuttaessa työskentelyä. Dokumentilla tulee olemaan myös suuri vaikutus uuden työntekijän perehdyttämisessä Hanasaaren B-voimalaitoksella tällä hetkellä käytössä olevaan automaatiojärjestelmään.

Koska opinnäytetyö toteutettiin opinnäytetyön aiheesta poikkeavien töiden ohessa, jäi käytettävä aika niukaksi. Tämän takia ohjelmoinnin laatimisen osuutta ei ehditty viemään loppuun asti. Mutta Mustikkamaan luolalämpöakun ilmastoinnin ohjelmoinnin ollessa vielä kesken, tästä pisteestä on hyvä jatkaa ohjelmoinnin laatimista sen etenemisen mukaisesti.

Opinnäytetyötä tehdessä opittiin ja sisäistettiin laajasti tietoa Mustikkamaan luolalämpöakun ilmastoinnin suunnitellusta toiminnasta ja SPPA-T3000 automaatiojärjestelmästä. Opittiin ymmärtämään, kuinka monipuolinen ja käyttäjäystävällinen SPPA-3000 järjestelmä on erityisesti käytön ja ohjelmoinnin kannalta. Prosessin aikana päästiin avartamaan näkemyksiä insinöörin työhön, joka koettiin palkitsevaksi. Opinnäytetyön edetessä opittiin tulevaisuuden kannalta arvokkaita taitoja, esimerkiksi yhdistämään tiedonhaun avulla keräämää informaatiota jo opittuihin asioihin ja soveltamaan niitä käytännön tehtäviin. Työn tekeminen on vahvistanut myös taitoja työelämän vuorovaikutuksen kannalta ja antanut uusia työkaluja myös itsenäiseen työskentelyyn.

Työstä saatua materiaalia olisi mahdollista kehittää sisällyttämällä siihen entistä laajalaisempaa informaatiota ohjelmoimiseen perehdyttämisen kannalta, joka auttaisi ymmärtämään paremmin eri tilanteiden ja toimintojen toteutusta SPPA-T3000 automaatiojärjestelmällä. Tämä ei kuitenkaan ole oleellista tietoa opinnäytetyön aiheenrajauksen huomioon ottaen. Opinnäytetyö on ainutlaatuinen dokumentti yrityksen käyttöön, jota on

mahdollista hyödyntää useilla tavoilla. Sen sisältöä voidaan tulevaisuudessa myös laajentaa tarpeen mukaan.

## Lähteet

- 1 Alfa Laval. 2017. Levylämmönvaihdin MFMC-6. Verkkoaineisto. <<https://docplayer.fi/45488905-Kayttoohje-levylammonvaihtimet-frontline-baseline-clipline-m-line-ts6-mfmc-fin-osanumero.html>>. Luettu 26.10.2020.
- 2 Helen Oy. 2020. Hanasaaren voimalaitos. Verkkoaineisto. <<https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/voimalaitokset/hanasaari>>. Luettu 19.10.2020.
- 3 Helen Oy. 1982. Hanasaaren voimalaitokset opas.
- 4 Helen Oy. 2020. Hiilineutraali tulevaisuus. Verkkoaineisto. <<https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/vastuullisuusraportti/hiilineutraali-tulevaisuus>>. Luettu 18.10.2020.
- 5 Helen Oy Intranet. 2020. Mustikkamaan luolalämpöakku projekti. Verkkoaineisto. <[http://intranet/tyotilat/luolalampoakku/Ohjausryhma/Mustikkamaan\\_luolalampoakku.pptx](http://intranet/tyotilat/luolalampoakku/Ohjausryhma/Mustikkamaan_luolalampoakku.pptx)>. Luettu 19.10.2020.
- 6 Helen Oy Intranet. 2020. Mustikkamaan toteutuminen. Verkkoaineisto. <[http://intranet/Ajankohtaista/Uutiset/Sivut/mustikkamaa\\_toteutuu.aspx](http://intranet/Ajankohtaista/Uutiset/Sivut/mustikkamaa_toteutuu.aspx)>. Luettu 25.10.2020
- 7 NIOSH A recommended approach to recirculation of exhaust air. Verkkoaineisto. <<https://www.cdc.gov/niosh/docs/pdfs/78-124.pdf>>. Luettu 15.10.2020.
- 8 PLC academy. 2018. PLC programming. Verkkoaineisto. <<https://www.plcacademy.com/function-block-diagram-programming/>>. Luettu 24.10.2020.
- 9 Pöyry. 2020. Ilmastoinnin toimintakuvaus. Luettu 25.9.2020.
- 10 Siemens. 1999. TELEPERM XP järjestelmän peruskurssi. Luettu 19.10.2020.
- 11 Siemens. 2020. FUM korttien raami- ja kaappipaikkalista. Luettu 21.10.2020.
- 12 Siemens. 2020. Laitekuvaus listat. Luettu 21.10.2020.
- 13 Siemens. 2020. SPPA-T3000 järjestelmän käyttöohje. Verkkoaineisto. 22.10.2020.

