

Tapani Peltola

**MUUTTUVAILMAVIRTAJÄRJESTELMÄN VASTAANOTTOME-  
NETTELY**

# **MUUTTUVAILMAVIRTAJÄRJESTELMÄN VASTAANOTTOME- NETTELY**

Tapani Peltola  
Opinnäytetyö  
Syksy 2019  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

---

Tekijä: Tapani Peltola

Opinnäytetyön nimi: Muuttuvilmavirtajärjestelmän vastaanottomenettely

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Receiving Procedure of Variable Air Volume System

Työn ohjaajat: Yliopettaja Rauno Holopainen, Talotekniikkainsinööri Marko Paavola

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2019

Sivumäärä: 58

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella muuttuvilmavirtaisen ilmanvaihtojärjestelmän vastaanottomenettelyn nykytilannetta ja selvittää, saadaanko toteutettavalla vastaanottomenettelyllä varmistettua järjestelmän suunnitelman mukainen toiminta. Työn tilaajana toimi Espoon kaupungin Tilapalvelut-liikelaitos.

Työn teoriaosuudessa selvitettiin säädöksissä ja ohjeissa vaadittua vastaanottomenettelyä sekä tutustuttiin alan kirjallisuuteen. Vastaanottomenettelyn nykytilannetta tarkasteltiin seuraamalla yhden esimerkkikohteen toimintakokeita ja vastaanottomenettelyä sekä haastatteleamalla eri osapuolia MIV-järjestelmiin liittyen. Toteutunutta vastaanottomenettelyä verrattiin säännösten, LVI-ohjekorttien ja RYL:n mukaiseen vastaanottomenettelyyn. Saatujen tulosten perusteella esitettiin ohjeita vastaanottomenettelyn laadun parantamiseksi.

Muuttuvilmavirtaista ilmanvaihtojärjestelmää voidaan energiataloudellisesti pitää kannattavana sijoituksena. Järjestelmän oikean toiminnan kannalta on kuitenkin tärkeää, että sen toiminnan edellyttämät vaatimukset huomioidaan järjestelmän suunnittelusta aina elinkaaren loppuun asti. Epäonnistuminen yhdessä vaiheessa voi vaarantaa järjestelmän suunnitelman mukaisen toiminnan.

---

Asiasanat: ilmanvaihto, muuttuvilmavirtainen ilmanvaihtojärjestelmä, ilmamäärän säädin, laadunvarmistaminen, vastaanottomenettely

## **ALKULAUSE**

Haluan esittää suuret kiitokset Espoon kaupungin Tilapalvelut-liikelaitoksen organisaatiolle, haastatteluissa mukana olleille henkilöille, esimerkkitieteiden TATE- ja sähkövalvojalle sekä RAU-asentajalle mielenkiintoisen opinnäytetyön mahdollistamisesta. Kiitokset myös Oulun ammattikorkeakoulun henkilökunnalle, opinnäytetyön sisällölliselle ohjaajalle Rauno Holopaiselle ja kielenohjaaja Pirjo Partaselle avusta opinnäytetyön sekä muiden opintojen aikana. Lisäksi haluan kiittää perhettäni ja avopuolisoani tuesta ja avusta opintojeni aikana.

Espoossa 28.10.2019

Tapani Peltola

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 TUTKIMUSMENETELMÄT	9
2.1 Kirjallisuuskatsaus	9
2.2 Havainnointi	9
2.3 Haastattelut	9
3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN VASTAANOTTOMENETTELY	10
3.1 Tekninen vastaanotto	10
3.2 Juridinen vastaanotto	19
3.3 Taloudellinen loppuselvitys	22
4 MIV-JÄRJESTELMÄN VASTAANOTTOVAIHE ESIMERKKIKOHITESSA	24
4.1 Kohde	24
4.2 Puhtaustarkastukset	24
4.2.1 Tilojen puhtaustarkastus	25
4.2.2 Konehuoneen puhtaustarkastus	26
4.3 IMS-laitteiden toiminnan varmistaminen	28
4.4 Laite- ja asennustapatarkastukset	29
4.4.1 LVI-suunnittelijan katselmus	29
4.4.2 TATE-valvojan asennustapatarkastukset	30
4.5 IV-järjestelmän mittaus- ja säätötyöt	32
4.6 Rakennuttajan toimintakokeet	34
4.6.1 Ensimmäinen toimintakoe	34
4.6.2 Toiseen toimintakokeeseen valmistavat tarkastukset	36
4.7 Vastaanoton jälkeen suoritettu MIV-järjestelmän toiminnan varmistus	37
5 HAASTATTELUT	38
5.1 IMS-laitevalmistajat	38
5.1.1 Kokemukset eri käyttöympäristöistä	38
5.1.2 Laitteiden testaus ja käyttö	39

5.1.3 Nykytilanteen haasteet ja riskit	39
5.1.4 Ratkaisut	43
5.2 TATE-valvojat	44
5.2.1 Vastaanottomenettely	44
5.2.2 Nykytilanne ja sen ongelmat	46
5.2.3 Ratkaisut	48
5.3 Talotekniikkapäällikkö	50
5.3.1 Nykytilanne ja sen ongelmat	50
5.3.2 Ratkaisut	52
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	54
7 POHDINTA	56
LÄHTEET	57

## LYHENTEET

<b>IMS</b>	Ilmamäärän säädin. Ilmamäärän säädöllä tilaan tulevaa ilmavirtaa voidaan hallitusti säätää haluttuun arvoon hyvän ilmanvaihdon takaamiseksi
<b>IV</b>	Ilmanvaihto
<b>LTO</b>	Lämmön talteenotto
<b>MIV-järjestelmä</b>	Muuttuvailmavirtajärjestelmä eli ilmavirtasäätöinen järjestelmä. Muita suomessa käytettyjä termejä IVS- (ilmavirtasäätöinen), IMS- (ilmamäärän säädin) ja VAV-järjestelmä (variable air volume)
<b>RAU</b>	Rakennusautomaatio
<b>TATE</b>	Talotekniikka
<b>TateRYL</b>	Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset
<b>VAK</b>	Valvonta-alakeskus
<b>YSE</b>	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot

# 1 JOHDANTO

Muuttuvilmavirtaisella ilmanvaihtojärjestelmällä voidaan energiatehokkaasti hallita tilojen ilmanvaihtoa tarpeen mukaan. Järjestelmän käyttö on yleistynyt, mutta kehitys ei kuitenkaan ole ollut ongelmaton.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan muuttuvilmavirtaisen ilmanvaihtojärjestelmän vastaanottomenettelyn riittävyttä järjestelmän toiminnan varmistamisessa. Työssä haastatellaan alan asiantuntijoita, joilta selvitetään vastaanottomenettelyn nykytilanteen ja sen ongelmien lisäksi mahdollisia tapoja, joilla menettelyä voisi kehittää. Työssä myös seurataan yhden esimerkkikohteen vastaanottomenettelyn etenemistä. Tuloksia verrataan vaadittuun menettelyyn vastaanoton aikana. Saatujen tulosten perusteella annetaan ohjeita vastaanottomenettelyn kehittämiseksi, jotta työn tuloksen laatua voitaisiin parantaa.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Espoon kaupungin Tilapalvelut-liikelaitos, jonka tehtävänä on Espoon kaupungin strateginen kiinteistöjohtaminen ja rakennettujen toimitilojen ja rakennusten omistus, luovutus, vuokraus, hankinta, ylläpito ja purku. Esimerkkikohteenä toimii Espoossa sijaitseva koulu-/virastorakennus, johon suoritetaan mittavaa peruskorjausta.

## **2 TUTKIMUSMENETELMÄT**

Ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan varmistukseen liittyvän materiaalin ollessa lähinnä ohjekortteja ja kirjallisuutta valittiin opinnäytetyössä käytetyksi tutkimusmenetelmäksi kvalitatiivinen tutkimus. Kvalitatiivisella tutkimuksella tarkoitetaan laadullista tutkimusta, jossa painotetaan määrän sijasta laatua. Kvalitatiivinen tutkimus perustuu usein olemassa olevan aineiston tutkimiseen ja analysointiin. (1.)

### **2.1 Kirjallisuuskatsaus**

Opinnäytetyön aineistoa kerätään perehtymällä nykyisen vastaanottovaiheen lakeihin, asetuksiin, säädöksiin ja ohjeisiin sekä kirjallisuuteen koskien ilmanvaihtojärjestelmien vastaanottovaihetta. Näin saadaan selville tämän hetkisen menetelyn vaatimukset ilmanvaihtojärjestelmän vastaanottovaiheessa.

### **2.2 Havainnointi**

Yhtenä tiedonhankkimismenetelmänä työssä käytetään osallistuvaa havainnointia suoritettaviin toimintatarkastuksiin ja -kokeisiin. Havainnoinnin tarkoituksena on kerätä tietoa esimerkkikohteessa suoritettavasta laadunvarmistuksesta ja vastaanottomenettelystä. Saadun tiedon perusteella voidaan arvioida toteutuneen vastaanottomenettelyn riittävyyttä muuttuvailmavirtajärjestelmän vastaanotossa.

### **2.3 Haastattelut**

Haastattelujen avulla on tarkoitus kartoittaa vastaanottomenettelyyn liittyviä yleisiä ongelmakohtia, kerätä asiantuntijatietoa sekä koota yksilöiden kokemuksia aiheesta. Haastattelut tehdään teemahaastattelun ja puolistrukturoidun haastattelun yhdistelmällä. Haastatteluissa esitettäviä kysymyksiä mietitään etukäteen haastateltavan aseman mukaan, mutta jätetään tilaa myös vapaalle keskustelulle teemojen sisällä.

### **3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN VASTAANOTTOMENETTELY**

Ilmanvaihtojärjestelmän vastaanottomenettely on pitkä prosessi, jonka tarkastukset ja hyväksynät käynnistyvät jo ennen asennusten aloittamista ja jatkuvat vähintään rakennuksen viralliseen vastaanottopäivään. Vaiheen tarkoituksena on varmistaa suunnitelman mukainen toteutus, laatutaso, tavoitteet täyttävä lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. (2, s. 2.)

Vastaanottovaiheessa on syytä olla tarkkana, sillä puutteellisesti toimiva ilmanvaihtojärjestelmä voi saada huonon rakennuksen leiman käyttäjiltä, vaikka työ korjattaisiinkin jälkikäteen. Ilmanvaihtojärjestelmää vastaanotettaessa tehdään usein työmaan aikataulua tarkempi aikataulu, jotta kaikki tarkastukset ehdittäin käydä läpi ja käyttöönotto ei viivästy. (3, s. 49, 50.)

Vastaanotto käsittää kolme toisistaan erillistä tapahtumasarjaa, jotka ovat tekninen ja juridinen vastaanotto sekä taloudellinen loppuselvitys (4, s. 19). Tapahtumasarjojen sisältämiä vaiheita on esitetty seuraavissa luvuissa.

#### **3.1 Tekninen vastaanotto**

Teknisen vastaanoton tarkoitus on varmistaa ilmanvaihtojärjestelmien sopimuksemukaisuus ja järjestelmien toimiminen suunnitelmissa esitetyllä tavalla (5, s. 47). Seuraavissa alaotsikoissa on esitetty tekniseen vastaanottovaiheeseen liittyviä hyväksyntöjä, tarkastuksia, mittauksia ja kokeita.

#### **Laite- ja materiaalihyväksyntä**

Laite- ja materiaalihyväksynät ovat laadunvarmistuksen ensimmäinen vaihe, joka suoritetaan ennen kuin mitään asennusvaiheen tuotteita tai materiaaleja aletaan tuoda työmaalle (2, s. 4). Hyväksyntöjen tarkoitus on varmistaa, että urakoitsijoiden esittämät materiaalit, laitteet, järjestelmät ja asennustavat täyttävät suunnitelma-asiakirjoissa säädetyn lisäksi myös sellaiset yleiset säädöksiin perustuvat vaatimukset, joita suunnitelma-asiakirjoissa ei ole tarpeen esittää (6, s. 5).

Urakoitsija hyväksyttää rakennuttajalla kaikki teknisten järjestelmien laitteet, materiaalit ja asennustavat ennen asennustyövaiheen aloittamista, vaikka ne olisivat

esitetty suunnitelmissa (2, s. 4). Yleensä rakennuttaja vaatii myös LVI-suunnittelijaa tarkastamaan tuotteet ja niiden dokumentit, mutta lopullisen hyväksynnän tekee henkilö, jolle rakennuttaja on antanut hyväksyntäoikeuden. Tuotehyväksyntöjen yhteenvetoa hoitaa joko urakoitsija tai rakennuttajan hyväksyjä, jos käytössä ei ole projektipankin seurantasovellusta. (6, s. 5.)

Mikäli urakoitsija esittää suunnitelmista poikkeavaa ratkaisua, on urakoitsijan saatava LVI-järjestelmien ja tuotteiden vaihdolle hankkeen muiden osapuolten hyväksyntä. Suunnittelija tarkastaa täyttävätkö urakoitsijoiden laite-valintaesitysten tekniset ominaisuudet suunnitelmissa esitettyjä vaatimuksia. Tarkastettavia asioita ovat ko. tuotteen yhteensopivuus kyseisen järjestelmän suunniteltuun toimintaan ja käyttötarkoitukseen sekä se, täyttävätkö tuotteet niitä koskevat yleiset markkinoille saamisen edellytykset ja toteuttavatko tuotteet tai järjestelmät energiatehokkuusvaatimukset. Suunnittelija tarkastaa esityksen hyväksyttävyyden ja antaa siitä kirjallisen lausunnon. (6, s. 5; 5, s. 39.)

### **Urakoitsijoiden työsuunnitelmat**

LVI-urakoihin liittyy aina työ-, kytkentä- ja asennussuunnitelmia, joita tehdään mm. koneiden ja laitteiden asennuksesta ja kiinnityksestä, teknisten tilojen asennuksesta, valvonta-alakeskuksista ja ilmastointikoneista. Urakoitsijan tehtävänä on tehdä tai hankkia urakkasopimusasiakirjoissa määritetyt suunnitelmat ja hyväksyttää ne rakennuttajalla ennen kyseisten töiden alkamista. Urakoitsijan tekemien suunnitelmien hyväksynnöistä laaditaan muistio tai hyväksynnät kirjataan esimerkiksi työmaakokouspöytäkirjaan. (2, s. 4.)

### **Malliasennukset**

Malliasennuksien avulla voidaan todeta vaadittava laatutaso, suoritusjärjestys ja asennustapa, joita urakoitsijat yhteisesti noudattavat toistuvissa asennussuorituksissa (7, s. 498). Asennuskokonaisuudet, joista vaaditaan malliasennuksia, määritetään sopimusasiakirjoissa. Talotekniikan urakoitsijoiden tehtävä on esittää malliasennuksia hyväksyttäväksi TATE-valvojille ja muille osapuolille hyvissä ajoin ennen varsinaisten asennustöiden alkamista. Katselmuksen valvojan tehtävä on dokumentoida hyväksyttävä asennustapa ja malliasennuksen sijainti rakennuskohteessa. (6, s. 5.)

