



# VTS ilmanvaihtokoneiden käyttöönotto

Arttu Kaunistoinen

OPINNÄYTETYÖ  
Tammikuu 2023

Talotekniikan koulutusohjelma  
LVI-talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
LVI-talotekniikka

KAUNISTOINEN, ARTTU:  
VTS Groupin ilmanvaihtokoneiden käyttöönotto

Opinnäytetyö 32 sivua, joista liitteitä 1 sivua  
Huhtikuu 2023

---

Ilmanvaihtokoneen käyttöönottotarkastuksella varmistetaan ilmanvaihtojärjestelmän toimintakykyä ja -valmiutta ylläpitää rakennuksen sisäilma laadukkaana eri käyttötilanteissa. Perusteellinen käyttöönottotarkastus on osa talotekniikan laadunvarmistusta rakennushankkeessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia VTS Groupin ilmanvaihtokoneelle käyttöönottopöytäkirja, jonka avulla voidaan tarkastaa ilmanvaihtokoneen ohjauksen toimivuus rakennushankkeen käyttöönottovaiheessa. Työssä perehdyttiin koneen automaatiolla varustetun ilmanvaihtokoneen toimintaan ja laadittiin tutkimuksien perusteella säätökaavio, toimintaselostus ja käyttöönottopöytäkirja kyseiselle ilmanvaihtokonemallille.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin laadittua toimintaselostus, säätökaavio ja käyttöönottopöytäkirja VTS Groupin ilmanvaihtokoneelle. Laaditut dokumentit auttavat koneen käyttäjää ymmärtämään kyseisen ilmanvaihtokonemallin toimintaperiaatetta sekä edistävät laitteen käyttöönottamista rakennustyömaalla.

---

Asiasanat: käyttöönotto, ilmanvaihtokone

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
HVAC Building Services Engineering

KAUNISTOINEN ARTTU:  
Commissioning of VTS Air Handling Unit

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 1 pages  
April 2023

---

The commissioning inspection of the ventilation unit ensures the performance and capability of the ventilation system to maintain the indoor air quality of the building under different operating conditions. A thorough commissioning inspection is part of the quality assurance of building services engineering in a construction project.

The aim of the thesis was to develop a commissioning protocol for a VTS Group ventilation machine to check the functionality of the ventilation machine controls during the commissioning phase of a building project. The work involved studying the operation of a ventilation machine with its own automation system and based on the studies, drawing up a control diagram, an operating manual, and a commissioning protocol for this model of ventilation machine.

As a result of the thesis, a functional description, a control diagram, and a commissioning protocol for the VTS Group ventilation machine were drawn up. The documents produced will help the user to understand the principle of the ventilation machine model in question and will facilitate the commissioning of the machine on the construction site.

---

Key words: commissioning, air handling unit

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	ILMANVAIHTOKONE .....	6
2.1	Puhaltimet .....	6
2.1.1	EC- moottori. ....	7
2.1.2	Puhaltimet rinnan ja sarjaan .....	7
2.2	Suodattimet .....	7
2.3	Lämmöntalteenotto .....	8
2.3.1	Pyörivä lämmönsiirrin. ....	9
2.3.2	Ristivirta-levylämmönsiirrin .....	9
2.3.3	Vastavirta-levylämmönsiirrin.....	10
2.4	Lämmityspatteri.....	11
2.5	Sulkupellit.....	12
3	Automaatio ilmanvaihtokoneessa .....	13
3.1	Automaatiojärjestelmän rakenne .....	13
3.2	Tiedonsiirto .....	14
3.2.1	Modbus RTU, RS-485 .....	14
3.3	Kenttälaite .....	15
4	KÄYTTÖÖNOTTOPROSESSI .....	16
4.1	Automaatiojärjestelmän dokumentointi .....	16
5	ILMANVAIHTOKONEEN TUTKINTA .....	17
5.1	VVS021c ilmanvaihtokone .....	17
5.2	VVS021c, Sääntökaavio ja toimintaselostus .....	18
5.3	VVS021c, Käyttöönotto .....	20
5.3.1	Raitisilma- ja jäteilmapelit. ....	20
5.3.2	Suodattimet .....	21
5.3.3	Puhaltimet .....	23
5.3.4	Pyörivä lämmönsiirrin .....	24
5.3.5	Jälkilämmityspatteri .....	26
6	YHTEENVETO .....	29
	LÄHTEET .....	30
	LIITTEET .....	32
	Liite 1. Käyttöönottopöytäkirjan sisällysluettelo .....	32

## 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on laatia käyttöönottopöytäkirja VTS Groupin ilmanvaihtokoneelle laitteen käyttöönottajalle sekä selvittää tutkittavan ilmanvaihtokoneen automaatiojärjestelmän LVI-prosessi ja sen toimintaperiaate. Työn toimeksiantajana toimii LVI-WaBeK Oy. Toimeksiantaja vastaa VTS Groupin ilmanvaihtokoneiden maahantuonnista Suomessa. Koska VTS Groupin koneet ovat Suomen markkinoilla uusia, ei laitteistosta ole laadittu vaadittavia dokumentteja, jotka soveltuisivat suomalaiseen rakennuskulttuuriin ja käytäntöihin.

VTS Groupin omalla automaatiojärjestelmällä varustettujen ilmanvaihtokoneiden käyttöönotossa ja koneen toimintaperiaatteen ymmärtämisessä on ilmennyt ongelmia rakennushankkeen edetessä. Laitteiston puutteellisen dokumentoinnin takia automaatiojärjestelmää ei ole saatu toimimaan halutulla tavalla konetta käyttöönottaessa. Suomessa rakennushankkeen ilmanvaihdon suunnitteluvaiheessa tarvitaan jo riittävän kattavat dokumentit sinne suunniteltavasta ilmanvaihtojärjestelmästä, jotta ilmanvaihtokone voidaan sinne suunnitella.

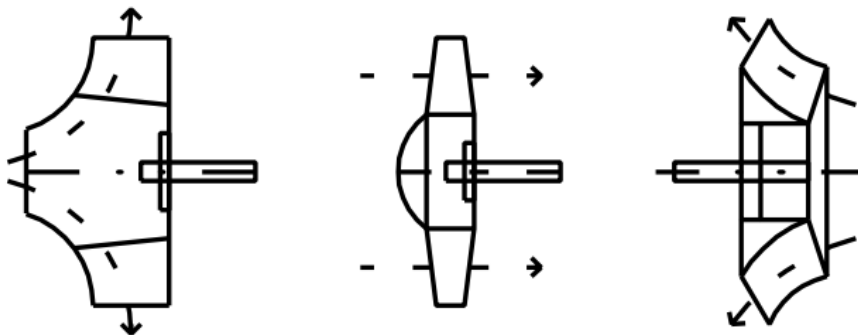
Työssä käydään läpi ilmanvaihtokoneen pääkomponentit ja niiden ohjaus automaatiojärjestelmän avulla. Dokumenttien laatimisessa käytetään apuna toimeksiantajan toimittamaa ilmanvaihtokonetta, jota käytetään havainnollistamaan kyseisen ilmanvaihtokoneen toimintatapa. Työn tuloksena laaditut säätökaavio, toimintaselostus ja käyttöönottopöytäkirja tulevat edistämään VTS Groupin ilmanvaihtokoneiden käyttöönottoa ja luovutusta rakennushankkeissa. Työ selkeyttää lukijalle laitevalmistajan automaatiolla varustettujen ilmanvaihtokoneiden toimintaperiaatetta.

## 2 ILMANVAIHTOKONE

Ilmanvaihtokone on yksi tärkeimmistä pääkomponenteissa rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä. Ilmanvaihtokone on laite, jolla pidetään rakennuksen sisäilman laatu vaaditulla tasolla. Ilmanvaihtokone koostuu useammasta eri komponentista ja komponenttien toimintaa ohjataan ja seurataan automaatiojärjestelmän avulla. Tässä luvussa käydään läpi ilmanvaihtokoneen keskeisimmät komponentit sekä perehdytään ilmanvaihtokoneen ohjausperiaatteisiin.

