

Atte Rosenberg

# Urakoitsijoiden toimintatarkastusten toiminta- ohje

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriytyö

7.4.2017

Tekijä Otsikko	Atte Rosenberg Urakoitsijoiden toimintatarkastusten toimintaohje
Sivumäärä Aika	37 sivua 7.4.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaajat	asennuspäällikkö Tuomo Kevarinmäki lehtori Jyrki Viranko
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli luoda tarkastuspöytäkirja ja siihen liittyvä toimintaohje urakoitsijoiden omia toimintatarkastuksia varten. Tarkoituksena oli luoda työkalu, joka helpottaisi ja selkeyttäisi toimintatarkastusten suorittamista.</p> <p>Työn idea sai alkunsa projektista jossa toteutettiin itse koko talotekniikkaurakka. Suureksi haasteeksi muodostuivat toimintatarkastukset sekä toimintakokeet. Näin ollen todettiin, että tällä alueella olisi kehittämisen varaa.</p> <p>Työn alussa käydään läpi laadun tärkeyttä rakennushankkeissa, taloteknisten järjestelmien laajuutta sekä toiminnan tarkastamisen menetelmiä. Lopuksi työssä käydään läpi esimerkki ilmanvaihtokoneen toiminnan tarkastuksesta.</p> <p>Vähäisen kirjallisuuden vuoksi työ kasattiin eri osa-alueiden urakoitsijoiden haastattelujen sekä aikaisempien projektien dokumentoinnin perusteella. Lopputulokseksi saatiin yleisimpiä rakennuskohteita palveleva tarkastuspohja ja toimintaohje, jotka sisältävät laitoksen peruskomponentit. Myöhemmin dokumentteja voidaan päivittää helposti hankekohtaisesti.</p> <p>Tätä insinööriötä voidaan hyödyntää toimintatarkastusten suorittamiseen, ja näin ollen se säästää aikaa ja kustannuksia niissä.</p>	
Avainsanat	toimintatarkastus, toimintakoe, urakointi

Author Title	Atte Rosenberg Inspection transcript for the functional tests by contractors
Number of Pages Date	37 pages 7 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Tuomo Kevarinmäki, Installation Manager Jyrki Viranko, Senior Lecture
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to create an inspection transcript and a directive to be used by every contractor in the contractor's own inspections and tests to ease them. The need for the transcript arose from an earlier project where functional tests had proven to be challenging. The project mainly relied on interviews with various contractors with separate areas of expertise, as well as on documentation of former projects.</p> <p>As a result of this thesis, an inspection transcript and a directive including all basic components of the main projects were created. The transcript and the directive can be updated easily in the future for different projects with more unusual components. The thesis can be used for performing functional tests in an easier way in various projects in the future, and so it will save both time and costs.</p>	
Keywords	functional inspection, functional testing, contract work

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Consti Talotekniikka Oy	1
1.2	Tausta ja tavoite	1
2	Laatu ja laadunvarmistus	2
2.1	Laatu käsitteenä	2
2.2	Laadun historia	3
2.3	Laadun merkitys	4
2.4	Tavoite	5
2.5	Laadunvarmistus	6
3	Rakennushankkeen tekniset järjestelmät	8
3.1	Ilmanvaihto	8
3.1.1	Painovoimainen ilmanvaihto	9
3.1.2	Koneellinen poistoilmanvaihto	9
3.1.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	10
3.1.4	Ilmastointi	11
3.2	Lämmitys	11
3.2.1	Kaukolämpö	13
3.2.2	Sähkölämmitys	13
3.2.3	Öljylämmitys	14
3.2.4	Puu- ja pellettilämmitys	14
3.2.5	Maalämpö	15
3.3	Käyttövesi- ja viemäri	15
3.4	Sähköiset järjestelmät	16
3.4.1	Valaistusjärjestelmät	17
3.4.2	Valvontajärjestelmät	18
3.4.3	Hälytysjärjestelmät	19
3.4.4	Äänentoistojärjestelmät	19
3.4.5	Antenni- ja telejärjestelmät	20
3.4.6	Sähkölämmitysjärjestelmät	20
3.5	Sprinkleri	20