## **Tiiviys- ja painekokeet**

Ilmanvaihtokanavistojen tiiviys- ja painekokeilla varmistetaan kanaviston tiiviys koepainepuhaltimien avulla. Tiiviyskokeet voidaan suorittaa, kun asennustyöt ovat edenneet niin pitkälle, että niitä on järkevä suorittaa. Peittyvien työsuorituksen osalta on kuitenkin todettava kanaviston tiiviys ennen niiden peittämistä. (2, s. 5.) Kanaviston tiivyyttä ei yleensä testata 100-prosenttisesti, vaan tiiviyskokeiden laajuus määritellään sopimusasiakirjoissa (7, s. 498). Kokeissa havaitut viat ja vuodot korjataan ja koestetaan uudestaan niiden järjestelmien osilta, jotka eivät koetta läpäisseet (5, s. 48).

LVI-toteuttajan tehtävä on ilmoittaa tiiviyksmittausten ja painekokeiden ajankohdasta hankkeen aloituskokouksessa sovittun käytännön mukaan sekä laatia pöytäkirja, jonka TATE-valvoja vahvistaa allekirjoituksellaan (6, s. 6).

## **Kanavistojen puhtauden tarkastus**

Toimivan ilmanvaihtojärjestelmän tehtävänä on tuoda tilaan suodatettua ulkoilmaa ja viedä tilasta epäpuhtauksia pois. Kanaviston puhtaustarkistuksella ja tarvittaessa kanaviston puhdistuksella varmistetaan kanaviston sisä- ja ulkopintojen riittävä puhtaus. Kanaviston puhtausvaatimukset on esitetty Sisäilmastoluokituksessa.

Kanavistojen puhtaustarkastuksessa kanaviston puhtautta arvioidaan silmämääräisesti. Mikäli on syytä epäillä, että kanavistojen puhtaus ei täytä suunnitelmissa esitettyä puhtauskriteeriä, varmistetaan niiden puhtaus suunnitelmissa esitettyjen puhtauden toteamismenetelmien mukaisesti. Mikäli kanavisto ei täytä puhtauskriteerejä, puhdistetaan kanavisto alipaineistettuna harjaamalla. Puhdistetun kanaviston puhtaus varmistetaan suunnitelmissa esitettyjen puhtauden toteamismenetelmien mukaisesti. (2, s. 6.)

Urakoitsija tekee kanavistojen puhdistuksista pöytäkirjat. Pöytäkirjasta tulisi käydä ilmi

- mittauksien tulokset ennen ja tarvittaessa jälkeen puhdistuksen
- valokuvat ennen ja jälkeen puhdistuksen. (2, s. 6.)

## **Laite- ja asennustapatarkastukset**

Laite- ja asennustapatarkastusten tarkoituksena on varmistaa, että asennustyöt on toteutettu suunnitelmien, asennusohjeiden ja malliasennusten mukaan. Urakoitsija tekee tarkastuksia jatkuvasti ja pitää pöytäkirjaa tarkastuksista koko rakentamisvaiheen ajan toteutuksen etenemisen edellyttämässä järjestyksessä. (2, s. 5.) Mikäli asennus edellyttää rakennusvalvontaviranomaisen tai muun osapuolen hyväksyntää, on hänen ilmoitettava aloituskokouksessa ne tarkastukset, joihin aikoo osallistua (7, s. 499).

Tarkastukset suoritetaan vertaamalla asennuksia suunnitelmiin, asennusohjeisiin sekä hyväksytyihin malliasennuksiin. Pöytäkirjaan merkitään yksityiskohtaisesti kaikki tarkastetut asiat sekä liitetään kuvia havaituista puutteista ja peittyvistä asennuksista ennen ja jälkeen peittämistä. (2, s. 5.)

## **Urakoitsijan toimintatarkastus**

Rakennusurakan yleiset sopimusehdot velvoittavat urakoitsijan suorittamaan ilmanvaihtojärjestelmän toimintatarkastuksen eli itselle luovutuksen ja korjaamaan mahdolliset puutteet ja virheet ennen tilaajalle tapahtuvaa luovutusta (8, s. 6). Tarkastuksen tavoitteena on varmistaa työn laatutaso ja luovutusvalmius ennen varsinaisia toimintakokeita (7, s. 499).

Pääurakoitsija laatii yhdessä talotekniikkaurakoitsijoiden kanssa alustavan toimintatarkastus- ja toimintakoesuunnitelman. Rakennuttaja tarkentaa toimintakoesuunnitelmaa, kun toimintatarkastukset ovat valmistumassa. (6, s. 6.) Ilmanvaihtourakoitsija suorittaa toimintatarkastuksen yhdessä kyseisten järjestelmien toteuttamiseen osallistuneiden urakoitsijoiden kanssa, kun ilmanvaihtokoneen palvelualueen tilojen pölyävät työt on suoritettu ja tilat on puhdistettu (7, s. 499). Toimintatarkastuksessa käydään yksityiskohdittain järjestelmällisesti läpi talotekniikkajärjestelmien ja tuotteiden suunnitelmanmukainen toiminta. Tarkastukset tehdään aiemmin valmisteltujen tarkastuslistojen mukaan, jotta tarkastus kohdistuu haluttuihin kohteisiin ja toimintoihin sekä saadaan selkeä käsitys tarkastusten laajuudesta. (6, s. 6.)

Urakoitsija tekee toimintatarkastuksista tarkastuspöytäkirjan, johon kirjataan erikseen jokainen tarkastettu toiminta ja tarkastuksen tulos. Kun todetaan, että järjestelmä toimii suunnitellusti, urakoitsija toimittaa toimintatarkastuksen tarkastuspöytäkirjan rakennuttajan edustajalle tiedoksi, että rakennuttajan toimintakokeet voivat alkaa. (2, s. 6, 7.) Mikäli toimintatarkastuksissa havaitaan virheitä tai puutteita, ryhdytään niitä korjaamaan välittömästi. Toimintatarkastuksista laaditut pöytäkirjat ovat osa luovutusaineistoa, ja ne tallennetaan sovitulla tavalla rakennuttajalle toimitettavaan luovutusaineistoon. (6, s. 6.)

### **Rakennuttajan toimintakokeet**

Rakennuttaja ja urakoitsijan yhdessä suorittamat toimintakokeet voidaan aloittaa, kun urakoitsijoiden asentamat järjestelmät on toimintatarkastuksessa todettu suunnitellun kaltaisiksi ja niistä on toimitettu tarkastuspöytäkirjat (2, s. 6, 7). Toimintakokeita varten puhtausluokitellut tilat, ilmastointikoneet, puhaltimet, kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet on todettu vastaavan vaatimuksia (3, s. 499). Ennen toimintakokeiden aloitusta on toimintatarkastussuunnitelman laatimisen yhteydessä tehty toimintakoesuunnitelma kuitenkin viimeisteltävä ja hyväksyttävä rakennuttajan johdolla. Kokeita suoritetaan osasuorituksina vaiheittain kohteen valmistumisen tahdissa, kunnes niistä muodostuu suunnitelman mukainen kokonaisuus. TATE-valvoja vastaa toimintakokeiden läpi viemisestä ja suoritettavien toimenpiteiden tekemisestä toimintakoesuunnitelman mukaisesti. (6, s. 6.) Toimintakokeiden pöytäkirjojen laatimisesta vastaa rakennuttajan edustaja (2, s. 7).

Toimintakokeissa tarkastetaan tärkeimpien laitteiden tärkeimmät toiminnot ja keskitytään laitteisiin ja toimintoihin, jotka ovat turvallisuuden, tilojen käytettävyyden ja käyttökustannusten kannalta merkittäviä (2, s. 7). Kokeiden laajuus ja tarkkuus voi vaihdella toimintatarkastusten laajuuden ja kattavuuden perusteella. Mikäli toimintatarkastukset ovat olleet kattavat, voidaan toimintakoe suorittaa pistokoemaisesti. Mikäli pistokokeissa kuitenkin havaitaan virheitä, jotka on merkitty hyväksytyksi toimintatarkastusten pöytäkirjassa, on valvojalla oikeus keskeyttää toimintakokeet tai muuttaa toimintakokeet yksilöidyiksi, järjestelmä- ja toimintokohtaisiksi toimintakokeiksi. (6, s. 6.) Toimintakokeiden hyväksyttämällä varmistetaan riittävä työaika IV-järjestelmien ja -laitteiden koekäyttöille, säädöille ja mittauksille ennen vastaanottotarkastusta (3, s. 499).

## Säätötyöt ja mittaukset

IV-urakoitsija säätää ilmanvaihtojärjestelmän asennuksia vastaavien suunnitelmien arvoihin rakennuttajan valvomana ja hyväksymänä. Vaihe voidaan aloittaa, kun

- säädettävän järjestelmän toimintakoe on suoritettu siinä laajuudessa, että järjestelmä voi toimia jatkuvasti automaation ohjaamana ja varolaitteet ovat normaalisti käytössä
- pölyä aiheuttavat työt rakennuksessa tehty
- tilat on puhdistettu pölystä
- on varmistuttu kanavien sisäpuolisesta puhtaudesta
- rakennuksen ilmatiiviysmittaus on tehty. (2, s. 7; 6, s. 7.)

Säätötyötä suoritettaessa rakennuksen ovien ja ikkunoiden tulee olla kiinni (2, s. 7).

Urakoitsija tekee taulukkomuotoisen pöytäkirjan säätöarvoista ja niihin tarvittavista mittauksista (2, s. 7). Pöytäkirjamallit hyväksytetään rakennuttajalla ennen mittauksia urakoitsijan ryhtymistä (6, s. 7). Säätötöiden jälkeen urakoitsija voi suorittaa mittauksia urakka-asiakirjojen vaatimusten mukaan. Tällaisia mittauksia ovat

- huonelämpötilojen mittaukset
- tilojen äänenpainetasojen mittaukset
- SFP-luvun mittaus
- ilmanvaihdon lämmöntalteenoton hyötysuhteen mittaukset
- tilojen paine-erojen mittaus sisätilojen ja ulkoilman välillä sekä sisätilojen välillä. (2, s. 7, 8.)

Kun urakoitsija on suorittanut mittaukset, rakennuttaja suorittaa pistokoemittauksia urakoitsijoiden toimittamilla tai omilla mittareilla. Tällaisia mittauksia ovat

- nesteverkostojen virtauksien mittaukset
- ilmanvaihtokanavistojen virtauksien mittaukset
- tilojen äänenpainetasojen mittaukset
- huonelämpötilojen mittaukset
- muiden tavoitearvojen mittaukset, mikäli niitä on asetettu. (2, s. 8.)

Mittauksen suorittava taho dokumentoi omat mittaukset taulukkomuotoiseksi pöytäkirjaksi (2, s. 8).

### **Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys**

Kun LVI-järjestelmien ja -tuotteiden lopulliset ilmavirrat sekä vesi- ja liuosvirrat on säädetty, voidaan rakennusautomaatiojärjestelmän lopulliset käyttöönottoasetukset tehdä. (6, s. 7.)

RAU-urakoitsija asettaa TATE-urakoitsijoilta saamien tietojen perusteella lopulliset asetusarvot niin, että rakennuksen teknisten järjestelmien säätö toimii tarkasti, riittävän nopeasti ja ilman että säädettävässä suureessa esiintyy jatkuvaa värähtelyä tai huojuntaa. Rakennusautomaation on myös toimittava kaikissa ajatelluissa käyttötilanteissa ja siirtymissä niiden välillä ilman, että toiminnasta aiheutuu varsinaisen toiminnan kannalta tarpeettomia vikatilanteita. (6, s. 7.)

Mikäli rakennusaikana toteutetaan kosteuden ja materiaalipäästöjen tehotuule-tusta, on RAU-urakoitsijan tehtävä vastata ja huolehtia väliaikaisilla ohjelmoin-neilla siitä, että mittaus- ja säätötöiden valmistuttua kaikkien tilojen ilmanvaihto toimii täydellä teholla. Urakoitsija palauttaa väliaikaiset ohjelmoinnit suunnitelman mukaisiksi vastaanottotarkastuksen yhteydessä tai myöhemmin erikseen sovit-tuna ajankohtana. (6, s. 7.)

Viritysten onnistuminen todennetaan säätöpiirikohtaisten trendiseurantojen avulla, jotka TATE-valvoja tarkastaa ja hyväksyessään tallentaa tulosteet osaksi hankkeen luovutusaineistoa tai luovuttaa aineiston RAU-urakoitsijalle, joka liittää sen luovutusasiakirjoihin. Asetusarvot ja viritykset dokumentoidaan urakoitsijan toimesta. (6, s. 7.)

### **Koekäytöt ja kuormituskokeet**

Koekäytöillä ja kuormituskokeilla varmistetaan ilmanvaihtojärjestelmien ristiriida-ton toimintakyky ja -valmius vaihtuvissa kuormitusolosuhteissa. Testattavat kuor-mitusolosuhteet on määriteltä suunnitelmiin sisältyvässä toiminta-/koekäyttöoh-jelmassa, joka laaditaan rakennuttajan johdolla yhteistyössä urakoitsijoiden ja

suunnittelijoiden kanssa. TATE-valvojat koordinoivat ja vastaavat kokeiden suorittamisesta sekä tulosten dokumentoinnista. Urakoitsija tekee koekäytöistä ja kuormituskokeista pöytäkirjat. (2, s. 9; 6, s. 7.)

Koekäytöissä testataan yhden järjestelmän kaikkien osien yhteistä toimintaa normaalin käytön mukaisissa olosuhteissa. Koekäyttöjen pöytäkirjoihin kerätään käyrät seurantamittauksista ja arvioidaan mittaustulokset. (2, s. 9.)

Yhteiskoekäytöillä testataan useiden eri järjestelmien samanaikainen toiminta. Näin varmistetaan siitä, että eri järjestelmät toimivat yhdessä halutulla tavalla eivätkä ole ristiriidassa keskenään. (2, s. 9.) Yhteiskoekäyttöjen osana suoritetaan sähkökatkotesti, jossa todennetaan kiinteistön turvajärjestelmien toimivuus sekä varmennetaan RAU-järjestelmän ala-asemien, RAU-valvomon ja hälytysten jälleenantojärjestelmän toimivuus katkotilanteen aikana ja sen jälkeen. (2, s. 9; 6, s. 7.)