- 14 Siemens. 2020. Siemens Simatic S7-400. Verkkoaineisto. <<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-400.html> >. Luettu 27.10.2020.
- 15 Sugarman, Samuel. 2014. Testing and Balancing HVAC Air and Water Systems.
- 16 Sustainable manufacturing. 2006. Heat recovery in manufacturing. Verkkoaineisto. <[https://web.archive.org/web/20060822022431/http://www.seav.sustainability.vic.gov.au/manufacturing/sustainable\\_manufacturing/resource.asp?action=show\\_resource&resourcetype=2&resourceid=44#types](https://web.archive.org/web/20060822022431/http://www.seav.sustainability.vic.gov.au/manufacturing/sustainable_manufacturing/resource.asp?action=show_resource&resourcetype=2&resourceid=44#types)>. Luettu 22.10.2020.

## Mustikkamaan LVI-laitteet ja raja-arvot

### Lämpöpumppu ja jäähdytysverkosto

Kaukolämpövesijärjestelmä NDB

Jäähdytysvesijärjestelmä L (PLA, PLB ja PLC)

Ilmanvaihto

### PUMPUT JA PUHALTIMET

Kiertovesipumppu 1NDC20AP010

Kiertovesipumppu 1NDC20AP020

Lämpöpumppu 1SAQ10AN010

Kiertovesipumppu 1PLC10AP010

Kiertovesipumppu 1PLC20AO010

Verkoston pääpumppu 1UW31D921

**Tuloilmakone 1SAQ20AH010**

- Ilmanvaihto käy lepoaikana 10% ja huoltotilanteessa 100% täydestä tehosta. Koneessa suodatin 1SAQ20AH020-B01, minkä painehäviö puhtaana max. 60Pa ja likaisena max. 200Pa (ylärajahälytys)

**Poistoilmakone (porraskuilu) 1SAQ20AH020**

- Käy rinnan tuloilmapuhaltimen kanssa. Koneessa suodatin 1SAQ20AH020-B01, minkä painehäviö puhtaana max. 60Pa ja likaisena max. 200Pa (ylärajahälytys)

**Kanavapuhallin (kaapelitila) 1SAQ60AH040**

- Käyntiä ohjaa 1SAQ60DT108. Alarajahälytys +10 astetta ja yläraja +35 astetta. Normaalisti käy pienellä ilmavirralla ja jos tehostetaan, kun lämpötila nousee yli 15 astetta. sis. suodattimen 1SAQ60AH040-B01, jonka painehäviö puhtaana

*max 60Pa ja likaisena max 200 Pa ja tästä ylärajahälytys. Pysäytetään IV-hätäseis signaalilla*

**Kanavapuhallin 1SAQ70AH010**

- *Käynnistyy ohjaimella 1SAQ70HS606. On käynnissä jatkuvasti, **eikä pysähdy IV-hätäseis signaalista.***

**Tuloilmapuhallin 1UW10D802**

- *Ilmanvaihtokoneen tuloilmapuhallin. Säädetään laitehallin lämpötilaa*

**Poistoilmapuhallin 1UW10D801**

- *Ilmanvaihtokoneen poistoilmapuhallin. Säädetään laitehallin paine-eroa*

**PAINE JA PAINE-ERO**

**Suodatin 1NDB20AT001**

**Painemittaus 1PLA10CP913**

- *alaraja alle 1,65 bar, yläraja yli 3 bar hälytykset*

**Painemittaus 1PLA30CP965**

- *LTO verkoston painemittaus, jos alle 0,7bar tai yli 3bar, pysäytetään pumppu 1SAQ20PU020 ja annetaan hälytys*

**Painemittaus 1SAQ20CP305**

- *Paine-eromittaus Pumppaamo 1 ja ajotunnelin takaosan välillä, alaraja -30 Pa, yläraja +30 Pa*

**Painemittaus 1UW10P803**

- *LTO:n tukkeumahälytys, kun paine ylittää ylärajahälytysarvon*



**Paine-eromittaus 1UZ10P970**

- *Laitehallin paine-eromittaus. Säädetään poistoilmapuhaltimella 1UW10D801*

**KAASUILMAISIMET****Kaasuilmaisin 1SAQ81CQ001****Kaasuilmaisin 1SAQ81CQ002****Kaasuilmaisin 1SAQ82CQ001****Kaasuilmaisin 1SAQ82CQ002**

MITAAVAT PALAVIEN KAASUJEN (METAANI, PRO-  
PAANI) PITOIUKSIA 0-100%. ESIHÄLYTYS 10%,  
PÄÄHÄLYTYS 20%

**LÄMPÖTILA****Lämpötilamittaus 1NDB24CT913****Lämpötilamittaus 1NDB22CT918****Lämpötilamittaus 1PLA10CT914****Lämpötilamittaus 1PLA20CT962****Lämpötilamittaus 1PLB10CT916****Lämpötilamittaus 1PLB30CT963**