3.6	Savunpoisto	22
4	Laitoksen toiminnan varmistus	23
4.1	Toimintatarkastukset	23
4.2	Toimintakokeet	24
4.2.1	Tarkoitus	24
4.2.2	Valmius	24
4.2.3	Toteutus	26
4.3	Koekäyttö	27
4.4	Yhteiskoekäyttö	28
5	Järjestelmien testaaminen	29
5.1	Ilmanvaihtokoneen toiminnan tarkastus	30
5.2	Toimintaohjeen hyödyntäminen rakennushankkeessa	34
6	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

## Lyhenteet

LTO Lämmöntalteenotto

LVI Lämpö, vesi ja ilmastointi

LVISA Lämpö, vesi, ilmastointi, sähkö ja automaatio

VAK Valvonta-alakeskus

# 1 Johdanto

## 1.1 Consti Talotekniikka Oy

Työn tilaajana on Consti Talotekniikka Oy, joka kuuluu Consti yhtiöit konserniin. Consti Talotekniikka Oy on yksi Suomen johtavimmista korjausrakentamisen palveluista tarjoava yritys. Consti Talotekniikka Oy tarjoaa kattavasti talotekniikan, linjasaneeraukset, korjausurakoinnin sekä julkisivusaneeraukset. Yritys on perustettu 2008, ja tällä hetkellä työntekijöitä on yli 900. Consti Talotekniikka Oy (entinen Koja Tekniikka) on keskittynyt lämmitys-, vesi-, ilmanvaihto-, paloturvallisuus-, sähkö- sekä automaatiojärjestelmiin liittyvään palvelu-urakointiin. Palveluihin kuuluvat niin asennus-, korjaus- kuin huoltopalvelutkin. Consti Talotekniikka Oy toimii Uudellamaalla, Pirkanmaalla ja Porvoossa.

## 1.2 Tausta ja tavoite

Toimintakokeet ovat suuri edellytys rakennuskohteen luovutusta ja vastaanottoa varten. Niillä halutaan varmistaa, että laitoksen järjestelmät toimii suunnitellusti. Toimintakokeiden laajuus vaihtelee rakennusprojektikohtaisesti, ja vaihe on aina työläs ja aikaa vievä, varsinkin suuremmissa laitoksissa. Esimerkiksi suuret kohteet, joissa on useita ilmanvaihtokonehuoneita, kattavat savunpoistojärjestelmät sekä useita palo-alueita tuottavat suuren työmäärän järjestelmien testauksessa. Toimintatarkastuksiin ei projektin loppua kohden yleensä jää kaikkea siihen vaadittavaa aikaa tiukkojen aikataulujen vuoksi, eikä tarkastusvaiheesta aina löydy selkeää ohjelmaa, jolla ne saataisiin suoritettua järjestelmällisesti ja sujuvasti.

Työn tarkoituksena oli laatia yhteinen toimintatarkastuspöytäkirja sekä toimintaohje urakoitsijoiden toimintatarkastuksia varten. Ensisijainen tarkoitus on helpottaa kaikkien urakoitsijoiden toimintatarkastuksia ja yhteisiä toimintakokeita sekä varmistaa että mahdolliset viat ja puutteet saadaan korjattua ennen rakennusprojektin luovutusta ja käyttöönottoa. Toimintatarkastuspöytäkirjaa voidaan hyödyntää pohjana toimintakokeissa ja se liitetään myös osaksi yrityksen laadunvarmistuskansiota.

Consti Talotekniikka Oy on viimeaikoina ollut mukana useassa projektissa, jossa on tarjottu koko talotekniikkaurakointi. Erityisesti näitä projekteja varten haluttiin yhteinen pohja, joka kattaa jokaisen urakoitsijan tarkastettavat komponentit peruskohteissa. Tarkastuspöytäkirja haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena sekä helposti hankekohdaisesti muokattavana.