Kuormituskokeet voidaan aloittaa hyväksytyjen toimintakokeiden, säätöjen, mitausten, rakennusautomaatiotoimintojen parametrien asettelun ja laitteiden virityksen sekä niissä havaittujen puutteiden korjauksen jälkeen (6, s. 7). Kuormituskokeita voidaan tehdä tiloihin, joille on suunnitelmissa määritetty tarkat olosuhteet ja joiden toteutumisesta halutaan varmistua. Kuormituskokeilla voidaan myös varmistaa laitteiden tehot. Kokeet suoritetaan mittaamalla ja seuraamalla tarvittavia suureita, kun tiloihin on luotu koekuormat, jotka vastaavat mitoitusolosuhteita mahdollisimman paljon. (2, s. 9.) Koekuorma luodaan tiloihin koekäytettävän järjestelmän toimittaneen urakotisijan toimenpitein (6, s. 7). Mittaukset dokumentoidaan pöytäkirjaan, jotta tilojen, laitteiden ja järjestelmien voidaan todeta täyttävän mitoitusarvot (2, s. 9).

### **Viranomaistarkastukset**

Viranomaistarkastukset ovat rakennusvalvontaviranomaisten suorittamia tarkastuksia, joilla varmistetaan, että rakentamisessa noudatetaan lakia ja mitä sen nojalla säädetään tai määrätään. Viranomaistarkastuksia suorittavat rakennusvalvontaviraston lisäksi myös muut viranomaiset omiin vastuualueisiin liittyen. Tällaisia viranomaisia ovat esimerkiksi terveys-, palo- ja työsuojeluviranomaiset. (9, s. 5.) Viranomainen voi kuitenkin teettää tarkastustehtäviä ulkopuolisella taholla,

jos tämä ulkopuolinen taho ja rakennuttaja ovat antaneet siihen suostumuksen (2, s. 9).

Rakennuksen käyttöönotto edellyttää viranomaisen käyttö lupaa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että työ olisi valmis vaan että rakennus täyttää viranomaisvaatimukset. (10, s. 294.) Pääurakoitsija vastaa, että rakennusluvan mukaiset viranomaistarkastukset on suoritettu ja hyväksytyt ennen käyttöönottoa ja loppukatselmusta (2, s. 9; 6, s. 8).

Rakennusvalvontaviranomaiset ilmoittavat tarkastukset, joita aikovat tehdä yleensä rakennusluvassa ja rakennusvalvonnan aloituskokouksessa. Urakoitsijan tehtävänä on pitää yhteyttä rakennusvalvontaan ja muihin osapuoliin, joiden tarkastuksia ja/tai hyväksyntää LVI-järjestelmät ja -tuotteet edellyttävät, sekä laatia tarkistuksista pöytäkirjat, jotka viranomaisen allekirjoittaa. (2, s. 9.)

### **Jälkitarkastus**

Urakoitsijan on korjattava vastaanottotarkastuksessa kirjattuja puuttuvia suoritteita ja velvollisuuksia sovituksessa ajassa tai mahdollisimman nopeasti (8, s. 15). Jälkitarkastuksilla varmistetaan tehtyjen korjausten oikea suoritus ja todetaan korjaustyöt tehdyksi (11, s. 13).

### **Toimivuustarkastus**

Toimivuustarkastus on suositeltava jatko-osa laadunvarmistukselle, millä pyritään energiatehokkuuden ohella saamaan käyttöönotettu rakennus mahdollisimman hyvin käyttäjien tarpeita vastaavaksi. Tarkastukset suoritetaan lämmitys- ja jäähdytyskausien aikana sekä ensimmäisen vuoden takuutarkastuksen yhteydessä. (6, s. 9.)

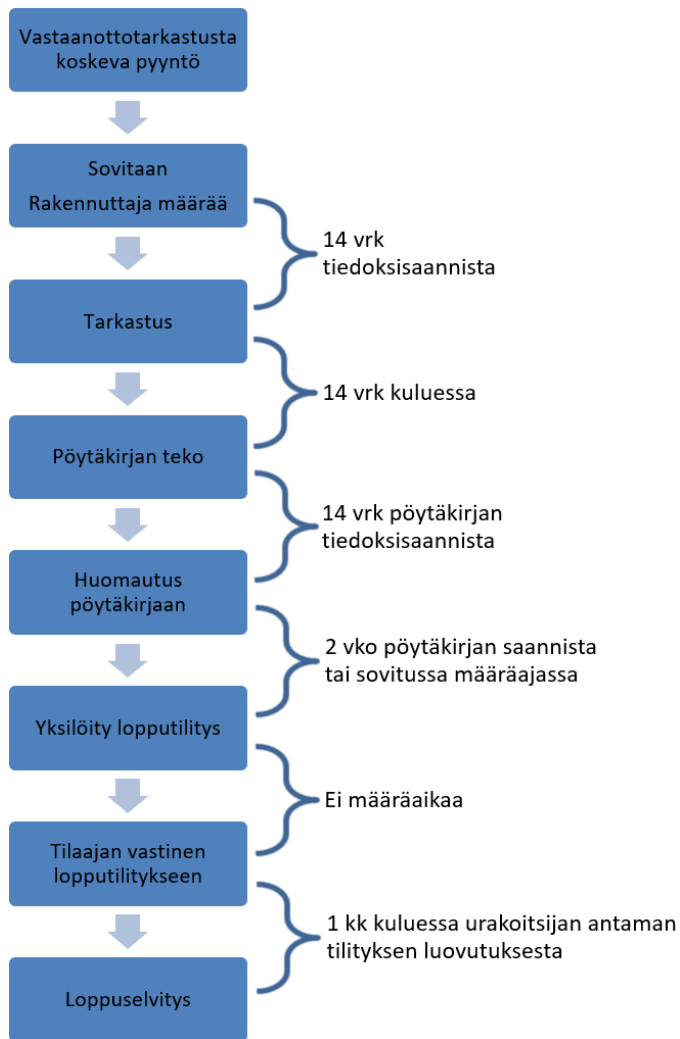
Rakennuttajan edustajan tehtävä on kutsua toimivuustarkastus koolle. TATE-valvoja laatii toimivuustarkastussuunnitelman sekä yhteenvetoraportin ja kerää käytönaikaiset tiedot olosuhteista käyttäjiltä ja ylläpidolta, pyytää automatiikkaurakoitsijalta trendiseurannat ja -ajot laitoksen toiminnasta sekä hälytyshistoriasta (vähintään kahden viikon ajanjaksolta ennen kokousta) ja mahdollisesti erikseen

sisäympäristöstä mitatun tiedon. Yksilöityyn yhteenvetoraporttiin kirjataan havainnot ja puutteet sekä muutos- ja korjaustoimenpiteet vastuutahoineen. (6, s. 9.)

### **3.2 Juridinen vastaanotto**

Ennen kuin työsuoritus luovutetaan rakennuttajalle, suoritetaan vastaanottotarkastus. Tässä juridis-hallinnollisessa tilaisuudessa urakkasopimuksen osapuolet todentavat, että hankkeen toteutus on sopimusasiakirjojen mukainen ja että kaikki vastaanottotarkastusta edeltäneet laadunvarmistustoimenpiteet ja tarkastukset on hyväksytysti suoritettu ja dokumentoitu. (2, s. 2.)

Sekä urakoitsijalla että rakennuttajalla on oikeus pyytää vastaanottotarkastuksen pitämistä, kun rakennuskohde on siinä valmiudessa, että mahdollisesti kesken olevat rakennusvaiheet ehditään suorittamaan (8, s. 15). Rakennuksen ei kuitenkaan tarvitse olla täysin valmis, vaan vähäiset viimeistelytyöt sallitaan, mikäli ne eivät aiheuta esteitä tai haittaa työn tuloksen käyttöönotolle (10, s. 294). Urakoitsijan on myös itse varmistettava, että rakennustyö on valmis ja täyttää sopimuksen mukaiset vaatimukset. Pyyntö vastaanottotarkastuksesta tehdään kirjallisena ja tarkastus pidetään 14 vuorokauden kuluessa pyynnön tiedoksisaamisesta. (8, s. 15.) Työn vastaanotto merkitsee urakoitsijoiden suoritusvelvollisuuden päättymistä takuutöitä lukuun ottamatta (10, s. 295). Kuvassa 1 on esitetty YSE:n mukainen aikataulukko vastaanottotarkastuksen pyynnöstä loppuselvitykseen.



KUVA 1. Vastaanottotarkastuksen aikataulu (8)

Vastaanottotarkastuksesta pidetään pöytäkirjaa, johon liitetään dokumentti virheistä ja puutteista, joita tarkastuksessa on havaittu. Virheiden korjaamista koskevat vaatimukset sisältyvät rakennusajan velvoitteisiin ja ne on pyrittävä korjaamaan mahdollisimman pian. Jos joitain virheitä tai puutteita ei ole havaittu vastaanottotarkastuksessa, sisältyvät ne takuuajan vastuun piiriin. (10, s. 295.) Virheiden ja puutteiden lisäksi pöytäkirjaan merkitään seuraavat asiat:

- hyväksytäänkö ja missä laajuudessa työn tulos vastaanotettavaksi
- jos työn tulosta ei hyväksytä vastaanotetuksi, hyväksymättä jättämisen syyt

- urakoitsijan vastattavaksi katsottavat virheet sekä aika, jonka kuluessa ne on korjattava tai poistettava, sekä rahamäärä, joka pidätetään maksamatta olevasta urakkahinnan osasta, kunnes virheet on korjattu tai poistettu
- virheet, joista voidaan sopia arvonvähennys urakkahinnasta
- virheet, joiden ei katsota aiheuttavan seuraamuksia urakoitsijalle, sekä syy tähän
- muistutukset, joiden ei katsota vaativan välittömiä toimenpiteitä vaan jotka on lopullisesti käsiteltävä takuutarkastuksessa
- virheet, joihin perustuvia vaatimuksia ei tarkastuksessa voida täsmentää, sekä mihin mennessä ja millä tavalla ne selvitetään
- tarkastuksessa syntyneet mielipide-eroavuudet
- ajankohta, jolloin urakoitsijoiden ottamat sopimuksen edellyttämät vakuutukset saadaan lakkauttaa
- ajankohta, josta lukien rakennuttaja vastaa vastaanotetun rakennuskohteen hoito- ja käyttökustannuksista
- takuuajojen alkamis- ja päättymisajankohdat
- määräykset jälkitarkastuksen toimittamisesta sekä siinä tarkastettavista virheistä
- urakoitsijan suorituksen mahdollinen myöhästyminen
- selvitys viranomaisten tai säädösten edellyttämistä tarkastuksista ja niiden pöytäkirjoista sekä näiden pöytäkirjojen luovuttamisesta rakennuttajalle
- rakennusluvan sekä viranomaisten käsittelemien piirustusten ja sopimuksen edellyttämien muiden luovutusasiakirjojen toimittaminen rakennuttajalle
- sopijapuolten toisiinsa kohdistamat muut vaatimukset ja mahdolliset vastineet (8, s. 15).

Kun rakennuttaja päättää työn tuloksen vastaanotosta, merkitsee se

- ylläpitovastuun siirtymistä ylläpito-organisaatiolle
- kohteen vakuuttamisen siirtymistä katkeamatta rakennuttajalle
- työajan vakuuden vaihtumista takuuajan vakuuteen. (12.)
- vaaranvastuun siirtymistä rakennuttajalle

- rakennuttajan maksuvelvollisuutta maksamattomalle urakkahinnalle
- takuuajan alkamista
- työnjohtovelvollisuuden päättymistä
- työmaapalveluiden järjestämisvelvollisuuden päättymistä
- urakoitsijan suoritusvelvollisuuden päättymistä takuutöitä lukuun ottamatta. (13, s. 88.)

### **Luovutettava aineisto**

Rakentamisvaiheessa eri urakoitsijoiden yhdessä kokoama luovutus- ja käyttöaineisto luovutetaan käyttöönoton yhteydessä rakennuttajalle vaaditun muodon ja aikataulun mukaisesti. Sen sisältö koostuu sopimusasiakirjoissa määritellyistä asiakirjoista, loppupiirustuksista sekä huoltokirjasta. Rakennuttajan edustajat tarkastavat aineiston ennen niiden hyväksymistä luovutusaineistoksi. (6, s. 8.)

Jokaiselle rakennukselle, jota käytetään pysyväan asumiseen tai työskentelyyn, on laadittava käyttö- ja huolto-ohje. Toimivaksi kokonaisuudeksi kootulla ohjeella voidaan saavuttaa hyötyjä mm. energiankulutuksessa, sisäilmasto-olosuhteissa sekä rakennuksen pitkäaikaiskestävyydessä. Hyvän huoltokirjan laatimisessa onkin otettu huomioon rakennuksen ja sen osien ominaisuuksien säilyminen käyttöään ajan. Luovutuksen yhteydessä myös vastuu huoltokirjan ylläpidosta siirtyy kiinteistön omistajalle. (10, s. 403–408.)

### **3.3 Taloudellinen loppuselvitys**

Taloudellisen loppuselvityksen tarkoituksena on selvittää sopijaosapuolten väliset tilisuhteet lopullisesti, mikäli niitä ei vastaanottotarkastuksessa ole jo selvitetty. Ellei muuta sovita, urakoitsija toimittaa kahden viikon kuluessa tarkastuspöytäkirjan saapumisesta tilaajalle lopputilityksen kaikista sopijaosapuolten välisistä epäselvistä asioista. Kuukauden kuluessa lopputilityksen luovuttamisesta käsitellään lopputilitys ja siihen annettava tilaajan vastine taloudellisessa loppuselvityksessä. (8, s. 15.)

Loppuselvitystilaisuus on rakennusurakan viimeinen vaihe, jolloin sopijaosapuolet voivat esittää taloudellisia vaatimuksia toisiaan kohtaan. Tämän jälkeen menetetään puhevalta, eikä vaatimuksia voi enää esittää. (8, s. 16.)

Loppuselvityksestä pidetään pöytäkirjaa, josta ilmenee

- urakoitsijan laatima lopputilitys ja tilaajan siihen antama vastine
- ne tilaajan vaatimusten määrät, jotka eivät sisälly edellä mainittuun vastineeseen
- muut mahdolliset tilisuhteisiin vaikuttavat asiat (8, s. 16).