### 2.1 Puhaltimet

Puhaltimen tehtävä ilmanvaihtojärjestelmässä on saada ilma liikkumaan kanavistossa. Puhallin koostuu siipipyörästä ja sähkömoottorista. Puhaltimet voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: radiaali- aksiaali- ja puoliaksaalipuhaltimiin (kuvio 1).



KUVIO 1. Radiaali- aksiaali ja puoliaksaalipuhaltimen ilmvirtaukset. (Esa Sandberg 2016b, 148)

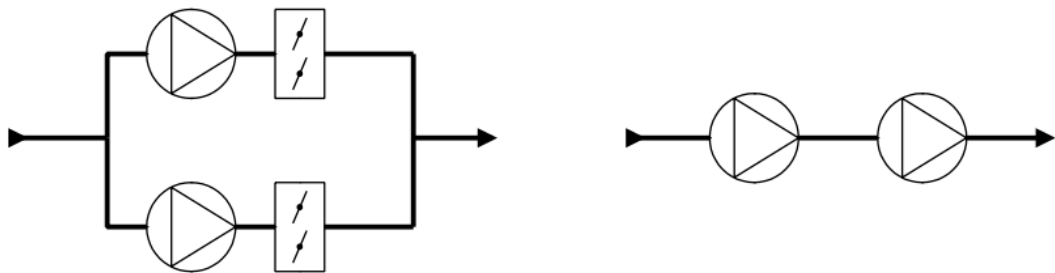
Radiaalipuhaltimissa ilma tulee puhaltimeen akselin suuntaisesti ja lähtee puhaltimen akselista kohtisuoraa poispäin. Aksiaalipuhaltimessa ilma virtaa puhaltimien siipipyörien läpi akselin suuntaisesti. Puoliaksaalipuhallin on radiaali- ja aksiaalipuhaltimen välimuoto, jossa ilma lähtee puhaltimen siipipyörästä viistosti akseliin nähden. (Lönström & Paasio. 2016b, 148.)

### 2.1.1 EC- moottori.

EC- moottori eli elektronisesti kommunikoitu moottori on harjaton tasavirtamoottori. Elektronisesti kommutoiduissa moottorissa pyörimisnopeutta voidaan säätää tehokkaasti. Moottorin pyörimisnopeus riippuu siitä, kuinka magneettikenttä vaihtelee moottorissa. EC- moottorilla saadaan parempi hyötysuhde, kun perinteisillä oikosulkumoottoreilla. (Sandberg. 2016, 175.)

### 2.1.2 Puhaltimet rinnan ja sarjaan

Puhaltimet voidaan asentaa ilmanvaihtojärjestelmässä rinnan tai sarjaan (kuvio 2). Rinnakkain asennetuilla puhaltimilla pystytään saamaan suurempi ilmavirta sekä laajempi säätömahdollisuus kuin yhdellä puhaltimella. Rinnakkain asennetut puhaltimet toimivat samalla staattisella paineella, mutta ilmavirta on jaettu puhaltimien kesken. Rinnakkain asennetut puhaltimet tulisi varustaa erillisillä sulku-  
pelleillä takaisin virtauksen estämiseksi, jos niitä käytetään yksi kerrallaan.



KUVIO 2. Puhaltimien kytkentä rinnan ja sarjaan. (Esa Sandberg 2016, 165)

Sarjaan asennettaessa puhaltimilta tavoitellaan yleensä suurempaa paineenkorotusta, joka on kaksinkertainen verrattuna yhteen puhaltimeen. (Lönström & Paasio. 2016b, 165.)

## 2.2 Suodattimet

Ilmanvaihtokoneen toimivuuden varmistamiseksi laite tulee suojata riittävän tehokkaasti ulko- ja poistoilman puolelta. Epäpuhtaudet tulee pysäyttää ilman sisäänotossa ja estää niiden pääsy järjestelmään. Ilmansuodattimet (kuva 1) ovat välttämättömiä laitteiston sujuvan toiminnan kannalta ja oikein toimiessa edistävät hyvää sisäilmaa (Koskinen & Holmberg. 2016b, 206.)



KUVA 1. Paneelisuodatin F7. (VTS Group 2023)

Suodattimien toimintaa tarkkaillaan yleensä paine-eromittauksen avulla. Paine-eromittauksessa mitataan ilmanpainetta suodattimen molemmin puolin. Suodattimien tukkeutuessa virtausvastus kasvaa aiheuttaen paine-eroa suodattimen ylitse. Virtausvastuksen kasvaminen siirtää puhaltimien toimintapistettä. Normaalissa käyttöolosuhteissa ilmanvaihtosuodattimet on vaihdettava noin kaksi kertaa vuodessa. (Koskinen & Holmberg. 2016b, 238.)

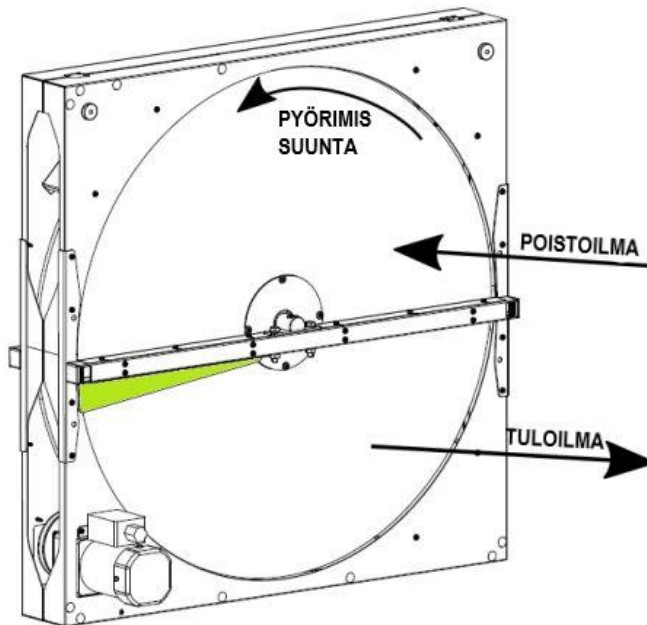
### **2.3 Lämmöntalteenotto**

Lämmöntalteenotossa poistettava ilma kulkee LTO-laitteiston läpi, jossa siitä otetaan mahdollisimman paljon lämpöenergiaa talteen ja lämpöä siirretään ulkoa otettavaan raitisilmaan (Motiva. 2023).



### 2.3.1 Pyörivä lämmönsiirrin.

Pyörivä lämmönsiirrin (kuvio 3) koostuu kiekkomaisesta roottorista ja käyttölaitteistosta. Roottorin kotelo on jaettu kahteen puolikkaaseen, joista toiseen johdetaan poistoilma ja toiseen tuloilma. Roottori siirtää pyöriessään poistoilman lämmön tuloilmaan. Roottori toimii vastavirtaperiaatteella ja sillä on hyvin korkea lämmönsiirtokyky. (Sandberg. 2016, 178)



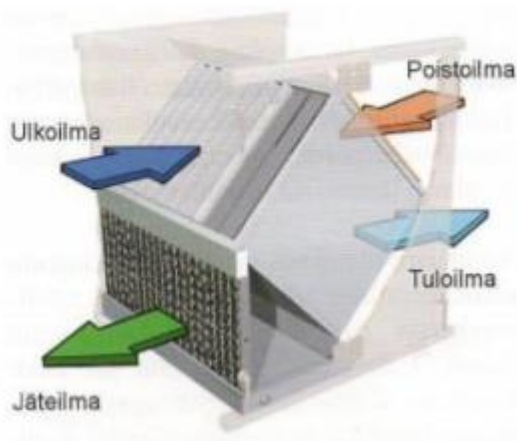
KUVIO 3. Pyörivä lämmönsiirrin. (Swiss Rotors 2022, 13.)