Vähäisen aiheeseen liittyvän kirjallisuuden vuoksi työ perustuu pääosin haastatteluihin sekä aikaisemmista projekteista kerättyyn tietoon. Kirjallisuutena ovat myös toimineet erilaiset työselostukset sekä urakkaohjelmat.

Kiitokset työn ohjaajalle lehtori Jyrki Virankolle sekä kaikille kollegoille, joiden avustuksella työ saatiin suoritettua. Kiitokset myös mielenkiintoisesta aiheesta Tuomo Kevarinmäelle ja Ville Kanaselle.

## **2 Laatu ja laadunvarmistus**

### **2.1 Laatu käsitteenä**

Laatu on painottava organisaatio edistää kulttuuria, jonka luoma käytös, asenteet, toiminnot ja prosessit tuottavat arvoa täyttämällä asiakkaiden ja muiden olennaisten sidosryhmien tarpeet ja odotukset [10, s. 6].

Organisaation tuotteiden ja palveluiden laatu määräytyy sen mukaan, mikä on niiden kyky täyttää asiakkaiden vaatimukset ja mikä on niiden tarkoitettu ja tahaton vaikutus olennaisiin sidosryhmiin [10, s. 6].

Tuotteiden ja palvelujen laatuun sisältyy niiden käyttötarkoituksen ja toimivuuden lisäksi myös asiakkaiden kokema arvo ja niistä saama hyöty [10, s. 6].

Koska kuluttajalla on aina ennako-odotuksia ostaessaan tuotetta tai palvelua, laadun käsitys tunnetaan parhaiten kykynä tyydyttää käyttäjän tarpeet ja odotukset. Käsite on kuitenkin niin laaja, että se voi kattaa myös johtamisen ja prosessin laadun määrittämisen ja mittaamisen.

Laatua arvioitaessa tuotteella tai palvelulla on oltava yhteisesti hyväksytyt kriteerit, jonka perusteella sitä voidaan verrata. Ennen aloittamista tuotteesta tai palvelusta on tehtävä



kuvaus sen laadusta, toiminnasta ja tavoitteista, jonka perusteella työn vastaavuutta sovitettiin lopputulokseen voidaan verrata. [10; 17.]

Laadun eri näkökulmia ovat

- Tuotantokeskeinen laatu, eli virheettömyys, jolla tarkoitetaan sitä, että tuote tai palvelu vastaa mahdollisimman paljon suunniteltua laatua.
- Suunnittelukeskeinen laatu, eli funktionaalisuus, joka keskittyy siihen, että tuote tai palvelu on suunniteltu mahdollisimman hyvin.
- Asiakaskeskeinen laatu, eli maksajan valinta sekä miten hyvin tuote tai palvelu täyttää ostajan tarpeet.
- Ympäristökeskeinen laatu, eli tuotteen tai palvelun vaikutukset kauemmaksi kuin pelkästään asiakkaalle.

## 2.2 Laadun historia

Ihmisen esi-isät alkoivat valmistamaan työkaluja kivistä jo noin 2–2,5 miljoonaa vuotta sitten. Siitä lähtien ihmislajin evoluutiossa yksilöt ovat kehittäneet kykyä helpottaa joka päiväisiä askareita. Puhekyvyn kehittyessä tarpeisiin vastaaminen tuli mahdolliseksi, jolloin syntyi varhaista työnjakoa. Ravinnon hankkiminen metsästämyllä sekä työkalujen valmistaminen edellyttivät ryhmätyötä sekä suunnitelmallisuutta. Työnjako kehittyi huomasti Egyptissä pyramidien rakentamisen myötä. Pyramidien rakentaminen edellytti jo tarkkaa suunnittelua sekä mittaustaitoa ja sen soveltamista. Valmistusprosessit koostuivat tuhansista samanlaisista työvaiheista ja rakennuskappaleista. Silloin laatu ei kuitenkaan vielä perustunut tieteen soveltamiseen tuotannossa. [17]