## **4 MIV-JÄRJESTELMÄN VASTAANOTTOVAIHE ESIMERKKIKOHTEESSA**

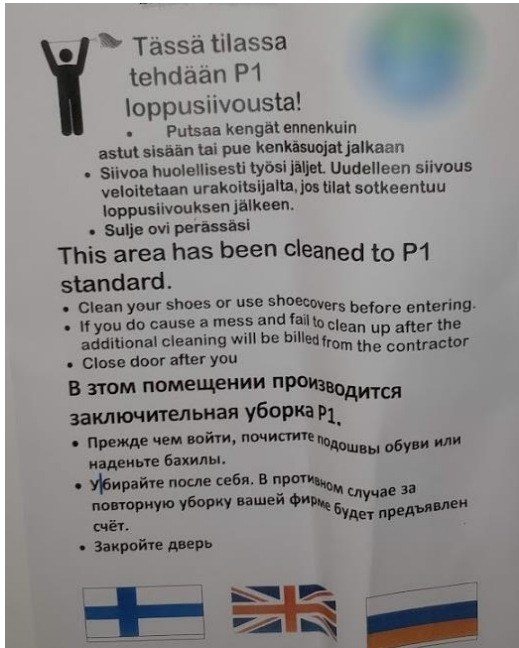
### **4.1 Kohde**

Tarkasteltava kohde oli Espoon Otaniemessä sijaitseva koulu- ja virastorakennus, johon suoritettiin mittavaa peruskorjausta. Rakennuskokonaisuus on valmistunut vuosien 1975 ja 1998 välillä, ja se on peruskorjattu vuosina 1998 ja 2000. Nyt suoritetun peruskorjauksen pinta-ala oli noin 26 000 m<sup>2</sup>. Peruskorjauksen yhteydessä kohteessa uusittiin myös ilmanvaihtojärjestelmä. Tarkastuksia ja toimintakokeita seurattiin koko urakka-alueella.

### **4.2 Puhtaustarkastukset**

Kohteessa suoritettiin P1-luokan loppusiivous sopimusasiakirjoissa esitettyjen vaatimusten mukaisesti. P1-puhtausluokitusta käyttämällä varmistettiin, että tilat olivat puhtaat luovutusvaiheessa eikä tilojen käytön aikana kulkeudu rakennusvaiheessa syntyneitä epäpuhtauksia sisäilmaan tai ilmanvaihtokanavistoon. Hyväksytyt puhtaustarkastukset olivat kohteessa yksi edellytys toimintakokeiden aloittamiseen.

Puhtausluokiteltujen tilojen oviin oli merkitty kolmella eri kielellä tieto P1-puhtausluokan tilasta ja tarvittavista toimintaohjeista tilaan mentäessä ja siellä toimittaessa (kuva 2). Näin varmistettiin, että tilat pysyivät puhtaina myös siivoustyön jälkeen.



*KUVA 2 P1-puhtausluokitellun tilan oven merkintä*

#### **4.2.1 Tilojen puhtaustarkastus**

Tilojen puhtaustarkastuksia suoritettiin silmämääräisesti yhdessä TATE-valvojan ja siivoustyöstä vastaavan yrityksen edustajan kanssa. Tarkastuksessa kierrettiin tiloja kattavasti varmistaen, ettei tiloissa enää ole rakennusaikana syntynyttä rakennuspölyä, joka voisi mahdollisesti estää säätötöiden aloittamisen. Tarkastuksen yhteydessä varmistettiin myös, että päätelaitteiden suojaukset olivat pysyneet niille tarkoitetuilla paikoilla, eikä kanavistoon näin ollut päässyt rakennuspölyä. Päätelaitteiden suojaus likaantumiselta on esitetty kuvassa 3.



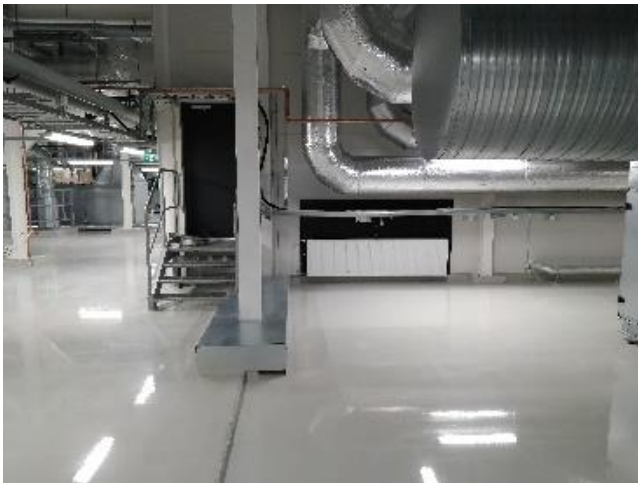
*KUVA 3 Tuloilmalaitteen suojaus likaantumiselta*

Rakennuspölyn kulkeutuminen puhdistamattomilta alueilta puhdistettuihin tiloihin pyrittiin estämään käyttämällä kulkuväylien edessä tarramattoja, tarjoamalla kenkäsuojuksia sekä ohjeistamalla oikeanlaiseen toimintaan kulkuväyliin sijoitetuilla toimintaohjeilla.

Tarkastuksessa tilojen voitiin todeta olevan puhdistettu asianmukaisesti ja näin täyttävän vaatimukset. Hyväksytyt tilojen puhtaustarkastus oli yksi edellytys päätelaitteiden suojausten poistoon ja toimintakokeiden aloittamiseen.

#### **4.2.2 Konehuoneen puhtaustarkastus**

Konehuoneen puhtaustarkastuksen suoritti kohteessa TATE-valvoja. Konehuoneen ja tulo- ja poistoilmakoneen puhtautta arvioitiin tarkastuksessa silmämääräisesti. Tarkastuksessa havaittiin konehuoneen (kuva 4) ja tulo- ja poistoilmakoneiden (kuvat 5 ja 6) olevan puhdistettu asianmukaisesti kanavan päälle jäänyttä eristekappaletta lukuun ottamatta (kuva 7) ja näin ollen täyttävän vaatimukset, jotta voitiin siirtyä seuraavaan vaiheeseen. Eristekappaleesta kirjattiin pöytäkirjaan korjausmerkintä.



*KUVA 4 Konehuoneen puhtaus*



*KUVA 5 Puhdistettu ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenottolaitteen kammio*



*KUVA 6 Puhdistettu ilmanvaihtokoneen suodatinkammio*



*KUVA 7 Kanavan päälle jäänyt eristemateriaalin kappale*

Myöhemmin suoritetuissa valvojen toimintatarkastuksissa havaittiin konehuoneiden kuitenkin likaantuneen uudesta asennuksista syntyneen pölyn ja rakennustarvikkeiden vuoksi (kuvat 8 ja 9).



*KUVA 8 Konehuoneeseen varastoituja rakennustarvikkeita*



*KUVA 9 Konehuoneeseen jätettyjä pahvilaatikoita ja muita rakennustarvikkeita*

### **4.3 IMS-laitteiden toiminnan varmistaminen**

Automaatiourakoitsija suoritti IMS-laitteiden toiminnan kenttätestauksen ja itselle luovutuksen samassa yhteydessä, kun ajoi IMS-laitteita auki säätötoita varten. Urakoitsija testasi säätimien toimintaa asettamalla etänä VAKiin säätimelle haluttu asennon ja tarkastamalla säätimestä, liikkuko säätöpelti asetettuun arvoon. Näin saatiin selville, että säätimet on kytketty automaatiojärjestelmään ja toimivat ohjausten mukaisesti. Kuvassa 10 oleva henkilö tarkastaa IMS-laitteen toimintaa.



*KUVA 10 IMS-laitteen toiminnan varmistamista*

Säätötöiden alkaessa automaatiourakoitsija tarkasti, että kanavan ilmavirtaus on luettavissa VAK:lla. Säätö- ja mittaustöiden aikana oli kuitenkin havaittu, että osa IMS-laitteista oli mennyt itsestään kiinni. Kun säätimeltä katkaistiin virta ja kytkettiin takaisin, alkoivat ne taas toimimaan normaalisti, mutta menivät ajan kuluessa taas uudestaan kiinni. Vian selvittäminen jatkui automaatiourakoitsijan, sekä IMS-laitevalmistajan toimesta vielä rakennuksen luovuttamisen jälkeen.

#### **4.4 Laite- ja asennustapatarkastukset**

Jatkuvilla laite- ja asennustapatarkastuksilla varmistettiin, että koko järjestelmän asennustyöt ja laitteet oli asennettu säätö- ja mittausteknisesti oikein, suunnittelu- ja sopimusasiakirjojen mukaisesti ja että käyttö-, huolto- ja työturvallisuusnäkökohdat oli otettu huomioon.

##### **4.4.1 LVI-suunnittelijan katselmus**

LVI-suunnittelija suoritti yhdessä TATE-valvojan kanssa kohteessa suunnittelijan katselmuksia, joiden tavoitteena oli tarkastaa pistokoemaisesti työmaalla toteutettujen asennusten ja muutosten suunnitelmanmukaisuutta. Tarkastus suoritettiin kattavasti tiloja, konehuoneita ja teknisiä tiloja kiertäen, keskittyen pääasiassa suunnitelmissa tehtyihin muutoksiin. Tarkemman havainnoinnin tiellä oli kuitenkin jo osittain asennetut alakatot, jotka näin rajoittivat tehtyä katselmusta.

Tarkastuksessa havaittiin puutteita säätimien ja komponenttien merkinnöissä sekä koteloinneissa. Havaitut puutteet olivat kuitenkin sellaisia, ettei niiden korjaamiseen tarvinnut urakoitsijan ryhtyä välittömästi. Puutteista täytettiin puutelistaa, joka tuli urakoitsijan korjattavaksi.

#### **4.4.2 TATE-valvojan asennustapatarkastukset**

TATE-valvoja teki kohteessa asennustapatarkastuksia pitkin rakennusurakkaa. Tarkastusten kohteena oli rakennuksen IV-järjestelmän asennukset ja laitteet. Tarkastukset suoritettiin laajasti pyrkien varmistamaan, että asennettu järjestelmä täyttää sille asetetut vaatimukset. Havaintoja tehtiin paljon myös muiden tarkastusten, kierrosten ja toimintakokeiden aikana.

Tarkastuksissa havaittiin puutteita ja virheitä komponenttien merkinnöissä, kanavien ja putkien eristystöissä (kuvat 11 ja 12), unohtuneissa suojamuoveissa (kuva 13), vääranntyyppisissä lämpötilamittareissa sekä puuttuvissa suodattimissa (kuva 14).



*KUVA 11 Osa kondenssieristyksestä puuttuu jäähdytysvesiputkistosta*



*KUVA 12 Lämmöneristyksen leikkaamattomat kiinnikkeet*



*KUVA 13 Ulkoilmakammioon unohtuneita suojamuoveja*



*KUVA 14 Puuttuvat tuloilman suodattimet*

Tarkastusasiakirjaan kirjattiin havaitut puutteet, jotka tulivat urakoitsijan korjattavaksi. Toistuvista puutteista kirjoitettiin yleismaininta tarkastusasiakirjaan, jolloin urakoitsija tarkisti kaikki järjestelmät vastaavien virheiden varalta.

#### **4.5 IV-järjestelmän mittaus- ja säätötyöt**

IV-järjestelmän säätötyötä seurattiin tässä opinnäytetyössä yhden tulo- ja yhden poistokoneen osalta, joiden palvelualueena toimi kohteen valmistuskeittiö. Koneet oli varustettu IMS-laitteilla, jotka pitivät kanavistojen paineen vakiona ilmavirran muuttuessa. Automaatiourakoitsija oli ohjannut IMS-laitteet täysin auki säätöitä varten.

Säätötyö aloitettiin poistoilman säätämisestä, jonka ajaksi tuloilmavirta oli säädetty poistoilmavirtaa suuremmaksi. Tällä pyrittiin estämään pölyn siirtyminen puhdistamattomilta alueilta keittiöön. Säätötyö suoritettiin mitoitusilmavirralla sallien jokaiselle huoneelle +/-10 %:n toleranssi suunnitelluista arvoista, kuitenkin niin että tulo- ja poistoilmavirrat ovat koneen palvelualueella liki saman suuruiset.

Esimerkkitapauksessa tulo- ja poistoilmavirrat poikkesivat toisistaan mitoitustilanteessa koneen palvelualueella alle prosenttiin.

Säätötyön viivästyminen tarkastelluissa koneissa oli aiheutunut keittiön huuvién rasvasuodattimien puuttumisesta ja niiden toimittamisen odottamisesta. Niiden vaikuttaessa toteutuviin painehäviöihin ja ilmavirtoihin, ei työvaihetta voitu aloittaa suunnitellusti. Säätötöiden alkaessa havaittiin myös virheellisesti asennettuja säätö- ja mittauslaitteita. Laitteiden säätöosat oli sijoitettu paikkaan, johon ei päässyt käsiksi. Virheellisesti sijoitettuja säätö- ja mittauslaitteita on esitetty kuvissa 16 ja 17.



*KUVA 15 Virheellisesti asennettu säätö- ja mittauslaite*



*KUVA 16 Virheellisesti asennettu säätö- ja mittauslaite*

Rakennustöiden ollessa kesken ja rakennusmiesten työskennellessä tiloissa ei myöskään voitu varmistua ovien ja ikkunoiden kiinni pysymisestä säätötyön aikana.

#### **4.6 Rakennuttajan toimintakokeet**

Rakennuttajan toimintakokeet jakautuivat kahteen vaiheeseen. Toimintakokeet suoritettiin yhdessä sähkö- ja LVI-töiden valvojien sekä rakennusautomaatioura-koitsijan kanssa.

##### **4.6.1 Ensimmäinen toimintakoe**

Ensimmäisen toimintakokeen tavoitteena oli varmistaa ilmanvaihtokoneen ja sen komponenttien oikea, vakaa ja toimintaselostuksen kaltainen toiminta erilaisissa kuormituksissa. Tarkastukset jakautuivat karkeasti kolmeen eri ryhmään, joiden suorittamista on esitetty seuraavissa kappaleissa.

Kokeen ensimmäisessä osassa konehuone ja ilmanvaihtokone tarkistettiin, jotta kaikki komponentit olivat niille kuuluvilla paikoilla, kytkennät oli tehty asianmukaisesti, merkinnät löytyivät vaadittavilta paikoilta ja koneella oli edellytykset toimia suunnitellun kaltaisesti. Osassa tarkastettiin myös VAKin näyttö ja grafiikoiden vastaavuus oikeaan koneeseen verrattuna.

Toiseen osioon sisältyi ilmanvaihdon anturien, pumppujen, LTO-kennon, puhaltimien, sulkupeltien ja pumpunsäätöventtiilien toiminnan tarkastus ja niiden vertaus VAKissa näkyviin arvoihin. Paine-eromittareiden mittaamia arvoja tarkasteltiin kytkemällä toinen anturiin menevistä letkuista irti ja seuraamalla arvon muuttumista paine-eromittarin näytössä ja näkykö muutos VAKin grafiikassa. Puhaltimista tarkistettiin, että ne pyörivät oikein päin ja ettei pyörimisnopeus vaihtelee koneen käydessä.