Pyörivän lämmöntalteenoton tehoa säädetään muuttamalla roottorin pyörimisnopeutta. Roottoria pyöritetään yleensä erillisen sähkömoottorin avulla. Roottorin pysäyttäminen lopettaa lämmöntalteenoton ilmanvaihtojärjestelmässä. (Suomäki & Vepsäläinen. 2013, 89.)

### 2.3.2 Ristivirta-levylämmönsiirrin

Ristivirta-levylämmönsiirrin on lukumääräisesti eniten käytetty ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaite (kuvio 4). Eniten sitä käytetään pientalojen ilmanvaihtokoneissa. Levylämmönsiirrin muodostuu joukosta neliömäisiä levyjä. Ilma kulkee ristikkäin levyjen välissä, joka toisessa kanavassa kylmä ulkoilma ja toisessa lämmin poistoilma, ja lämpö siirtyy levyjen läpi. Levylämmönsiirtimessä tulee ottaa

huomioon huurtumisherkkyys. Kylmällä ulkoilmalla poistoilma voi jäähtyä alle kastepisteensä, jolloin ilmansisältämä vesihöyry tiivistyy levyjen pinnalle ja huurtuu, kun siirtimelle tuleva ulkoilma on alle nolla astetta. (Sandberg. 2016, 180.)



KUVIO 4. Lämmöntalteenotto, ristivirta. (Sandberg Esa 2016a, 181.)

### 2.3.3 Vastavirta-levylämmönsiirrin

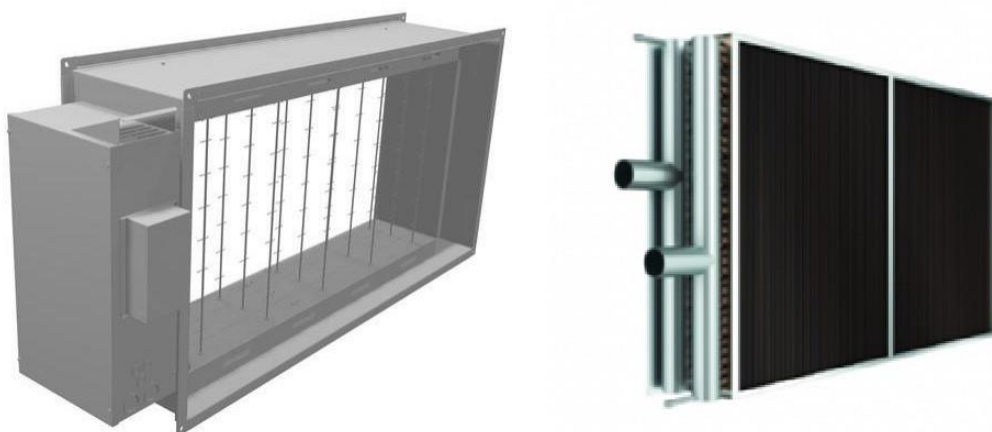
Vastavirtalevy-lämmönsiirtimessä (kuvio 5) on muutettu ristivirtaisen lämmönsiirtimen geometriaa siten, että ilmavirrat kulkevat enemmän toisiaan vastakkaisiin suuntiin. Vastavirtasiirtimen hyötysuhde on huomattavasti ristivirtasiirrintä tehokkaampi, koska kasvanut lämpötilasuhde tarkoittaa, että poistoilma jäähtyy kylmemmäksi ja kostean poistoilman tapauksessa vastavirtasiirrin on huurtumisherkempi kuin ristivirtasiirrin. (Sandberg. 2016, 183.)



KUVIO 5. Lämmöntalteenotto, vastavirta. (Sandberg Esa 2016a, 183)

## 2.4 Lämmityspatteri

Ilmanvaihtojärjestelmässä lämmityspatterin (kuva 2) päätehtävä on lämmittää kiinteistöön puhallettavaa tuloilmaa. Patterin tehtävä on tuottaa mahdollisimman hyvä lämmönsiirtoteho pienellä painehäviöllä. Ilmanvaihdossa käytetään yleensä nestekiertoista- tai sähkölämmityspatteria. Nestekiertoisessa lämmityspatterissa väliaineena on yleensä lämmitysverkoston vesi, joissakin järjestelmissä väliaineena voidaan käyttää myös vesi-glykoliliuosta, öljyä, höyryä tai muuta nestettä veden sijasta. Nestekiertoinen lämmityspatteri tarvitsee toimiakseen erillisen pumppuryhmän. Nestekiertoinen lämmityspatteri tulee suojata erillisellä jäätymissuojalla. Jäätymissuojan tarkoitus on estää patterissa kiertävän nesteen lämpötilan laskeminen alle jäätymisrajan.



KUVA 2. Sähkö- ja nestekiertoinen lämmityspatteri. (Kuva: VTS Group 2023)

Sähköllä toimivaa lämmityspatteria käytetään yleensä pienissä ilmanvaihtokohteissa tai kohteissa, joissa lämmitysveden tuominen ilmanvaihtojärjestelmälle on kustannuksiltaan kohtuuton tai tilat ovat rajalliset. Sähköpatterilla on teknisesti useita hyviä ominaisuuksia, kuten hyvä säädettävyys, ei jäätymis- ja vuotoriskiä, eikä tarvitse erillisiä pumppuryhmiä jne. Huonona puolena taas sähköenergian korkea hinta. Sähköpatterissa jokainen vastuselementti luovuttaa lämpötehoa riippumatta patterille tulevan ilman lämpötilasta tai ilmavirrasta, jonka vuoksi sähköpatteri tulee suojata ylikuumentumiselta. Jos tuleva ilmavirta on liian pieni tai ilmanlämpötila on liian korkea, sähköpatterin yllämpösuoja laukeaa (Mäkinen, Pekka. 2016a, 173.)

## 2.5 Sulkupellit

Sulkupellin (kuva 3) tehtävä on sulkea kanaviston ilmavirta ja lämpövuoto mahdollisimman tiiviisti. Peltiä ohjaa sähkötoiminen peltimoottori, jolla pitää olla riittävä vääntömomentti pellin ohjaamista varten. Ulkoilmaa vasten asennetut sulkupellit varustetaan yleensä jousipalautuksella, jolloin sähkökatkon tapahtuessa pelti sulkeutuu ja estää jäätymisvauriot. (Sandberg, Esa. 2016a, 166.)