- *Jos alle +2c, niin estetään LTO venttiilin avautumisen yli 20%. Tässä asennossa 10 min ja hälytys. Jos LT. ei yli raja-arvon, niin uudestaan 10 min. jne.*

**Lämpötilamittaus 1PLB30CT964****Lämpötilamittaus 1SAQ20CT701**

- *Mustikkamaan pystykuilun yläosa, alaraja +10, yläraja +35*

**Lämpötilamittaus 1SAQ20CT601**

- *Mustikkamaan pystykuilun alapää, alaraja +5, yläraja +40*

**Lämpötilamittaus 1SAQ20CT501**

- *Mustikkamaan PK:n alapään varapoistumistie, alaraja +10, yläraja +60*

**Lämpötilamittaus 1SAQ30CT401**

- *Ajotunnelin takaosa (eristämätön alue), alaraja +10, yläraja +60*

**Lämpötilamittaus 1SAQ30CT402**

- *Suutinkykentätila (eristämätön alue), alaraja +10, yläraja +60*

**Lämpötilamittaus 1SAQ40CT302**

- *Pumppaamo 1 (eritetty alue), alaraja +10, yläraja +30*

**Lämpötilamittaus 1SAQ40CT301**

- *Kytkinlaitoksen osuus (eritetty alue), alaraja +10, yläraja +30*

**Lämpötilamittaus 1SAQ50CT201**

- *Pumppaamo 2 (eristämätön alue), alaraja +10, yläraja +30*

**Lämpötilamittaus 1SAQ20CT105**

- *Lämpöpumppujen asennusalue, alaraja +10, yläraja +35*

**Lämpötilamittaus 1SAQ60CT804**

- *Valvomo, alaraja +10, yläraja +30*

**Lämpötilamittaus 1SAQ60CT803**

- *sähkötila, alaraja +10, yläraja +30*

**Lämpötilamittaus 1SAQ20CT101**

- *Ajotunnelin etuosa, alaraja +10, yläraja +30*

**Lämpötilamittaus 1SAQ20CT702**

- *Tuloilman lämpötilamittaus, minkä perusteella säädetään sarjassa LTO:n moottoriventtiiliä 1PLB30DT961 ja sähkölämmityspatterin tehonsäädintä 1SAQ20DT703, siten että tuloilman lämpötila pysyy asetusarvossaan +20 astetta*

**Lämpötilamittaus 1UW10T800**

- *Ulkoilman lämpötilamittaus*

**Lämpötilamittaus 1UW15T822**

- *Mitataan halliin tulevan ilman lämpötilaa*

**Lämpötilamittaus 1UW16T824**

- *Mitataan halliin tulevan ilman lämpötila*

**Lämpötilamittaus 1UW10T805**

- *Poistoilman lämpötila*

**PELLIT**

**Raitisilmapelti 1SAG20FG706**

- *On auki, kun tuloilmapuhallin käy. Käynnistystilanteessa tuloilmapuhallin käynnistetään pellin avautumisen jälkeen*

**Poistoilmapelti 1SAG20FG705**

- *On auki, kun poistoilmapuhallin käy. Käynnistystilanteessa puhallin käynnistetään pellin avautumisen jälkeen*

**Ilmapelti 1UW10S800**

- *Avautuu automaattisesti laitoksen ilmanvaihdon käynnistyessä*

**Kiertoilmapelti 1UW10S802**

- *Ilmanvaihtokoneen kiertoilmapelti*

**VENTTIILIT****Säätöventtiili****1NDB30AT001**

- Pitää KL-verkoston paluuveden lämpötilan asetusarvossa 85 astetta

**Säätöventtiili****1PLB11AA001**

- Pitää sähkötilojen kiertoilmakojeiden jäähdytysveden paluulämpötilan asetusarvossa 16 astetta

**Säätöventtiili****1PLB10AA001**

- Pitää laitetilojen kiertoilmakojeiden jäähdytysveden paluulämpötilan asetusarvossa 16 astetta

**LTO-venttiili****1PLB30DT961**

KIERTOILMAKOJE			LÄMPÖTILAOHJAUS (SÄÄDETÄÄN OHJELMASTA)
1SAQ30AH010		1SAQ30DT403	KÄYNNISTYY +55C PYSÄHTYY +53C
1SAQ30AH020		1SAQ30DT404	KÄYNNISTYY +55C PYSÄHTYY +53C
1SAQ30AH030		1SAQ30DT405	KÄYNNISTYY +55C PYSÄHTYY +53C
1SAQ40AH010		1SAQ40DT303	KÄYNNISTYY +32C PYSÄHTYY +30C
1SAQ40AH020		1SAQ40DT304	KÄYNNISTYY +32C PYSÄHTYY +30C
1SAQ50AH010		1SAQ50DT202	KÄYNNISTYY +32C PYSÄHTYY +30C
1SAQ50AH020		1SAQ50DT203	KÄYNNISTYY +32C PYSÄHTYY +30C