Kolmannessa osiossa luotiin poikkeavia skenaarioita ilmanvaihtokoneille ja seurattiin, miten ja missä järjestyksessä lämmitys- ja jäähdytysprosessien säätö toimii. Osion tarkoituksena oli selvittää, että järjestelmät ja laitteet toimivat suunnitellusti käyttö- ja poikkeustilanteissa. Luotuja skenaarioita olivat esimerkiksi jäätymissuojan laukaisusta (kuva 17) ja turvakytkimen käyttämisestä, tulo- ja poistupuolen sekä suodattimen paine-ero anturin irrottamisesta, tuloilman lämpötila-

anturin irrottamisesta, pumpun ja puhaltimien katkaisijan käyttämisestä ja LTO:n paine-ero anturin irrottamisesta aiheutuvat toimenpiteet ilmanvaihtokoneen toiminnassa ja VAKin grafiikoissa.



*KUVA 17 Lämmityspatterin jäätyssuoja-anturi*

Suoritetuista toimintakokeista täytettiin tarkastuslistoja, joista kävi ilmi järjestelmä- ja laitekohtaisesti, mitä laitteistosta on tarkistettu ja mitä puutteita niissä havaittiin. Suurta huomiota kiinnitettiin myös VAKin grafiikan esitystavan tarkistamiseen. Selkeällä grafiikalla voidaan saavuttaa helppokäyttöinen ja helposti luettava ilmanvaihtokoneen ohjauspaneeli, joka palvelee tulevia käyttäjiä tarkoituksenmukaisesti.

Suoritettujen toimintakokeiden ja niissä havaittujen puutteiden laadullisesti ja määrällisesti merkittävistä, joten toimintakoe ei voitu hyväksyä. Puutteita järjestelmän toiminnassa oli laajasti ja toistuvasti eri ilmanvaihtokoneiden välillä. Tällaisia puutteita olivat esimerkiksi seuraavat:

- VAKin grafiikassa oli virheitä ja hälytyksiä.
- Lämpötilasäädöt eivät toimineet suunnitellusti.
- LTO:n yli paine-eromittaus puuttui.
- Painesäätö ei toimi.
- Jäätyssuojan laukeaminen ei pysäytä IV-konetta.
- Painesäädöt ovat ristissä. Tuloilmakanavan paine säätelee poistoa ja päinvastoin.

Havaitut puutteet tulivat RAU-urakoitsijan korjattavaksi, ja uusi toimintakoe sovittiin pidettäväksi, kun RAU-järjestelmät on saatu suunnitelmien mukaiseen kuntoon.

LVI-urakoitsija suoritti kohteessa omat toimintatarkastuksensa. En kuitenkaan päässyt paikalle seuraamaan tarkastuksia, joten tässä opinnäytetyössä ei kerrota LVI-urakoitsijan IV-toimintatarkastuksista.

#### **4.6.2 Toiseen toimintakokeeseen valmistavat tarkastukset**

Ilmanvaihdon toista toimintakoetta valmistavaa tarkastusta suoritettiin kahtena kertana tarkistaen valvomon ja ilmanvaihtokoneiden toimintoja, ohjauksia, hälytyksiä sekä aikaisemmissa toimintatarkastuksissa havaittuja puutteita. Tarkoituksena oli ymmärtää laitteiston ja grafiikan toimintaa valvomosta käsin ennen varsinaisen toimintakokeen pitämistä. Tarkastuksissa käytettiin ensimmäisessä toimintakokeessa tehtyjä pöytäkirjoja, joita tarkasteltiin aikaisempien puutteiden läpikäymiseksi.

Valvomon automatiikan sekä ilmanvaihtokoneiden kaavioita tarkastettiin ja todettiin niissä olevan puutteita, eikä ne näin olleet hyväksyttävissä.

Ilmanvaihtokoneiden toiminnoista tarkistettiin, että koneet toimivat aikaohjelmalla ja että ne ohjautuvat ohjaavien antureiden mukaisesti. Ilmanvaihtokoneen ohjauksien todettiin olevan työn alla ja lisäksi ilmanvaihtokoneiden ohjauksen toimintaa tuli tarkistaa, kun tilojen käyttöaste tasaantuu koulun aloittaessa toimintansa.

VAKin grafiikassa huomiota herätti hälytysten suuri määrä. Suuri osa hälytyksistä johtui siitä, että kohteen rajahälytysten asetusarvot olivat toimintakokeen alkamassa vielä osittain asettamatta, sillä osatehot olivat vasta tulleet suunnittelijalta RAU-urakoitsijan tietoon. Näiden vaikuttaessa toteutuviin hälytysrajoihin olivat ne vielä asettamatta. RAU-urakoitsijan ja TATE-valvojan oman kokemuksen mukaan ne ovat rakennuskohtaisia ja vakiintuvatkin vasta käytön aikana. Niitä myös muutetaan takuuajana vielä useaan otteeseen. Hälytyksiä oli myös mm. lauenneista palopelleistä, LTO:n taajuusmuuttajasta sekä ristiriidoista käyntitilan ja toteutuvan toiminnan välillä.

Iso osa tarkastuksista pidettiin keskustelemalla urakoitsijan kanssa aiemmin havaituista virheistä, työn edistymisestä, järjestelmän toiminnoista ja ilmi tulleista ongelmista. Varsinaista järjestelmän toimintakoetta ei kuitenkaan päästy kummallakaan kerralla suorittamaan, vaan se siirrettiin keskeneräisten ohjauksien, IMS-laitteiden käyttäytymisen ja puutteellisen automaatiojärjestelmän vuoksi pidettäväksi myöhemmin. Urakoitsijan itselleluovutuksien voitiin todeta olevan kohteessa puutteelliset, sillä urakoitsijan pitäisi olla suorittanut itselleluovutukset ja omat toimintakokeensa ennen rakennuttajan toimintakokeen pitämistä.

Keskustelujen aikana tuli päivitys aiemmin IMS-laitteissa havaittuihin ongelmiin. IMS-laitteiden ongelmat olivat jatkuneet vaihdetuista säätimistä huolimatta. Edelleen osa säätimistä ohjasi itseään kiinni itsestään, vaikka säätöviesti pysyi ennallaan. Asiasta kirjattiin pöytäkirjaan seurausmerkintä ja ongelman selvittämistä jatkettiin.

#### **4.7 Vastaanoton jälkeen suoritettu MIV-järjestelmän toiminnan varmistus**

Esimerkkikohteen ilmanvaihtojärjestelmän IMS-laitteiden käyttäytymisen ja automaatiojärjestelmän puutteellisuuden vuoksi urakoitsijoiden työ kohteessa jatkui myös vastaanoton jälkeen. Järjestelmässä havaittua IMS-laitteiden itsestään kiinni menemistä ei ollut korjattu rakennuksen vastaanottoon mennessä. Toimimattoman järjestelmän syy ei paljastunut opinnäytetyön tekemisen aikana, eikä vastaanoton jälkeen suoritettua toimintakoetta näin ole tässä opinnäytetyössä käsitelty.

## 5 HAASTATTELUT

### 5.1 IMS-laitevalmistajat

IMS-valmistajien edustajia valittiin opinnäytetyöhön kahdesta isosta laitevalmistajasta. Nämä olivat FläktGroup Finland Oy ja Swegon Oy. Yksi haastatelluista oli ollut 7 vuotta yrityksessä. Hän kertoi olleensa alusta asti laadun kanssa tekemisissä puhaltimien ja kanavapuolen tuotekehityksessä, mukaan lukien IMS-laitteiden kehitys. Toinen haastateltava oli mukana yrityksen markkinoinnissa, järjestelmämyynnissä ja suunnittelun ohjauksessa.

#### 5.1.1 Kokemukset eri käyttöympäristöistä

Haastateltavien mukaan IMS-laitteiden käyttö ja tunnettavuus on lisääntynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana sekä Suomessa että ulkomailla (14; 15). Ilman haasteita ja ongelmia kehitys ei kuitenkaan ole tapahtunut ja käyttöönotollisia haasteita on ollut. Tämän koettiin johtuvan siitä, että kaikilla ei välttämättä ole ollut tietoa tai koulutusta, miten MIV-järjestelmä otetaan vastaan ja ylläpidetään niin, että siitä saa parhaat hyödyt. (14.)

Laitteiden käyttö nähtiin olevan suurta etenkin kohteissa, joissa käyttäjämäärä ja tilojen käyttö vaihtelee suuresti. Tämänkaltaisissa kohteissa tuotu parannus energiantehokkuudessa ja sitä mukaan energiakustannuksissa ajaa valitsemaan kyseisen kaltaista järjestelmää. Tämän kaltaisiksi kohteiksi luetellaan esimerkiksi päiväkodit, koulut, kasarmitilat, sairaalat, asuinkohteet, hotellit ja toimistotilat. (14; 15.) Toimistotilojen kohdalla täytyy kuitenkin huomioida, minkälainen toimistotila on kyseessä. Avokonttoriin, jossa suuri määrä työntekijöitä on tietyn ja tarkan ajan päivästä töissä, ei MIV-järjestelmää välttämättä nähdä sopivana vaihtoehtona. Toimistotilat, joissa työntekijöillä on käytössä liukuva työaika, etätyöpäivät ja epäsäännölliset työajat, voivat puolestaan olla kannattavia toteuttaa MIV-järjestelmää hyödyntäen. (15.) Teollisuusympäristöä haastatellut pitävät erityiskohteenä, joihin ei juurikaan toimiteta IMS-laitteita (14; 15).

### **5.1.2 Laitteiden testaus ja käyttö**

Laitteita testataan laboratorio-olosuhteissa tuotekehityksen yhteydessä, jotta laite olisi valmis markkinoille tullessaan. Komponenttien hankinnassa pyritään pitämään samat alihankkijat, jotta varmistutaan tasaisen laadun pysymisestä. Tuotannon alkaessa myös testataan linjastolta valmistuvia tuotteita. (15.) Testauksen eräkoko voidaan pienentää, kun testeistä saadaan tietoa. Kaiken näyttäessä hyvältä voidaan testauksen frekvenssiä harventaa. (14.) Sarjatuotannossa viallisten tuotteiden paljastuessa, osataan ne rajata tietyllä aikavälillä. Tehokas, toistuva ja laadukas prosessin lopputulos on valmistajan oman edun mukaista ja estää alalle tyypillistä valmistajan muidenkin tuotteiden käyttämättä jättämistä. (15.)

IMS-laitteilla kerrottiin olevan mahdollista säätää ilmavirtaa n. 10 l/s aina 2–3 m<sup>3</sup>/s asti. Säätimen koon valinnassa tulisi ottaa huomioon tilan ilmamäärän tarpeen lisäksi myös tilan käyttötarkoitus. Valittu koko voi poiketa kanavakoosta esimerkiksi äänitasovaatimusten vuoksi. (14.) Säätimen toimiessa maksimi-ilmavirralla ongelmaksi tuleekin äänitasot, minimi-ilmavirralla puolestaan mittaustarkkuus (15).

Huoneilman laadulle haastateltavat eivät keksineet rajoituksia nykyaikaisilla IMS-laitteilla. Uusien paine-eromenetelmällä toimivien laitteiden mittalaippojen mittaustarkkuus palautuu puhdistettaessa ennalleen ja uusissa ultraäänilaitteissa likaantumisen ei ole havaittu vaikuttavan mittaustulokseen. Vanhoissa paineeroon perustuvissa laitteissa mittalaippaan kertyvä pöly ja lika aiheutti haasteita. Laitteiden puhdistus olikin näissä tärkeää. (14; 15.) Erikoisemmissa kohteissa, kuten uimahalleissa, rajoitukseksi voi tulla kuitenkin esimerkiksi ilman klooripitoisuus, jota peruslaite ei välttämättä kestä. Laitteiden soveltuvuus erikoiskohteisiin tuleekin aina miettiä tapauskohtaisesti. (15.)

### **5.1.3 Nykytilanteen haasteet ja riskit**

Järjestelmän kyseenalaisen maineen ei koettu johtuvan yhdestä tekijästä. Järjestelmää tulisikin tarkastella kokonaisuutena, jonka toiminta tai toimimattomuus aiheutuu koko järjestelmän yhteistoiminnasta. Yhteistoiminnan viisi avainkohtaa ovat suunnittelu, asentaminen, laitteet, käyttöönotto ja ylläpito. (15.)

Hyvällä suunnittelulla voidaan sekä helpottaa asentajan työtä että varmistaa laitteiston oikea toiminta. Epärealistisilla ja huonoilla suunnitelmissa ei ole edellytyksiä luoda toimivaa järjestelmää. Toimivan järjestelmän suunnitelmat voivat joskus näyttää omituisilta, kun vaatimusten ja laitteiden suojaetäisyyksien vuoksi on jouduttu tekemään ylimääräisiä mutkia. (15.)

MIV-järjestelmän asennuksessa on mukana IV-, RAU- sekä sähköurakoitsija. IV-urakassa laitteita voidaan asentaa väärällä tavalla esimerkiksi jättämällä noudattamatta suojaetäisyyksiä tai säästämällä materiaalissa. (15.) Myös ahtaat tilat voivat aiheuttaa suojaetäisyyksien toteutumatta jäämisiä. Vanhoissa laitteissa puuttuvat suojaetäisyydet ovat voineet aiheuttaa mittausvirheitä ja näin ali- tai ylipainetta tilaan. Uusissa laitteissa on mahdollista asettaa kalibrointiarvo, joka kompensoi häiriölähteen vaikutuksen, jotta päästään luvattuun tarkkuuteen. Rakennuskohteessa ei myöskään ole välttämättä suoritettu kovin suurta tarkastusta laitteelle ennen asennusta, mikäli laite on ollut päällisin puolin ehjän näköinen. Vanhassa laitteessa mittarengas oli saattanut kuljetuksen tai asennuksen yhteydessä vaurioitua ja aiheuttaa mittauspoikkeamaa. (14.)

RAU-urakassa riskin luo antureiden ja kytkentöjen suuri määrä. Pelkästään yhdessä huoneessa voi olla useita mittaavia antureita. Tämän myötä on jo tilastollisesti todennäköistä, että jotkin kytkennät menevät jossain kohti väärin päin ja näin tilan ilmapirtaa säädetään jonkin toisen tilan mittaustuloksen perusteella. (15.)

Sähköurakassa riskin aiheuttavat virransyöttöongelmat. Asennuksissa käytetään paljon heikkovirtaa, eivätkä ne kestä pitkiä kaapelointeja. Pitkät kaapeloinnit aiheuttavat jännitehäviöitä eivätkä laitteet toimi suunnitellusti. (15.)

Vanhojen IMS-laitteiden heikkoudeksi haastatteluissa nousi likaantumisen aiheuttamat ongelmat. Laitteen likaantuessa mittaustarkkuus heikkenee ja tilaan voi syntyä yli- tai alipainetta. (14; 15.) Vanhoissa laitteissa mittaustarkkuus ei välttämättä ole palautunut ennalleen puhdistamisen jälkeenkään ja on saattanut näin aiheuttaa epätasapainoa tilassa, vaikka VAKissa arvot ovat näyttäneet oikeilta. (15.) IMS-laitteen tarkkuus voi puhtaankin vaikuttaa toteutuviin painesuhteisiin tilassa (14).