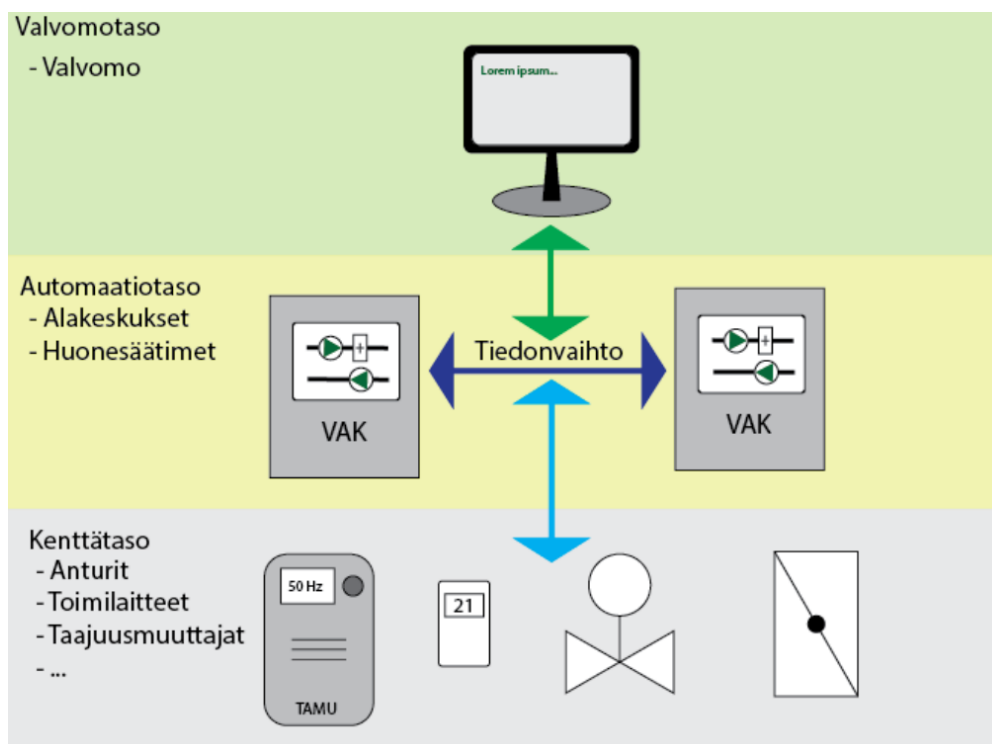
KUVA 3. Säättö- ja sulkupelti. (Kuva: ETS Nord 2022)

### 3 Automaatio ilmanvaihtokoneessa

Ilmanvaihtokoneet tarvitsevat toimiakseen automaatiota. Automaatiojärjestelmän tavoitteena on ohjata ja valvoa koneen toimintaa siten, että kiinteistössä saavutetaan haluttu sisäilmasto. Ilmanvaihtokoneiden automaation taso vaihtelee riippuen siitä, millainen laitteisto kiinteistölle on asennettu ja miten laitteistoa halutaan hyödyntää (Suomäki & Vepsäläinen. 2013, 11, 77).

#### 3.1 Automaatiojärjestelmän rakenne

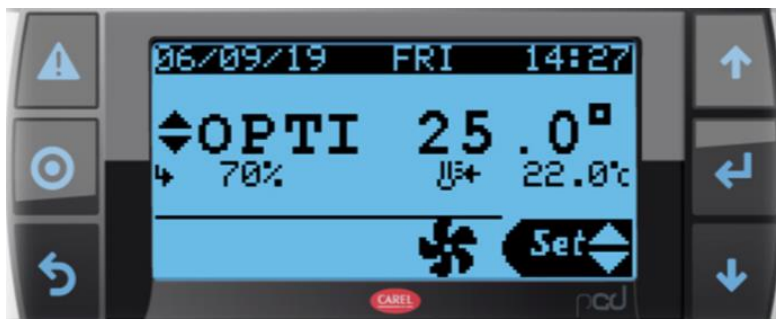
Tyypillisesti automaatio järjestelmän perusrakenne koostuu kolmesta eri tasosta: valvomo-, automaatio- ja kenttätaso (kuvio 6).



KUVIO 6. Automaatiojärjestelmän rakenne. (Uusitalo Sakari 2022)

Valvomotasossa käyttäjä saa tiedot järjestelmän prosessista erillisen käyttöliittymän avulla (kuva 4). Käyttöliittymän toimii käyttäjän ja järjestelmän rajapintana, josta käyttäjä voi seurata automaatioprosessin kulkua sekä voi tehdä järjestel-

mään haluttuja muutoksia. Automaatiotasossa on järjestelmän itsenäiset alakeskukset ja niiden I/O moduulit, jotka ohjaavat siihen liitettyjä kenttälaitteita. Kenttätasolla tarkoitetaan järjestelmän antureita ja toimilaitteita. (ST käsikirja 17, 59–61)



KUVA 4. Käyttöliittymä. (Kuva: VTS Group 2022)

## 3.2 Tiedonsiirto

Automaatiojärjestelmän tiedonsiirto voi tapahtua digitaalisesti kenttäväylien avulla tai analogisesti jännite viestien avulla. Tiedonsiirrossa on kyse kahden tai useamman laitteen välisestä kommunikoinnista. Valvomo ja automaatiotason välinen tiedonsiirto on digitaalista ja perustuu yleensä LAN-verkkoon tai TCP-IP protokollaan. Kenttä- ja automaatiotason välinen tiedonsiirto on yleensä analogista. (Uusitalo. 2022)

### 3.2.1 Modbus RTU, RS-485

Modbus RTU on sarjaliikennettä käyttävä master-slave protokolla, jossa data lähetetään 8 bitin tavuina. RTU verkko koostuu yhdestä asiakaslaitteesta sekä yhdestä tai useammasta palvelinlaitteesta. Kaikilla tiedonsiirtoväylään liitetyillä laitteilla on yksilöllinen laiteosoite. Palvelin laite vastaa vain, jos se tunnistaa osoitteensa lähetetyssä pyynnössä. Datan siirtotapahtuma sisältää pyynnön asiakas-

laitteelta ja vastauksen palvelinlaitteelta. Modbus-laitteen kanssa kommunikointiin tarvitaan fyysinen liitäntä tiedonsiirtoväylään ja käyttäjän täytyy tietää väylässä käytetyt tiedonsiirtoparametrit. (Uusitalo. 2021a)

### **3.3 Kenttälaite**

Kenttälaiteella tarkoitetaan ensisijaisesti automaatiojärjestelmään liitettyjä antureita ja toimilaitteita. Anturit lähettävät tietoa prosessien olosuhteista ja tilasta, kuten esimerkiksi ilmanvaihtokoneessa kulkevan ilman lämpötila- ja kosteustiedot. Automaatiojärjestelmän ohjausyksikön ohjelmisto vertaa anturien lähettämiä tietoja käyttäjän asettamiin asetusarvoihin ja ohjaa toimilaitetta siten, että asetettuarvo saavutetaan. (Salhsten. 2016a, 299)

## 4 KÄYTTÖÖNOTTOPROSESSI

Ilmanvaihtokoneen käyttöönotto on prosessi, jolla varmistetaan ja dokumentoidaan, että ilmanvaihtolaite on asennettu oikein, testattu laiteen ohjelmalliset toiminnot sekä varmistettu että kone täyttää sille määritellyt kriteerit. Käyttöönottoprosessi muodostuu useammasta eri vaiheesta, jotka saattavat vaihdella riippuen projektin vaatimuksista. Ennen käyttöönottoprosessin aloittamista järjestelmästä on hyvä olla laadittuna säätökaavio ja toimintaselostus, jotka toimivat käyttöönottoa ohjaavana dokumenttina.

Käyttöönoton aikana ilmanvaihtokoneelle tehdään erilaisia toiminnallisia testejä, joilla pyritään varmistamaan, että ilmanvaihtokoneen komponentit toimivat niille halutulla tavalla. Käyttöönottovaiheessa on hyvä tarkistaa myös, että tekniset dokumentit vastaavat kyseisen laitteen asennusta ja toimintaa. Ilmanvaihtokoneen toimintaselostuksessa mainitut asiat ja toiminnot on syytä tarkistaa, jos laitteen asennuksessa tai -toiminnassa havaitaan puutteita, on siitä hyvä laatia kirjallinen raportti rakennusvalvonnalle. (RT 10-11302. Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely)

### 4.1 Automaatiojärjestelmän dokumentointi

Suomessa ei ole käytössä varsinaista dokumentointistandardia rakennusautomaatiojärjestelmille. Dokumentoinnissa on totuttu käyttämään tiettyjä vakiintuneita käytäntöjä, joten dokumentointitavat saattavat vaihdella suunnittelijoiden ja laitetoimittajien kesken. (Uusitalo. 2021b)

Ilmanvaihtokonetta käyttöönottaessa tarvitaan järjestelmä yleensä jonkinlaiset dokumentit, missä on kuvailtu laitteistossa tapahtuva LVI-prosessi. Ilmanvaihtokoneen automaatiojärjestelmästä vaaditaan suomalaisessa rakennusyhteisössä yleensä säätökaavio ja toimintaselostus. Säätökaaviossa on esitelty ilmanvaihtokoneessa tapahtuvan prosessin loogiset ja toiminnalliset yhteydet automaatiojärjestelmään. Toimintaselostuksessa on kuvailtu sanallisesti säätökaaviossa esitetyt LVI-prosessin toiminta eri tilanteissa.