Nykypäiväisessäkin arkikielessä ymmärrettävän laadun käsitteen oivalsi Aristoteles. Hän osoitti sille kaksi keskeistä merkitystä [17]:

1. Laatu ilmaisee, miten jokin kohde erottuu toisista kohteista.

## 2. Miten kohde koetaan hyvänä tai pahana.

Nykyaikana laatu tunnetaan hyvän ja onnistumisen käsitteenä. Se kuvaa sitä, mikä on kohteelle ominaista, usein sellainen joka koetaan hyvänä. Yleensä yhdistäessä asioita laatuun halutaan tuoda esiin niiden myönteiset piirteet.

Laadun kehitys voidaan jakaa seuraaviin kausiin [17]:

- laadun esihistoria 1800-luvulle asti
- laaduntarkastus ja laadunvalvonta 1800-luvun alkuvuosikymmeniltä
- laadunvarmistus 1920-luvulta
- laatujohtaminen 1950-luvulta
- laatukultuurisuus 1990-luvulta
- laatuysteiskunta 2000-luvulta.

### 2.3 Laadun merkitys

Korkean laadun myötä asiakkaat ovat tyytyväisiä ja asiakassuhteista tulee pitkäaikaisempia. Laadun taso on merkittävä tekijä yrityksen kannattavuudelle sekä sen kasvumahdollisuuksille. Sen lisäksi, että hyvästä laadusta ollaan valmiita maksamaan, se vahvistaa myös yrityksen imagoa. Säilyttääkseen kilpailukykynsä yrityksen on kehitettävä ja panostettava laatuun jatkuvasti.

Yrityksissä pyritään aina tuottamaan mahdollisimman korkeaa laatua mahdollisimman kannattavasti. Oikea laatu ei kuitenkaan tarkoita kaikista korkeinta mahdollista laatua, vaan riittävää. Laatu on riittävää, kun se täyttää asetetut vaatimukset sekä asiakkaiden tyytyväisyyden, ja toiminta on kustannustehokkaasti kannattavaa. Sanoma yrityksen laadukkuudesta leviää nopeasti asiakkaiden kautta. Tämän vuoksi on erittäin tärkeää pitää asiakkaat tyytyväisenä uusien ja vanhojen asiakassuhteiden ylläpitämiseksi.

Tekemällä kerralla laadukkaan ja asiakkaan odotuksia vastaavan lopputuloksen säästetään huomattavasti kustannuksissa. Uudelleen tekeminen ja korjaaminen maksaa aina enemmän kuin, se että tehtäisiin kerralla hyvää hieman suuremmilla kustannuksilla [10].

## 2.4 Tavoite

Laadun tavoitteena on tehdä yrityksen toiminnasta mahdollisimman kannattavaa. Laadulla pyritään varmistamaan asiakkaiden tyytyväisyyttä sekä asiakassuhteiden kestävyttä ja kasvua. Tavoite on aina tuottaa mahdollisimman hyvä mahdollisimman halvalla. Optimaalinen laatu on sellainen, joka täyttää asiakkaan ennako-odotukset ja tyytyväisyyden sekä tuottaa yritykselle mahdollisimman suurta voittoa.

Laatuun ei panosteta vain siksi, että asiakas tai tilaaja olisi tyytyväinen, vaan myös siksi että tekemällä kerralla hyvää säästetään omia kustannuksia. Jälkeenpäin korjaaminen tai epäkuntoisen vaihtaminen uuteen on aina aikaa vievää ja kallista. Korkealla laadulla voidaan myös karsia takuuajan huolloista johtuvia kustannuksia. Kuvassa 1 on esitetty huonosti asennettu ilmanvaihtojärjestelmä [10].



Kuva 1. Huonosti asennettu ilmanvaihtojärjestelmä [18].