Järjestelmän käyttöönotossa tulisi ottaa kokonaisuus huomioon. RAU-, IU- ja sähköurakka tulisikin nitaa yhteen yhdeksi toimivaksi järjestelmäksi. Monella tunnetaan olevan ajatus, että IMS-laite on kuin taikalaatikko, joka tekee kaiken. Todellisuudessa perinteinen IMS-laite on yksinkertainen laite, joka osaa mitata ilmavirtaa ja pyynnöstä säätää pellin asentoa sopivasti. Toimiakseen laite vaatiikin ympärilleen toimivan tekniikan, sillä se ei osaa korjata itsestään mitään eikä se tee mitään päätöksiä. (15.)

Järjestelmän ylläpito oli haastateltavan mielestä puutteellista tai sitä ei ollut ollenkaan. Hyvin tehty järjestelmä ei tarvitse suurta ylläpitoa. Pientä viritystä ja arvojen muuttamista järjestelmä vaatii, mutta usein tämä jää suorittamatta. Mahdollisiin ongelmakohtiin ei myöskään välttämättä puututa, koska ei ymmärretä järjestelmän kokonaisuuden toimintaa. Laitteisto tulisi puhdistaa säännöllisesti, mutta monesti se jätetään tekemättä. Usein on havaittu myös tilanteita, joissa IMS-laitetta ei ole mahdollista päästä puhdistamaan laitteen fyysisen sijainnin vuoksi. (15.)

Koko järjestelmän toimintaa voikin haastateltavan mukaan verrata korttitaloon. Jos yksi viidestä avainkohdasta on puutteellinen, koko järjestelmä romahtaa. Uusilla IMS-laitteilla on tuotu varmuutta laitteen toimintaan, mutta se ei riitä, jos jokin muu ei toimi. Uusilla IMS-laitteilla on voitu pääosin sulkea mahdollisuus huonoon laitteeseen valmistajasta riippumatta. Myös suunnittelun tasoa pidetään kohtuullisen hyvänä. Urakoinnissa, käyttöönotossa ja ylläpidossa olisi kuitenkin vielä kehitettävää. (15.)

Kohteissa, joissa MIV-järjestelmän toimintaa on tutkittu, on havaittu, että ilmavirrat eivät ole saman verran kuin ne pitäisi olla. Vika voi johtua esimerkiksi ohjelmointivirheestä, mittauksesta väärästä huoneesta tai kytkennän virheestä. Vikojen syy on usein inhimillinen virhe. Virheitä pitäisi pyrkiä välttämään esimerkiksi käyttämällä enemmän aikaa järjestelmän testaamiseen. Tämä kuitenkin maksaa. Monessa muussa prosessissa ratkaisuja tehdään muiden kuin hankintahinnan mukaan. Rakentamisessa on silti voimakkaasti valloilla valinta hankintahinnan mukaan ja se johtaa kuvattuihin virheisiin. (15.)

Kun lähdetään korjaamaan järjestelmässä havaittua ongelmaa, on usein tilanne, jossa yksi urakoitsija tulee kerrallaan katsomaan, miten järjestelmä toimii. Pitäisi kuitenkin muistaa, ettei kukaan ole yksin syypää ongelmaan vaan kokonaisuuden hallinta ja vastuu pitäisi kantaa yhdessä urakoitsijoiden kesken. (15.)

Haastateltavan mukaan järjestelmän vastaanottomenettelyssä kaikkien osa-alueiden toiminta pitäisi todentaa, mutta yleensä vastaanotossa ei kuitenkaan ole tarpeeksi aikaa. Kun tilaaja päättää liian tiukasta aikataulusta vastaanottomenettelylle, on se päätös toimimattomasta MIV-järjestelmästä. Esimerkiksi kouluissa aikataulupaineena voi kuitenkin olla syksyllä alkava opiskelu. Voidaankin miettiä, pitäisikö vastaanottomenettelyä varten varata nykyistä enemmän aikaa ja resursseja. Myös muissa työvaiheissa kiirehtiminen nähdään ongelmalliseksi. Esimerkiksi hyvällä suunnittelulla pystyttäisiin säästämään kuluissa ja nopeuttamaan rakentamista, mutta siitä huolimatta tingitään suunnitteluajasta ja hinnasta. (15.)

Itse IMS-laitteiden ongelmien haastateltavat näkevät johtuneen pääasiassa likaantumisen ja sen aiheuttamasta voimakkaasta mittaustarkkuuden laskusta. Tähän voi laskea myös asennuksessa tehdyt virheet, mikäli ne ovat estäneet laitteen helpon puhdistamisen. (14; 15.) Kohteissa on myös tullut vastaan asennuksen tai puhdistuksen aikana irronneita mittaletkuja (14). Uusissa langattomalla tiedonsiirrolla varustetuissa laitteissa on tullut vastaan yksittäisiä laitteita, joissa tiedonsiirto ei ole toiminut. Valmiiksi rikki olevia laitteita on kuitenkin ollut aina. (15.) MIV-järjestelmän toimintaan vaikuttavat myös likaiset suodattimet. Likaisen suodattimen takia MIV-järjestelmä ei välttämättä saavuta enää haluttua ilmavirtaa. (14.)

Urakan viivästyttämisessä käytetyn sakkomenettelyn haastateltava näkee ongelmallisena asiana. Sakkomenettely voi houkuttaa tekemään nopeasti ja näin vaikuttaa työn laatuun. On myös tullut ilmi tilanteita, joissa sakko koetaan niin pieneksi, että on kannattavaa jättää tahallaan asioita tekemättä ja ottaa riski, että kaikkea ei huomattaisi. Toisaalta pienelle toimijalle sakko voi tarkoittaa pahimmillaan konkurssia. (15.)

#### 5.1.4 Ratkaisut

Laitteiston mittaus- ja säätötyön aikana tärkeää on, että asetetaan laitteisiin ne arvot, mitä niihin on suunniteltu, ja tarkistetaan, että ne ovat oikein. Mittaustyön aikana laitteen mittaustarkkuus tulisi testata. Merkittäväksi nousevat myös automaation ohjauksien ja Modbus-väylien oikeat osoitteet ja yhteydet jokaiselle laitteelle. Näillä varmistetaan, että oikeat tilat ovat oikeiden laitteiden takana ja välittyvät tarkoituksenmukaisesti valvovalle taholle. (14.)

Pääosaa laitteiston testauksista haastateltava piti turhana, ennen kuin kaikki osat alueet ovat valmiita. Kun järjestelmä on kokonaisuudessaan valmis, pitäisi teoriatasolla jokaiseen tilaan tuoda koekuorma, jolla testattaisiin, onko säätävän suureen muutoksella vaikutusta järjestelmän toimintaan. Tämä tulisi todentaa konkreettisin havainnoin tilassa esimerkiksi merkkisavun avulla samalla kun seurataan VAKsta järjestelmän arvoja. Tämän kaltaiseen testaukseen ei kuitenkaan varata resursseja ja voidaan palata vastaanottoon varatun ajan riittävyteen. (15.)

Sakottamista pitäisi haastateltavan mielestä miettiä aina tapauskohtaisesti. Yhtenä vaihtoehtona sakottamiselle voisi pitää esimerkiksi takuuajan jälkeen maksettavaa bonusta tai urakkahinnan osaa, jonka saaminen vaatisi järjestelmän toiminnan todentamista puolen vuoden, vuoden ja kahden vuoden kohdalla. Vastaava toimintamalli on kuitenkin vaikea toteuttaa, koska järjestelmän toimivuuteen vaikuttavat useat eri urakoitsijat ja toimintamalli aiheuttaisi toisten syyttelyä virheistä. Perinteistä vastakkainasettelu-urakointimallia pitäisikin pyrkiä muokkaamaan johonkin yhteistyömalliin perustuvaan urakointiin. Hyvällä yhteishengellä ja yhdessä tekemällä on mahdollista saavuttaa synergiaa ja sitä kautta parantaa työn tuloksen laatua. Yhdessä tekemällä voidaan luoda ilmapiiri, jossa autetaan toisia saavuttamaan yhteiset tavoitteet ja mahdolliset bonukset (15.)

Haastateltavan mielestä tilaajan tulisi miettiä, kannattaako halvimpia yksittäisiä tekijöitä lähteä hakemaan. Luotettavien tekijöiden löytyttyä hinnalla ei ole niin suuri merkitys, kun tiedetään, että lopputulos on hyvä. Tilaajan pitäisi löytää laillinen keino tehdä pisteytyksen ja hyvän määrittelyn kautta valinnat hyvistä urakoitsijoista. (15.)

Toimiessaan MIV-järjestelmä ei tarvitse isoa ylläpitoa. Puhdistukset tulisi suorittaa ajallaan ja laiterikkojen kohdalla laite pitäisi vaihtaa. Joka tapauksessa järjestelmää täytyisi seurata. Seuraamalla olosuhteita, käyttäjäpalautetta ja järjestelmän reagointia muutoksiin saadaan tietoa, pitääkö järjestelmän reagointinopeuteen, lämpötilasäätöön tai asetusarvoihin tehdä muutoksia. Huoltomiehen pitäisi pystyä tekemään tällaiset muutokset, koska hän tuntee järjestelmän ja on rakennuksessa työskentelevien ihmisten kanssa tekemissä. Huoltomies ei kuitenkaan aina ymmärrä järjestelmän toimintaa kokonaisuudessaan. Huoltomiehen pitäisi olla insinöörin ja asentajan yhdistelmä, jolla on hyvät sosiaaliset taidot. Lisäksi tällainen tekeminen vaatisi kunnollista perehdytystä järjestelmän toimintaan. Myös työntekijän motivointia rahallisilla palkkioilla voisi miettiä. Jos huoltomies on saanut pidettyä käyttäjät tyytyväisinä ja reagoinut muutospyyntöihin ja energiankulutus kohteessa on maltillinen, voisi hän saada jouluna bonuksen saadun pistemäärän perusteella. Kyseessä on pieni raha siitä, että kohteen käyttäjät ovat tyytyväisiä ja energiasäästöjä on saavutettu. (15.)

## **5.2 TATE-valvojat**

Opinnäytetyötä varten haastateltiin kahta Espoon kaupungin TATE-valvojaa. Haastateltavat valittiin heidän rakennustyön aikaisten rooliensa vuoksi. Molemmilla haastateltavalla oli kokemusta myös urakoitsijan puolelta.

### **5.2.1 Vastaanottomenettely**

Valvojan mielestä rakennustyön tavoitteena on koko ajan rakennuksen vastaanotto (16). Rakennusurakan aikana valvoja puuttuu epäkohtiin, käy laskutusta läpi maksuerätaulukon mukaisesti, osallistuu laadunvalvontaan, seuraa työn valmistumista, suorittaa työmaakerroksia sekä osallistuu työmaa- ja urakoitsijapalaveriin tarvittaessa. Valvoja voi toimia myös yhdyshenkilönä suunnittelijan ja urakoitsijan välillä, mikäli rakennuskohteessa tehdään esimerkiksi muutoksia käytettyihin materiaaleihin. Valvoja ei kuitenkaan toimi työnjohtajana vaan valvoo ja seuraa työn valmistumista. (17.)

Kun rakennustyö on siinä vaiheessa, että asennukset ja ohjaukset on saatu tehtyä, voidaan siirtyä toimintatarkastusten ja -kokeiden tekemiseen (16). Vastaanottomenettely on tärkeää etenkin siinä vaiheessa, kun ilmanvaihtojärjestelmä alkaa olla valmis (17).

Kaksiosaisen toimintakokeen ensimmäisessä osassa tarkastetaan ilmanvaihtokoneen turvatoimintoja. Ensisijaisesti toimintatarkastusten suorituksesta vastaavat urakoitsijat, jotka tekevät töistään itselle luovutuksen. Valvojat haluavat näistä tarkastuksista dokumentit, joista käy ilmi mittaustulokset ja pisteluetteloin, mitä järjestelmästä on testattu. Tilaajan valvojalle riittää pistokokeina suoritettut tarkastukset. Testatun järjestelmän urakoitsija esittelee valvojalle. Hyväksytyt toimintatarkastuksen jälkeen koneet voidaan jättää päälle ja ilmamäärämittaukset voivat alkaa. Vasta tämän jälkeen RAU-urakoitsija yleensä pääsee asentamaan antureita tiloihin, sillä ne voidaan asentaa vastaa valmiisiin pintoihin. (16.)

Toisella valvojalla oli ollut tapana ottaa toimintakokeeseen mukaan myös järjestelmän suunnittelija. Järjestelmän toimintoja oli käyty läpi säätölaitekaavioiden mukaan toiminto kerrallaan ja merkattu pisteluetteloihin, toimivatko ne vai ei. (17.)

Toimintakokeen toinen osa suoritetaan, kun tilojen asennustyöt ovat valmiit ja urakoitsija on tehnyt omat toiminnantarkastuksensa. MIV-järjestelmää voidaan testata kahdella eri tavalla. Ensimmäisessä tavassa muutetaan valvomon grafiikalta asetusarvoja, jotta syntyy tehostusporras. Järjestelmän ilmoittamaa palautustietoa tarkastelemalla nähdään, avaaako järjestelmä huonetilan säätöpeltiä. Yhden tilan säätöpellin aukeamisella ei kuitenkaan ole haastatellun mukaan juuri vaikutusta puhallinnopeuteen. Toisessa tavassa lähdetään tiloihin tarkastelemaan toteutuvia ilmavirtoja. Luomalla tilaan kuormaa saadaan anturin mittaamaa suuretta nousemaan niin ylös, että nähdään, tapahtuuko tilassa muutosta ilmavirtaan. Havainnot vahvistetaan tietokoneelta, joka on etäyhteydessä valvomoon. Tämänkaltaisia pistokokeita suoritetaan vähintään jokaisen ilmanvaihtokoneen palvelualueelle. (16.)

## 5.2.2 Nykytilanne ja sen ongelmat

Toimiva MIV-järjestelmä vaatii onnistuneiden asennus- ja säätötöiden lisäksi myös onnistuneen suunnittelutyön. Valvojan mielestä ei ole olemassa sellaista kohdetta, jota ei pystyisi suunnittelemaan. Virheiden suunnittelutyössä hän arvelee johtuvan siitä, että suuren työmäärän alla suunnittelu ei välttämättä ole niin tarkkaa. (17.)

Nykyisin suoritettavissa toimintakokeissa valvoja näki ongelmaksi sen, että rakennus ei ole toimintakokeen aikana siinä käytössä, kuin se on todellisessa kuorimitustilanteessa. Testaukset eivät silloin vastaa rakennuksen todellista ympäri- vuorokautista käyttöä. Rakennuksen ollessa tyhjä ei voida varmistua siitä, miten järjestelmä reagoi, kun rakennuksessa on ihmiskuormaa ja järjestelmä joutuu ohjaamaan ilmavirtoja. IMS-laitteet haastateltu koki tuotteina epävarmoiksi. (16.) Toinen valvoja näki nykymenettelyllä olevan mahdollista saada hyväkin lopputulos. Sitä pitää kuitenkin osata joissain tilanteissa vaatia, sillä on olemassa erilaisia urakoitsijaliikkeitä. Jotkut toimivat hyvinkin itsenäisesti, mutta osaa voi joutua vahtimaan. (17.)