## 5 ILMANVAIHTOKONEEN TUTKINTA

Käyttöönottopöytäkirjan laatimiseen käytettiin apuna LVI-WaBeK Oy:n toimittamaa ilmanvaihtokonetta. Ilmanvaihtokone toimitettiin Tampereen ammattikorkeakoulun tiloihin tarkempaa tutkimista varten. Ilmanvaihtokoneesta ei ole valmistajan toimesta laadittu erillistä toimintaselostusta tai säätökaaviota, joista selviäisi kyseisen ilmanvaihtokoneen ilmanvaihtoprosessi ja toimintatapa. Koska suomalaisessa rakennusyhteisössä on totuttu siihen, että laitetoimittajalta saadaan tarvittavat perustiedot laitteiston automaatiosta niitä tarvitseville urakoitsijoille.

### 5.1 VVS021c ilmanvaihtokone

Tutkittava ilmanvaihtokone on malliltaan VVS021c (kuva 5) ja se kuuluu VTS Groupin compact tuotesarjaan. Koneesta on tarkoitus tutkia automaatiojärjestelmän toimintaperiaatetta ja laatia tutkimuksien perusteella koneelle käyttöönottoprosessi, säätökaavio ja toimintaselostus.



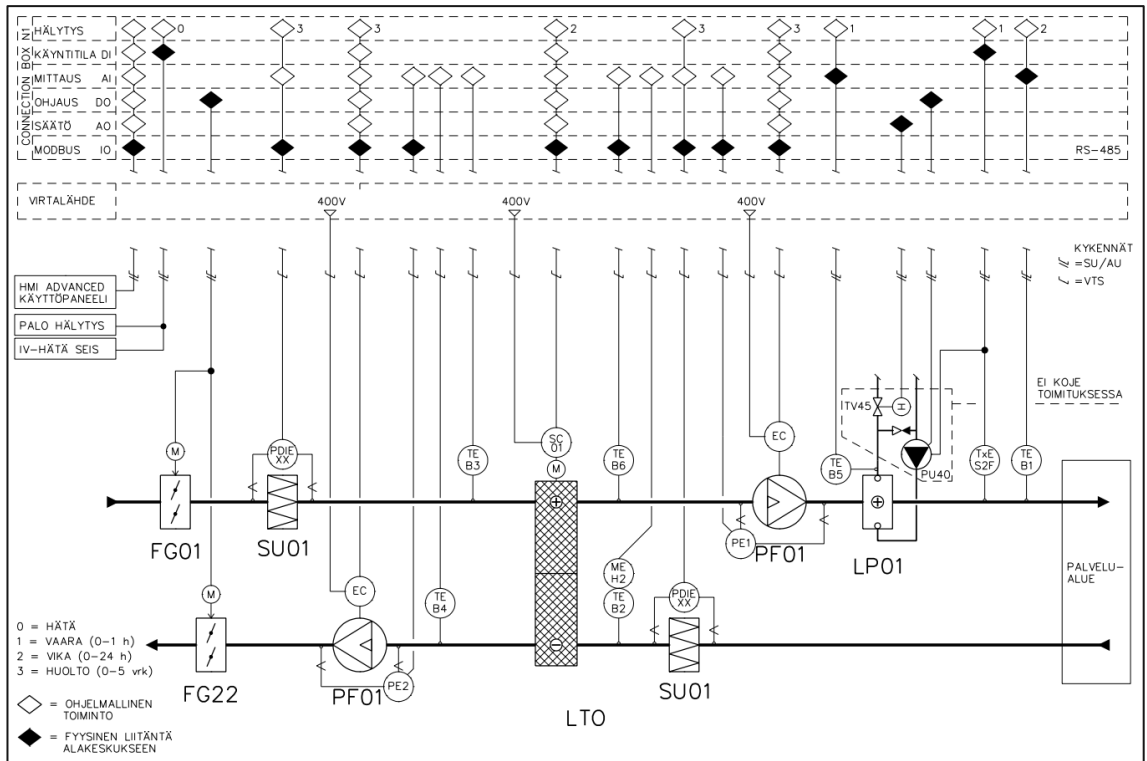
KUVA 5. VVS021c ilmanvaihtokone. (Kuva: Arttu Kaunistoinen 2023)

Ilmanvaihtokoneen toimintaa ohjataan VTS Groupin oman automaatiojärjestelmän avulla. Automaatiojärjestelmän tiedonsiirrossa käytetään Modbus RTU protokollaa. Koneen automaatiojärjestelmä on mahdollista kytkeä kiinteistön taloautomaatioon erillisen väyläliitoksen avulla, jolloin käyttäjä voi ohjata haluttuja toimintoja taloautomaation käyttöliittymän kautta. Ilmanvaihtokone on varustettu pyörivällä lämmöntalteenottojärjestelmällä, jonka vuosihyötysuhde mitoitustilanteessa on 81 %. Koneessa on useampi tulo- ja poistoilmapuhallin, jotka on kytketty kammioihin rinnakkain ns. puhallinseinä ratkaisulla. Ilmanvaihtokoneen asennusohjeet voi ladata puhelimelle huoltopaneelin sisäpuolella olevasta QR-koodista. Demokone toimitettiin käyttövalmiina.

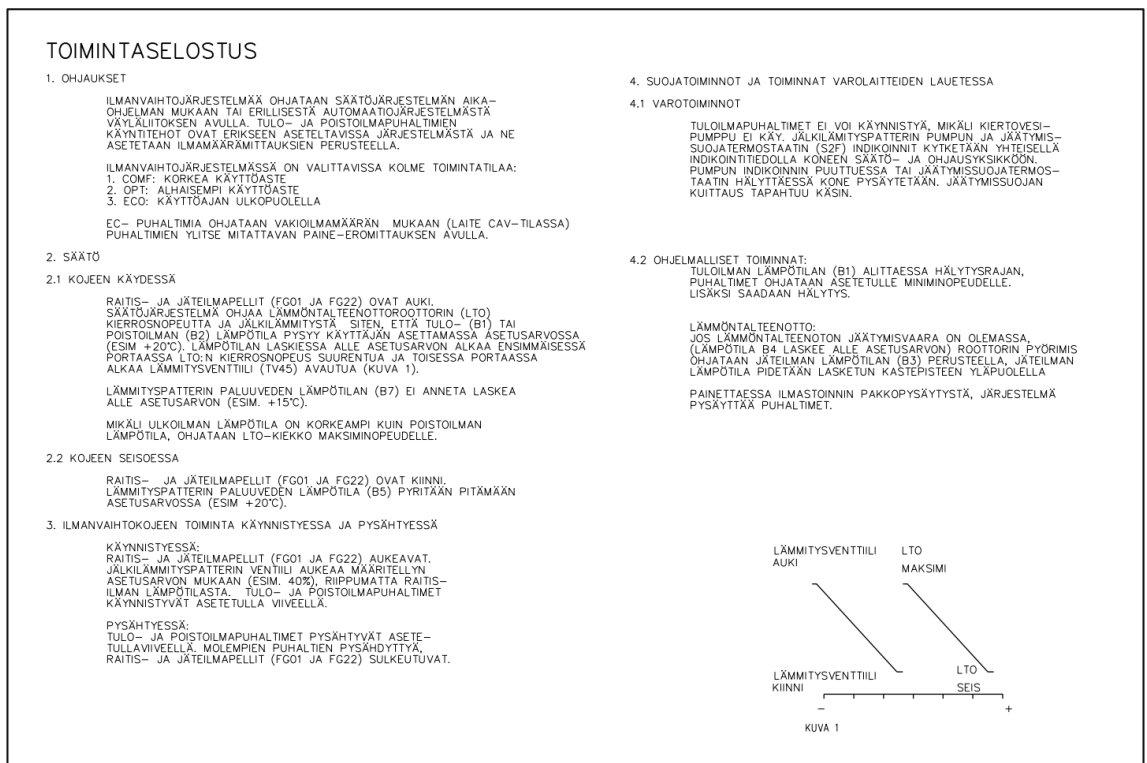
## 5.2 VVS021c, Säättökaavio ja toimintaselostus

Säättökaavion ja toimintaselostuksen laatimiseen käytettiin Cadmatic Schematics suunnitteluohjelmistoa. Säättökaaviossa (kuvio 7) on esitelty ilmanvaihtokoneen

prosessin loogiset ja toiminnalliset yhteydet automaatiojärjestelmään. Toimintaselostuksessa (kuvio 8) on kuvailtu sanallisesti säätökaaviossa esitetyn LVI-prosessin toiminta eri tilanteissa.



KUVIO 7. Säätökaavio.



KUVIO 8. Toimintaselostus.

### 5.3 VVS021c, Käyttöönotto

Tässä kappaleessa käsitellään tutkittavana olleen ilmanvaihtokoneen kenttälaitteiden toimintaa ja ohjaustapaa koneen käyttöliittymän kautta. Lisäksi käydään läpi mitä asioita pitäisi huomioida konetta käyttöönottaessa. Ilmanvaihtokoneen käyttöönotto tulee suorittaa laaditun käyttöönottopöytäkirjan mukaan.

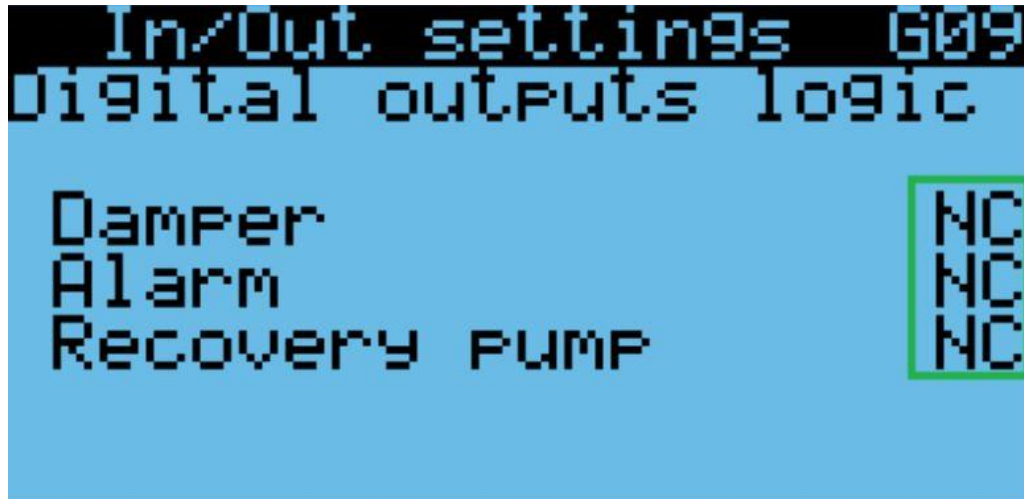
#### 5.3.1 Raitisilma- ja jäteilmapelit.

Raitis- ja jäteilmansulkupeltejä ohjataan erillisen ON/OFF peltimoottorin avulla (kuva 6). Peltimoottorit aukaisevat sulkupellit koneen käynnistyessä. Peltimoottorit toimivat 24 v jännitteellä ja ne on kytketty rinnakkain samaan I/O moduuliin.



Kuva 6. Raitis- ja jäteilmansulkupeltien peltimoottori. (Kuva: Arttu Kaunistoinen 2023)

Peltimoottorien toimintasuunnan pystyy vaihtamaan käyttöliittymän valikosta G09 (kuva 7) tai peltimoottorin kyljessä olevasta kytkimestä. Ilmanvaihtokonetta käyttöönottaessa peltien asennot tulee tarkastaa. Koneen käydessä raitis- ja jäteilmapellit ovat auki ja koneen seisoessa pellit ovat kiinni.



KUVA 7. Raitis- ja jäteilmapeltien toimilaitteen käyttöliittymän valikko (VTS Group 2022).

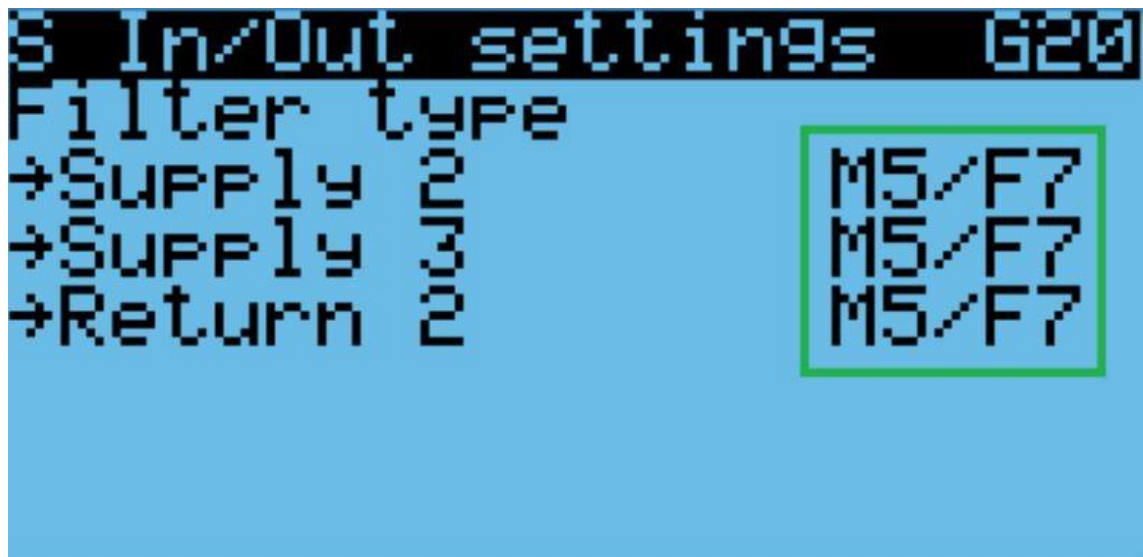
### 5.3.2 Suodattimet

Ilmanvaihtokone on varustettu raitis- ja poistoilmansuodattimella (kuva 8) ja ne on sijoitettu koneen ilman sisäänottokammioihin. Suodattimien paine-eromittaus on liitetty koneen Modbus väylään. Suodattimet on sijoiteltu siten, ettei mahdolliset epäpuhtaudet pääse vaurioittamaan puhaltimia tai LTO- laitteistoa. Suodattimien toimintaa seurataan paineromittauksella.