Haastateltava ei tiennyt mainita varsinaisia suoria ohjeita MIV-järjestelmien vastaanottoon, vaan kertoi RT-korteista löytyvän saatavissa oleva tuki ja detaljitieto. LVI-puoli on jäänyt viime aikoina huonolle huomiolle kehitystyössä, ja aiheen tutkinta on jäänyt lähinnä opinnäytetöihin. Taustalla kuitenkin tapahtuu koko ajan, sillä TateRYL on uudistumassa. (16; 18.)

Virheitä ei haastateltavien mukaan yleensä tule itse toimintakokeissa tai tarkastuksissa. Isojen kytkentämäärien vuoksi suurien kohteiden asennuksissa inhimillisiä virheitä kuitenkin tapahtuu. (16; 17.) Virhe ei vaadi kuin kaksi johdinta, jotka on kytketty väärinpäin tai jätetty kytkemättä kokonaan. Virhe voi grafiikalla näyttää oikealta, mutta esimerkiksi peltitoimilaitteen yhteydessä toimilaite ajaa itseään väärinpäin. Virhe on vaikea havaita, sillä laitteet ovat piilossa alakatossa, ja usein virhe huomataankin vasta käyttäjältä saadun palautteen perusteella. Ihmisen kädenjälkeä on rakennuksessa niin paljon, että virheitä tapahtuu. (16.) Kohteessa voi olla myös esimerkiksi ulkomaalainen säätömies, jonka ajattelutapa voi lähtökohtaisesti olla erilainen. Jokainen projekti on kuitenkin yksilö, jossa ihmiset,

sopimukset ja muuttajat ovat erilaisia. (17.) Varsinainen toimintakoe alkaa valvojan mielestä vasta, kun kohde on käytössä, eikä vastaanottovaiheessa suorite-  
tuissa toimintakokeissa, joissa kaikki viat eivät tule ilmi (16).

Toimintakokeiden aikataulun valvojat näkevät haasteellisena. Aikataulut ovat tiukkoja, ja kun toimintakokeille on urakkaohjelmassa varattu aikaa neljä viikkoa, on se viivästyneiden töiden takia todellisuudessa ehkä kaksi viikkoa. (16; 17.) Koulujen tapauksessa koulun alkamispäivä ei kuitenkaan muutu, vaikka työt viivästyvät. Tämä aiheuttaa tilanteita, joissa töitä tehdään kiireellä ja jotain voi jäädä tekemättä tai testaamatta riittävällä laajuudella. (16.) Valvojan mukaan koulukoh-  
teissa keskeneräiset työt jäävät puutelistaan, ja kohde otetaan vastaan aikatau-  
lun puitteissa. Viimeinen maksuerä maksetaan vasta sitten, kun puutteet on kor-  
jattu. Viivästyminen voi joissain tapauksissa riippua tilaajastakin, jolloin joudutaan  
antamaan lisääaikaa. Myös yllätyksellisiä asioita voi rakennustyön aikana tulla  
vastaan, ja tällöin tilaajalla kannattaa valita järkevä linja. (17.)

Rakennuksen vastaanottopäivää oli valvojen mukaan periaatteessa mahdollista  
lykätä, mutta siihen liittyi ristiriitoja (16; 17). Rakennusvalvonnan käyttöönotolu-  
valle riittää, että rakennus on turvallinen. Tähän riittää, että ilmavirrat on mitattu,  
toimintakokeita on pidetty riittävässä määrin ja LVI-lopputarkastus hyväksytty.  
Varsinainen rakennusvalvonnan lopputarkastus suoritetaan tämän jälkeen, ja  
käyttöönottoluvan saa, mikäli kohde on turvallinen. Käyttöönottoluvan jälkeen  
urakoitsija yleensä esittää heti vastaanottoa, vaikka työt olisivat vielä kesken ja  
ehdottaa puuttuvien työsuoritusten hoitamista puutteina ja virheinä vastaanoton  
jälkeen. Ei olekaan yksiselitteistä, missä määrin vastaanottoa voidaan lykätä.  
Turvallisuuteen liittyvät toimintakokeet pitää kuitenkin ehdottomasti olla hyväk-  
sytty. (16.)

Valvoja pitää kohteen jälkiseurantaa puutteellisena mutta tärkeänä. Rakennus  
jää nykymentelyssä usein ilman asianmukaista huoltoa ja ylläpitoa, kun vas-  
taanotto on suoritettu. Kohdetta vastaanotettaessa koulutetaan huoltohenkilö-  
kuntaa ylläpitämään rakennusta ja sen järjestelmiä. Voidaan kuitenkin miettiä,  
riittääkö muutaman tunnin koulutus perehtymiseen, kun koulutettavat eivät vielä  
osaa liikkua rakennuksessa eivätkä tiedä, mitä teknisiä laitteita siellä on. (16.)  
Toinen valvoja kertoi myös tilanteesta, jossa sovittuun perehdytykseen ei ollut

saapunut ketään (17). Valvojien mielestä perehtyminen niin lyhyessä ajassa ei ole mahdollista, eikä perehdytettävien henkilöiden osaaminen välttämättä riitä säätämään järjestelmää (16; 17).

Ilmanvaihdon ja sen komponenttien likaantuminen on ollut ongelma jo vakioilma-  
virtajärjestelmien aikana. Valvoja mainitsee esimerkissään päiväkotikohteen, jossa poistopuolen päätelaitteen reikäpelti oli tukkeutunut toisen vuoden takuu-  
tarkastukseen mennessä niin pahasti, että käyttäjät valittivat, ettei ovi toimi kun-  
nolla. On siis mahdollista, että painesuhteet menevät epätasapainoon hyvinkin  
lyhyessä ajassa, vaikka minkäänlaista muuttuvaa ilmanvaihtoa ei ole käytössä.  
Rakennuskohteen ylläpitoa valvoja pitääkin vähintään yhtä tärkeänä kuin raken-  
tamisvaihetta. Se kestää kauemmin kuin rakentamisvaihe ja vaikuttaa suoraan  
toteutuviin olosuhteisiin rakennuksessa. (16.)

Myös toisella valvojalla oli kokemuksia toimilaitteiden likaantumisesta käyttöön-  
oton jälkeen. Esimerkkikohteessa IMS-laitteiden mittayhde oli likaantunut, aiheut-  
taen järjestelmän reagoimattomuuden muutoksiin tilassa. Kohteen ilmanvaihto-  
järjestelmä muutettiin myöhemmin vakiosäätiseksi. (17.)

### **5.2.3 Ratkaisut**

Valvojan toiminnan kehitys tapahtuu haastateltavan mukaan rakennuttamisasia-  
kirjojen kehittämisen kautta. Rakentamisprosessi ja toimenpiteet pitää olla selke-  
ästi kuvattu asiakirjoissa. Urakoitsija ei tee ilman lisämaksua muuta, kuin mitä on  
asiakirjoissa kuvattu. Urakoitsijan työsuoritus pitää olla asiakirjoissa selkeästi ku-  
vattu. Käytetyt termit tulee selittää, ja kaikille asioille pitää löytää vastuuhenkilöt.  
(16.) Valvojan tehtävänä ei ole tarkistaa urakoitsijan työtä, vaan valvoa ja seurata  
työn valmistumista. (16; 17).

Valvojien mukaan urakoitsija pystyy varmistamaan MIV-järjestelmän toimivuutta  
hyvän työnjohdon avulla (16; 17). Hyvällä työnjohdolla varmistetaan, että työn  
laatu pysyy ja kokonaisuuden hallinta säilyy (17). Toinen valvojista ehdotti, että  
kentälle jalkautuisi talotekniikkapäällikkö, jolla on hyvä kokemus vastaanotosta.  
Talotekniikkapäällikön tehtävänä on johtaa luovutusvaiheen toimenpiteet ja tes-  
taukset sekä ottaa vastuu kokonaisuuden toiminnasta. Näin vältetään tilanne,  
jossa urakoitsijoiden eri edustajat, jotka kaikki ajavat omaa aikatauluaan, tekevät

työt ja lähtevät pois työmaalta. Tämä johtaa siihen, että ei tiedetä, onko kokonaisuus toimiva. Loppuvaihe on tärkein vaihe, ja sen pitää olla hyvin johdettua, että kokonaisuus pysyy kasassa. (16.)

Valvojen näkemykset MIV-järjestelmän testauksen riittävydestä poikkeavat toisistaan. Ensimmäisen valvojan mielestä järjestelmän testaus ei välttämättä ole riittävää ja siinä olisi kehitettävää. Teoriatasolla tilaan pitäisi tuoda koekuorma, joka vastaa rakennuksen ympärivuorokautista käyttöä. Koska tämä ei ole mahdollista, tulisi rakennusta seurata, kun käyttö alkaa. Seurantajakson aikana voidaan nopeammin reagoida tarvittaviin muutoksiin verrattuna tämän hetkisiin vuoden ja kahden vuoden takuutarkastuksiin. (16.) Toisen valvojan mielestä suunnitelmien mukaisten mitoitusilmavirtojen tarkistus kahteen kertaan sekä yhdessä automaatiourakoitsijan kanssa suoritettu automatiikan toiminnan testaus konekohtaisesti on riittävä toimenpide varmistamaan MIV-järjestelmän toiminta. (17.)

Rakennuksen ylläpitoa valvoja kehittäisi jälkiseurantaa lisäämällä ja toimilaitteiden puhdistusväliä lyhentämällä. Pääte- ja toimilaitteiden tiheämpi puhdistus auttaa pitämään laitteet toimintakunnossa ja estämään tukkeutumista. Kanavien puhdistusväliä ei kuitenkaan tarvitse välttämättä muuttaa. Uusissa ultraäänimitaukseen perustuvissa IMS-laitteissa ongelmaa ei ilmeisesti pitäisi olla ja normaalin kanaviston yhteydessä tapahtuva nuohous riittäisi. Tuotteet ovat kuitenkin kehitystyön alla, eikä se varmasti ole vielä päättynyt. (16.)

On myös puhuttu siitä, että urakoitsijan velvollisuudet jatkuisivat vielä vastaanoton jälkeenkin. Elinkaarikohteissa rakentamistavan on todettu olevan erilainen, kun urakoitsijat tietävät ylläpitävänsä rakennusta valmistumisen jälkeen. Rakennus ei myöskään jää ilman asianmukaista ylläpitoa, kun se valmistuu. (16.)

Haastateltavan mielestä rakennus on mahdollista suunnitella myös siten, että muuttuvaa ilmavirtaa ei tarvita. Vyöhykkeittäin säädettävässä järjestelmässä saman käyttötarkoituksen tilat sijoitetaan joko päällekkäin tai samaan kerrokseen yhden ilmanvaihtokoneen palvelualueelle. Esimerkiksi koulussa jokaiseen luokkaan sijoitetaan CO<sub>2</sub>- ja lämpötila-anturi. Koska tilojen käyttöaste on liki sama, voidaan koko palvelualueen ilmavirtaa säätää huonoimman mittaustuloksen pe-

rusteella. Jäljelle jäävät tilat voidaan hoitaa erillisillä ilmanvaihtokoneilla. Jakaamalla rakennus käyttötarkoituksen mukaisesti voidaan ilmavirtaa säätää suoraan ilmanvaihtokoneella, eikä suurta määrää säätimiä tarvita. Valvojan mielestä yksittäisten tilojen ilmavirtaa säätämällä tavoitellaan liian hyviä olosuhteita. Isossa kohteessa säätimet tuovat myös satoja huoltokohteita. (16.)

### **5.3 Talotekniikkapäällikkö**

Espoon kaupungin talotekniikkapäällikkö valikoitui haastatteluihin mukaan, koska hän on toiminut apuna joidenkin kohteiden vastaanottovaiheessa varmistamassa automaatiojärjestelmien toimintaa. Aikaisemmin hän on toiminut urakointipuolella RAU-asiantuntijana ja Espoon kaupungilla rakennuttajan roolissa. Nykyisin työkuva painottuu enemmän kehittämistehtäviin.

#### **5.3.1 Nykytilanne ja sen ongelmat**

Haastateltava kokee, ettei MIV-järjestelmien tarkoituksenmukaista toimivuutta ole pystytty varmistamaan riittävällä tasolla. Järjestelmään liittyy paljon erilaisia riskejä, joita ei kaikilta osin osata ottaa huomioon. Ongelmaksi on muodostunut kokonaisuuden sekavuus ja sen hallinta, sillä MIV-järjestelmän laitteiden toiminta on riippuvainen monista eri osa-alueista. Kun vastaanottovaiheessa aikataulu on kiireinen ja urakoitsijat tekevät yhteistyötä omien aikataulujensa puitteissa, jää varmistamatta, että kaikki palaset löytyvät omille paikoilleensa. Kun suunnitelmallinen vastaanotto puuttuu, lisää se riskejä ja asiat voivat tapahtua hallitsemattomasti. (19.)

Luovutettaessa rakennuksen pitäisi olla valmis, mutta käytännössä rakennus kuitenkin vastaanotetaan puutteineen. Vastaanottohetkellä olevat puutteet pitäisikin kirjata tarkasti, jotta tiedetään, kenen vastuulla puutteiden korjaaminen on. Mikäli mitään dokumenttia ei ole tehty, voivat puutteet tulla myöhemmin ilmi takuuajana. Dokumentin puuttuessa tilaajan pitää kuitenkin pystyä osoittamaan, että virheitä tai puutteita on tapahtunut, jotta urakoitsija on velvollinen korjaamaan puutteet. MIV-järjestelmän ongelmien ja puutteiden havainnointi ei ole kuitenkaan helppoa käyttöönottoon liittyvien riskien vuoksi. Kiinteistöhoitaja ei välttämättä olekaan oikea henkilö seuraamaan järjestelmän toimivuutta takuuajana, sillä kaikilla asiantuntijoillakaan ei ole tietotaitoa järjestelmästä. (19.)

MIV-järjestelmissä ei ole haastateltavan mukaan ollut käytössä vastaanotto-ohjetta, joka olisi nimenomaan kyseistä järjestelmää varten. Järjestelmään sovelletaan normaalin IV-järjestelmän vastaanottomenettelyä. Vastaanottoon vaikuttaa kuitenkin valvojien suhtautumisen lisäksi heidän ammatillinen osaaminen nimenomaan MIV-järjestelmiin liittyen. (19.)