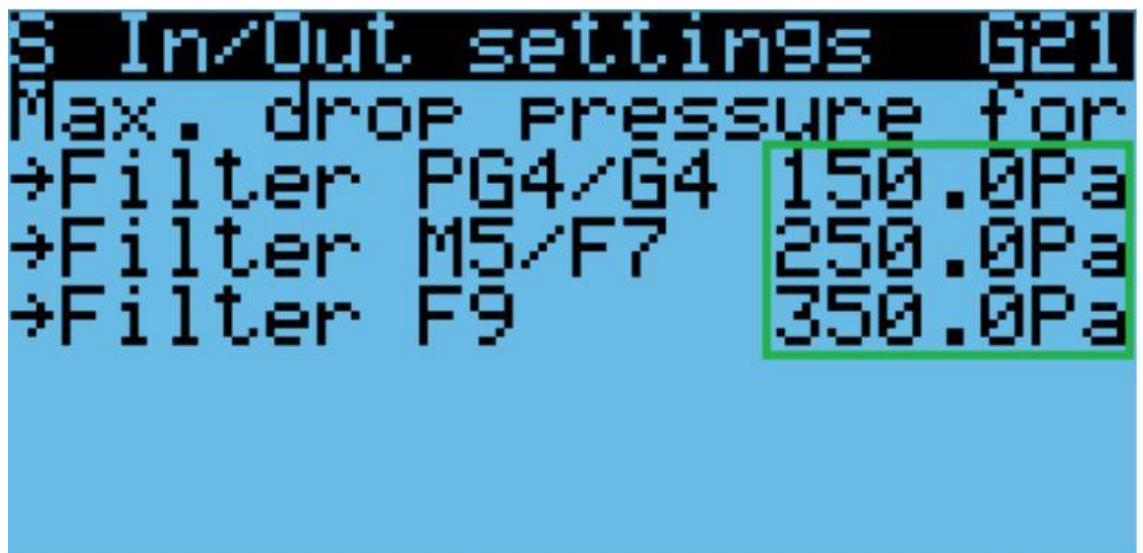


KUVA 8. Raitisilmasuodatin (Kuva: Arttu Kaunistoinen 2023).

Suodattimien paine-eron noustessa yli sallitun arvon automaatiojärjestelmä antaa hälytyksen, silloin suodattimet tulisi vaihtaa. Eri suodatintyypeillä on annettu eri raja-arvot. Laitetta käyttöönottaessa tulee tarkastaa, että koneen suodattimet vastaavat automaatiojärjestelmään asetettuja suodattimia. Suodatintyyppiä voi vaihtaa käyttöliittymän valikosta G20 (kuva 9) ja raja-arvoja suodattimien maksimi paine-erolle valikosta G21 (Kuva 10), paine-ero asetusten muuttamista ei suositella.



KUVA 9. Suodatintyyppin valinta (VTS Group 2022).



KUVA 10. Suodattimien maksimi paine-ero (VTS Group 2022).

### 5.3.3 Puhaltimet

Ilmanvaihtokone on varusteltu useammalla eri tulo- ja poistoilmapuhaltimella, jotka ovat Modbus väyläohjattuja. Jokainen puhallin järjestelmässä on yksilöity omalla rekisteriosoitteella, joten puhaltimia järjestystä ei voi vaihtaa muuttamatta puhaltimen osoitetta (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Puhaltiminen ModBus osoitteet.

PUHALLIN	PUHALLIN NRO	SLAVE ID
TULOILMA	1	41
	2	42
POISTOILMA	1	51
	2	52

Ilmanvaihtokoneen puhaltimia ovat EC-moottorilla ohjattuja. Puhaltimien lukumäärä ilmanvaihtokoneessa vaihtelee rakennuksessa tarvittavan painetason tai ilmavirran mukaan. VVS021c konemallissa maksimi puhaltimien määrä poisto- ja tuloilmapuolella on 2 kpl. Puhaltimen rikkoutuessa automaatiojärjestelmä antaa hälytyksen ja muut puhaltimet jatkavat toimintaa normaalisti pyrkien pitämään vaaditun painetason järjestelmässä. Vikaantunut puhallin tulee vaihtaa mahdollisimman pian, sillä pysähtyneen puhaltimen läpi voi ilma virrata vastakkaiseen suuntaan. Käyttöönoton yhteydessä ennen puhaltimien käynnistämistä tulisi tarkistaa puhaltimien siipipyörät pääsevät pyörimään vapaasti. Puhaltimien käytössä kuunneltava, ettei kuulu normaalista poikkeavaa ääntä.

#### 5.3.4 Pyörivä lämmönsiirrin

Ilmanvaihtokoneessa on pyörivä lämmönsiirrin (kuva 11), jota pyöritetään erillisellä taajuusmuuntaja ohjatulla sähkömoottorilla hihnan avulla. Siirtimen pyörimisnopeutta ohjataan Modbus väylän kautta. Lämmityskäytössä roottorin pyörimisnopeutta lisätään tai vähennetään niin, että asetettu tuloilmalämpötila saavutetaan. Pyörivällä talteenottojärjestelmällä varustetut ilmanvaihtokoneet tulee asentaa tasaiselle alustalle siten että roottori on suorassa ja pyörii vapaasti ilman tarpeetonta vastusta.





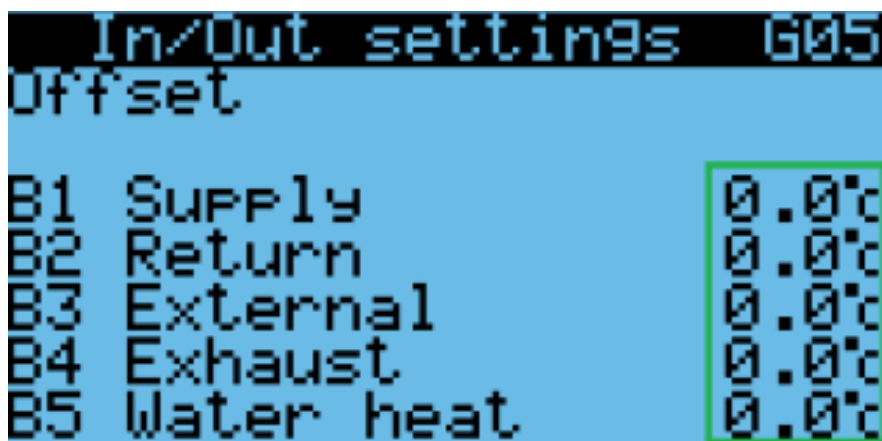
KUVA 11. Pyörivä lämmönsiirrin (Kuva: Arttu Kaunistoinen 2023).

Lämmöntalteenottojärjestelmän huurtumista seurataan kastepisteen avulla. Poistoilman lämpötila- ja kosteusmittauksen avulla lasketaan roottorille kastepiste, kastepisteessä poistoilman sisältämä vesihöyry alkaa tiivistyä roottorin pinnoille. Jos koneelle tulevan raitisilman lämpötilan laskee alle asetusarvon, (kuva 12) on huurtumisenesto päällä. Huurtumiseneston ollessa päällä roottorin pyörimisnopeutta säädetään jäteilman lämpötilan mukaan. Koneelta poistuvan jäteilman lämpötilaa ei anneta laskea kastepisteen alapuolelle. Kun roottoriin ei pääse muodostumaan kosteutta, ei myöskään ole riskiä, että roottori pääsisi jäätymään.



KUVA 12. LTO jäätymissuojan asetusvalikko. (VTS Group 2022)

Konetta käyttöönottaessa on tärkeää tarkistaa raitis-, jäte- ja poistoilmasta mitattavien lämpötilamittauksien tarkkuus, jotta huurtumisenesto toimii halutulla tavalla. Lämpötila-antureiden mittaustulosta voi muuttaa käyttöliittymän valikosta G05 (kuva 13).