IMS-laitteita haastateltava pitää herkkinä ja monimutkaisina laitteina, joihin sisältyy moninaisia riskejä. Tyypillisimpänä ongelmana mainitaan epäpuhtauksien kertyminen poistopuolen säätimiin. Tämä voi nopeallakin aikataululla vaikuttaa käyttöön ja sisäolosuhteisiin. On liian aikaista sanoa, millaisia ongelmia on uusissa ultraäänilaitteissa, sillä ne ovat olleet käytössä vasta vähän aikaa. Perinteisten paine-erolla mittaavien laitteiden toimintamekanismi tuo riskejä. Ilmamäärän mittauksen perustuessa paine-erosta laskettuun arvoon luo se omalta osaltaan lisää muuttujia. Mittaustulos olisi varmempi, jos mittaustieto tulisi suoraan tuntoelimeltä, ilman laskennallista toimintaa toiseksi suureksi. (19.)

Haastattelussa nousi esille myös riski, että laitteiden fyysinen toimivuus ei välttämättä vastaa ohjelmallista toimivuutta. RAU-järjestelmän lukiessa ja säätäessä ilmavirtaa ei välttämättä voida varmistua säätävän prosessin toteutumisesta, vaikka se järjestelmässä lukisikin. (19.)

Kiinteistön ylläpidon tasoa haastateltava pitää riittämättömänä, eikä sitä huomioida tarpeeksi. Järjestelmät jäävätkin vastaanoton jälkeen liian vähäiselle huomiolle. Laitteiden ylläpito vaatisi kuitenkin jatkuvaa seuranta, ylläpitoa ja huolehtimista taholta, jolla on teknistä asiantuntijuutta ylläpitää järjestelmän toimivuutta. IMS-laitteita on myös poistettu käytöstä, kun toimivuudesta ei tietyn ajan jälkeen ole saatu varmuutta. Laitteen käytöstä poistaminen on radikaali ratkaisu, ja voisi olla mahdollista, että säännöllisellä ylläpidolla ja testauksella ei siihen tarvitsisi ryhtyä. Kuolettaminen tarkoittaa käytännössä sitä, että järjestelmässä käytetään maksimi-ilmavirtaa ja MIV-järjestelmän hyötyarvot menetetään, jotta saadaan varmistettua ilmanvaihdon riittävyys ja tasapaino. (19.)

### 5.3.2 Ratkaisut

Haastateltavan mielestä rakennustyön aikana RAU-järjestelmällä pitäisi olla oma valvoja. Järjestelmien ollessa monimutkaisia vaatisi se valvojalta MIV-järjestelmiin kohdentunutta asiantuntijuutta. Pelkkä IV-tekniikan tietämys ei riitä, vaan valvojan pitäisi pystyä ottamaan huomioon myös eri urakkalajien rajapinnat. RAU-valvojan tehtävänä olisi kokonaisvastuullisesti varmistaa järjestelmän hallittu käyttöönotto ja olla samalla koordinoimassa vastaanottoa urakoitsijoiden välillä. Näin voitaisiin saavuttaa parempi asetelma verrattuna pelkkään TATE- ja sähkövalvontaan. (19.)

Urakoitsija voisi kehittää vastaanottomenettelyään tekemällä käyttöönottosuunnitelmia, joissa kerrottaisiin, miten suunnitelmiin liittyvä laadunvalvonta toteutetaan. Projektisuunnitelman avulla urakoitsijalla olisi mahdollisuus vakuuttaa tilaaja omasta ammattitaidostaan hallitussa MIV-järjestelmän käyttöönotossa. Urakoitsijan pitäisi pystyä myös varmistamaan riittävät resurssit ja RAU-järjestelmiin liittyvä työnohtajuus rakennustyön aikana. Näin tilaajan vastuulle ei jää varmistaa hallittua käyttöönottoa. Ihanteellisessa tilanteessa tilaaja pystyisi luottamaan urakoitsijaan ja tietäisi, että työ hoidetaan sopimuksenmukaisesti. (19.)

Tilaajan tulisi kehittää oman organisaationsa asiantuntemusta MIV-järjestelmistä ja varmistaa, että käytössä on henkilöresursseja, jotka omalta osaltaan tuntevat laitteiden käyttöönottoon ja niiden toimintaan liittyvät riskit. Tarvittaessa henkilökuntaa pitäisi kouluttaa ja tietotaitoa ajanmukaistaa. Tilaajan tulisi tarjota vastaava substanssiasiantuntemus urakoitsijan tueksi, sillä urakoitsija voi turhautua siihen, jos se ei saa tilaajalta tukea omassa käyttöönotossaan. Tilaaja toimii vastuuttomasti, jos jättää urakoitsijan ilman tukea. (19.)

Järjestelmän ylläpitoa pitäisi haastateltavan mielestä kehittää. Asiantuntijan pitäisi seurata järjestelmän toimivuutta takuuajan aikana. Näin vältetään tilanne, jossa järjestelmä jää täysin kiinteistönhoidon vastuulle. Kiinteistön ylläpidossa pitäisi olla mukana jatkuvuuden ja elinkaaren ajattelu. Pelkkien sovittujen määräaikaisten kanavapuhdistusten tekeminen ei riitä, vaan kanavapuhdistukseen pitäisi olla liitettynä IMS-laitteiden ylläpito, huolto ja testaus taholta, jonka ammattitaidon tilaaja on varmistanut. Kanavapuhdistukseen pitäisi olla liitettynä suunnitelmallinen

huolto-ohjelma, jolla laitteiden toimintaa pystyttäisiin varmistamaan paremmin rakennuksen elinkaaren aikana. (19.)

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suoritettujen esimerkkikohteiden vastaanottomenettelyn seurannassa havaittiin aikataulullisia ongelmia, joita aiheuttivat eri urakoitsijoiden töiden viivästyminen. Yhden urakoitsijan työn viivästyessä seuraava vaihe pääsee usein alkamaan vasta, kun edellinen vaihe on suoritettu. Tämä kertaantuu urakan aikana, ja loppuvaiheen aikataulu ruuhkautuu ja viivästyy. Alkuperäisen vastaanottoaikataulun mukainen urakkasuoritusten valmistuminen ei toteutunut, ja tarkastuksia ja kokeita jouduttiin useaan otteeseen siirtämään eteenpäin. Tarkastuksia siirrettiin jopa niin pitkälle, että kohde oli jo vastaanotettu, ennen kuin kaikki toimintakokeet oli suoritettu.

Sama havainto tuli ilmi myös haastatteluista. Etenkin koulukohteissa aikataulut ovat tiukat ja usein joudutaan tinkimään myös toimintakokeille varatusta ajasta. Kiireellä tehdyt ja joissain tapauksissa puutteelliset toimintakokeet voivat olla riittämättömät järjestelmän toiminnan todentamiseksi. Mikäli urakoitsija haluaa kiireellä ehdottaa vastaanottotarkastusta pidettäväksi, voi se olla pois laadun varmistuksesta ennen vastaanottoa.

Varsinaisia suoria ohjeita juuri MIV-järjestelmän testaukseen ei ole käytössä. Testaus riippuu rakennuttajan vaatimuksista sekä urakoitsijan ja valvojan asiantuntemuksesta ja toiminnasta. Tilojen olosuhteiden simulointia ja seuranta pitäisi kuitenkin lisätä järjestelmän toiminnan testauksessa. Näin voitaisiin varmistua ohjaavien antureiden oikeista kytkennöistä sekä järjestelmän suunnitelman mukaisesta toiminnasta.

Tulisi myös miettiä vastaanottokoordinaattorin roolia järjestelmien testauksen kokonaisuuden hallinnassa. Ilman järjestelmien kokonaisuuden toiminnasta vastaavaa henkilöä voidaan varmistua vain yksittäisten järjestelmien toiminnasta. Vastaanottokoordinaattorin tehtävänä olisi johtaa vastaanottovaiheen toimenpiteet ja ottaa vastuu eri urakoitsijoiden töiden saumattomasta kokonaisuuden toiminnasta.

Teknisen vastaanoton kehittäminen tapahtuu asiakirjojen ja sopimusten kautta. Selkeiden vaatimusten, työn vastuunjaon ja laajojen toimintakokeiden avulla voidaan mahdollistaa toimiva MIV-järjestelmä.

MIV-järjestelmän toiminta vaatii rakentamisvaiheesta ylläpitovaiheeseen, koko elinkaaren aikana kaikilta osapuolilta onnistumista omassa osassaan ketjua. Mikäli yksi ketjun lenkeistä pettää tai on vajavainen, on mahdollista, ettei järjestelmä toimi tarkoituksenmukaisesti.

Haastatteluista ilmeni, että järjestelmien ylläpito on puutteellista vastaanoton jälkeen. Järjestelmän ylläpitoon ja perehdytykseen pitäisi varata resursseja, jotta välttyään tilanteilta, joissa kalliita järjestelmiä muutetaan vakioilmavirtaisiksi. Etenkin ilmanvaihdon kanavistojen ja IMS-laitteiden puhdistusvälit herättivät haastatelluissa huolta. Ohjeiden mukainen kanavapuhdistus viiden vuoden välein voi olla riittävä ylläpitämään kanavien puhtaustasoa, mutta pääte- ja toimilaitteet tarvitsisivat tiheämpää puhdistusväliä laitteiden oikean toiminnan varmistamiseksi. Järjestelmän toimintaa tulisi tarkkailla myös muulloin kuin takuutarkastusten yhteydessä ja tarvittaessa suorittaa viritystoimenpiteitä asetusarvoihin jo aiemmin.

Toimiva järjestelmä vaatii erilaisen lähestymistavan kuin nykyisin käytetyissä urakkamuodoissa. Siirtymä urakoinnista ylläpitoon on kriittinen prosessi, joka hyvin usein ei toimi oikein. Ilman asianmukaista ylläpitoa rakennuksella ei ole kaikkia edellytyksiä toimia suunnitellun kaltaisesti.

## 7 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin vastaanottomenettelyn riittävyttä IMS-laitteilla toteutetussa MIV-järjestelmässä. Työssä seurattiin esimerkkikohteena toimivan koulu- ja virastorakennuksen vastaanottomenettelyn aikana suoritettavia tarkastuksia ja kokeita sekä haastateltiin eri osapuolten kokemuksia MIV-järjestelmästä. Työn aihe laajeni haastattelujen myötä hieman myös kiinteistön ylläpitoon, sillä se on oleellinen osa järjestelmän toiminnan varmistamista. Työn tilaajana toimi Espoon kaupungin Tilapalvelut-liikelaitos.

Energiataloudellisesti MIV-järjestelmän rakentamista voidaan pitää kannattavana etenkin kohteissa, joissa tilojen käyttöaste ja kuormitus vaihtelee. Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla voidaan säästää energiakustannuksissa merkittäviä määriä, kun käyttämättömiin tiloihin ei tuoda kuin perusilmanvaihdon vaatima ilmavirta. Tarpeen vaatiessa lisäilmaa on kuitenkin saatavilla. Järjestelmän oikean toiminnan varmistaminen vaatii sen, että järjestelmän vaatimukset ollaan valmiina huomioimaan suunnittelu-, rakennus-, vastaanotto- sekä ylläpitoaikana.

Esimerkkikohteen vastaanoton viivästymisen vuoksi ei kohteessa päässyt näkemään ideaalisti sujuvaa järjestelmän testausta. Virheet ja viivästymiset ovat kuitenkin usein osa rakennusurakkaa, joten kohteen voidaan sanoa kuvastavan tavanomaista rakennusprosessia. Tuloksiin esimerkkikohteen seurannassa on voinut vaikuttaa havainnoinnin tarkkuus sekä se, että työmaalla vierailu ei anna kuvaa jatkuvasta todentamisesta. Tarkastuksissa ja kokeissa on voinut tapahtua asioita, jotka ovat jääneet huomaamatta. Seuranta auttoi kuitenkin ymmärtämään toteutuvaa menettelyä ja helpotti haastateltavien ymmärtämistä.

Opinnäytetyötä voisi jatkokehittää luomalla toimintamalli, jolla järjestelmää tulisi testata. Tällä voitaisiin saavuttaa yhtenäinen tapa järjestelmän toiminnan varmistamiseksi. Näin varmistuttaisiin yhdenmukaisesta, varmasta tavasta testata laitteistoa. Myös järjestelmän ylläpitoa ja sen vaikutusta toimintavarmuuteen olisi tarpeellista tutkia lisää myöhemmissä opinnäytetöissä.

## LÄHTEET

1. Saaranen-Kauppinen, Anita – Puusniekka, Anna 2009. Menetelmäopetuksen tietovaranto KvaliMOTV: Kvalitatiivisten menetelmien verkko-oppikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto, Tampereen yliopisto.
2. LVI 03-10631. Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely. 2018. Tehtävät ja dokumentointi. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11302> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 02.10.2019.
3. Sandberg, Esa 2014. Ilmastointitekniikka osa 1: Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
4. Rakennuksen vastaan- ja käyttöönotto. 1988. Tavoitteet ja periaatteet. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Suomen rakennuttajaliitto ry ja Rakennuskirja Oy.
5. LVI 01-10356. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. 2002. Osa 2. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2001-10356> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 02.10.2019.
6. LVI 03-10630. Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely. 2018. Prosessikuvaus. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11301> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 02.10.2019.
7. Sandberg, Esa 2014. Ilmastointitekniikka osa 2: Ilmastointilaitoksen mitoitus. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
8. LVI 03-10277. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE. 1998. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2016-10660> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 02.10.2019.
9. LVI 03-10579. Talonrakennushankkeen kulku. 2016. Rakennushankkeen osapuolet. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11222> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 02.10.2019.

10. Seppänen, Olli – Hausen, Alvar – Hyvärinen Kalevi 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Helsinki: Talotekniikka Julkaisut Oy.
11. LVI 03-10602. Talonrakennushankkeen kulku. 2017. Riskien- ja laadunhallinta. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11255> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.10.2019.
12. LVI 03-10619. Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18. 2017. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11284> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 02.10.2019.
13. Kankainen, Jouko – Junnonen, Juha-Matti 2015. Rakennuttaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
14. Moilanen Ville. 2019. Quality Manager, FläktGroup Finland Oy, Turku. Puhe-  
linhaastattelu 26.8.2019
15. Lindroos Hannu. 2019. Manager, System Sales and Marketing, Swegon Oy,  
Espoo. Haastattelu 27.8.2019
16. Kokko Jouko. 2019. LVI-asiantuntija, Espoon Kaupunki, Espoo. Haastattelu  
10.9.2019
17. Turtiainen Jukka. 2019. LVI-asiantuntija, Espoon Kaupunki, Espoo. Haastat-  
telu 16.9.2019
18. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/rt>. Hakupäivä  
18.10.2019.
19. Melender Mikko. 2019. Talotekniikkapäällikkö, Espoon Kaupunki, Espoo.  
Haastattelu 4.9.2019