KUVA 13. Lämpötila-antureiden offset. (VTS Group 2022)

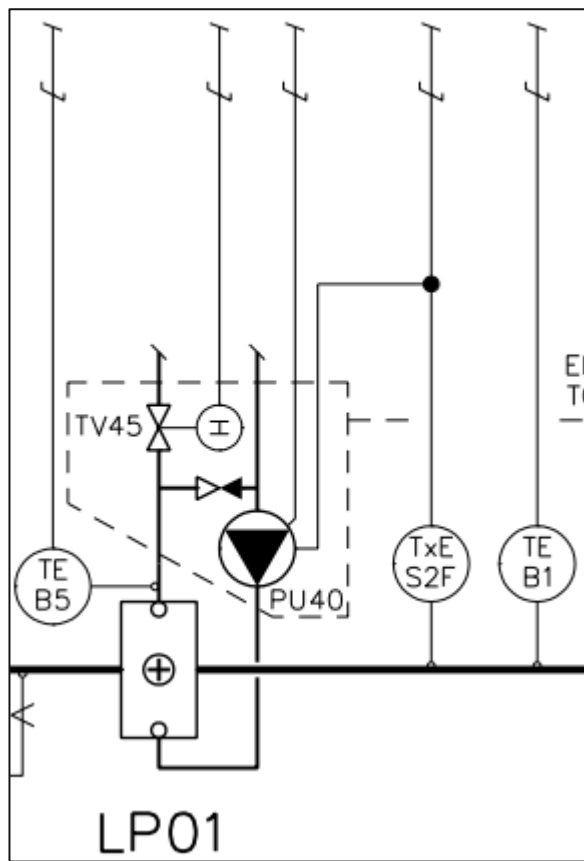
### 5.3.5 Jälkilämmityspatteri

Ilmanvaihtokoneessa on erillinen nestekiertoinen jälkilämmityspatteri (kuva 14). Lämmityspatterin toimintaa ei ilmanvaihtokoneesta pystynyt testaamaan, sillä lämmityspatteria ei ollut mahdollista kytkeä lämmitysverkostoon. Lämmityspatteri on varusteltu erillisellä jäätymissuojatermostaattilla.



KUVA 14. Lämmityspatteri ja jäätymissuoja-anturi. (Kuva: Arttu Kaunistoinen 2023)

Lämmityspatterin tehoa säädellään erillisen pumppuryhmän avulla (kuvio 9). Mikäli asetettua tuloilman lämpötilaa ei saavuteta lämmöntalteenoton avulla, järjestelmä alkaa aukaisemaan säätöventtiiliä TV45. Jälkilämmityspatterin pumpun PU 40 ja jäätymissuojatermostaatin S2F indikoinnit kytketään yhteisellä indikointitiedolla koneen ohjausyksikköön. Pumpun indikoinnin puuttuessa tai jäätymissuojatermostaatin hälyttäessä kone pysäytetään. Jos ilmanvaihtokoneessa on nestekiertoinen lämmityspatteri, täytyy käyttöönoton yhteydessä testattava jäätymissuojan ja pumpun tilatiedon puuttumisen vaikutus järjestelmän toimintaan.



KUVIO 9. Pumppuryhmän esimerkki kytkentä.

## 6 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli laatia käyttöönottopöytäkirja VTS Groupin ilmanvaihtokoneille, jotka toimivat laitevalmistajan omalla automaatiojärjestelmällä sekä parantaa ymmärrystä ilmanvaihtokoneen automaatiojärjestelmän toimintaperiaatteesta.

Työssä tutkittiin opinnäytetyön toimeksiantajan toimittamaa ilmanvaihtokonetta, joka on varustettu laitevalmistajan omalla automaatiojärjestelmällä. Tutkimusten tuloksena laadittiin ilmanvaihtokoneesta säätökaavio ja toimintaselostus. Säätökaavio ja toimintaselostus ovat tärkeitä dokumentteja ilmanvaihtojärjestelmästä ja kyseisiä dokumentteja tarvitaan jo rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa. Säätökaavio ja toimintaselostus toimivat myös käyttöönottoa ohjaavana dokumenttina, sillä järjestelmän toiminnan tulee vastata dokumenteissa esitettyä LVI-prosessia. Käyttöönottopöytäkirjassa ei käsitelty yksittäisten laitteiden tarkkoja yksityiskohtia vaan tarkoituksena oli tuottaa yleinen käyttöönottoprosessi ilmanvaihtokoneille, jotka toimivat VTS Groupin omalla automaatiojärjestelmällä.

Työn tuloksena laadittu säätökaavio ja toimintaselostus tulevat toimimaan pohjana muille VTS Groupin ilmanvaihtokoneille, jotka toimivat samalla automaatiojärjestelmällä kone. Käyttöönottopöytäkirja jää yrityksen käyttöön salassa pidettäväksi. Pöytäkirjassa käsitelty käyttöönottoprosessi testataan käytännössä ennen sen julkaisemista.

## LÄHTEET

ETS Nord. 2022. Nord damper. Säättö- ja sulkupellit. Viitattu 18.4.2023. [https://pim.etsnord.com/data/RDT-06\\_NORDdamper\\_fi.pdf](https://pim.etsnord.com/data/RDT-06_NORDdamper_fi.pdf)

Motiva. n.d. Ilmanvaihto. Verkkosivu. Viitattu 7.2.2023. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/rakentajan\\_ohjeet/hyva\\_talo/ilmanvaihto](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/rakentajan_ohjeet/hyva_talo/ilmanvaihto)

RT 10-11302. Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely. RT-Kortisto. Rakennustieto Oy. Viitattu 18.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/>

Sandberg, E. 2016a. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka Julkaisut Oy.

Sandberg, E. 2016b. Ilmastointitekniikan mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Helsinki: Talotekniikka Julkaisut Oy.

ST-Käsikirja 17. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Sähköinfo Severi. Sähkötieto Ry. Viitattu 18.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/234>

ST-Käsikirja 22. Rakennusten automaation valvomot. Sähköinfo Severi. Sähkötieto Ry. Viitattu 18.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/3295>

Suomäki, J. & Vepsäläinen, S. 2013. Talotekniikan automaatio. Käyttäjän opas. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy.

Swiss Rotors. 2022. Energy recovery wheel. Operation and maintenance. PDF-dokumentti. Luettu 18.4.2023. [https://swissrotors.com/wp-content/uploads/2022/04/sr\\_erw\\_operational\\_manual\\_v3\\_emea-3.pdf](https://swissrotors.com/wp-content/uploads/2022/04/sr_erw_operational_manual_v3_emea-3.pdf)

Uusitalo, S. 2021a. Kenttäväylät. Powerpoint-esitys. Rakennusautomaatiojärjestelmät ja väylätekniikka -opintojakson oppimateriaali. Moodle. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://moodle.tuni.fi/mod/resource/view.php?id=1376924>

Uusitalo, S. 2021b. Rakennusautomaatiojärjestelmien dokumentointi. Rakennusautomaatiojärjestelmät ja väylätekniikka -opintojakson oppimateriaali. Moodle. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://moodle.tuni.fi/mod/resource/view.php?id=1280142>

Uusitalo, s. 2022. Järjestelmän rakenne. Powerpoint-esitys. Rakennusautomaatio osana talotekniikkaa -opintojakson oppimateriaali. Moodle. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://moodle.tuni.fi/mod/resource/view.php?id=1559753>

VTS Group. 2021. Ventus compact. Operation and maintenance manual. Viitattu 18.4.2023. [https://vtsgroup.com/files/document-files/3359/OMM\\_VVSc\\_EN.pdf](https://vtsgroup.com/files/document-files/3359/OMM_VVSc_EN.pdf)

VTS Group. 2022. uPC3 screens description. PDF-dokumentti. Viitattu 18.4.2023.

VTS Group. 2023. VTS official e-shop. Verkkosivu. Viitattu 18.4.2023.  
<https://eshop.vtsgroup.com/#gref>

## LIITTEET

### Liite 1. Käyttöönottopöytäkirjan sisällysluettelo



#### Sisällysluettelo

1.0	KÄYTTÖÖNOTTO .....	3
1.1	ENNEN KÄYNNISTYSTÄ .....	3
1.2	KONEEN KÄYDESSÄ .....	4
1.3	KÄYTTÖÖNOTON JÄLKEEN .....	5
2.0	I/O CHECKLIST .....	6
3.0	ILMANVAIHTOKONEEN CHECK LIST .....	8
4.0	PUHALTIMIEN ASETUSARVOT .....	9