Esimerkiksi rakennushankkeessa laatu ei tarkoita vain sitä, että kylpyhuoneen kaakelit ovat hienot tai että parvekkeelta on hienot näkymät. Oikealla laadulla tarkoitetaan sitä, että vesieristykset on hyvin tehty, rakennus lämpenee ja kaikki järjestelmät toimivat. Laadun tehtävänä on varmistaa, että asiakas voi nauttia kohteesta esteettömästi mahdollisimman vähin toimenpitein. Järjestelmät ja rakenteet pyritään toteuttamaan niin, että niitä tarvitsisi huoltaa mahdollisimman vähän. Toki ulkonäköseikkojenkin tulisi olla kunnossa.

Yrityksillä on yleensä omat laadunvarmistus- ja -hallintajärjestelmät, jonka avulla laatua voidaan tarkkailla ja varmistaa, että saavutetaan haluttu lopputulos. Kuvassa 2 on esitetty laadukkaasti asennettu ilmanvaihtojärjestelmä.



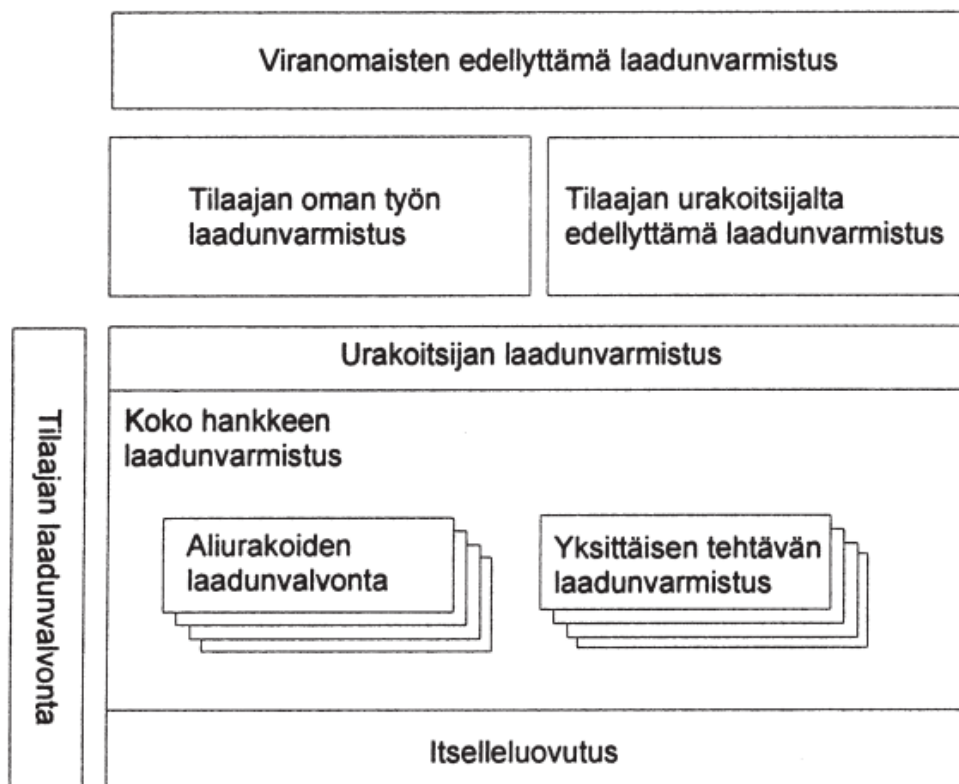
Kuva 2. Mallikkaasti asennettu ilmanvaihtojärjestelmä [19].

## 2.5 Laadunvarmistus

Tuotteen tai palvelun tarjoamisvaiheessa tilaaja asettaa omat laatuvaatimuksensa lopputulokselle. Laadunvarmistuksella on tärkeä rooli, jolla varmistetaan, että tavoitteeseen

päästään. Laadunvarmistus sisältää kaikki toimenpiteet, jolla varmistetaan että, tuote tai palvelu täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. Laatu varmistetaan mittaamalla, tarkastamalla sekä vertaamalla sovittuihin vaatimuksiin. Erilaisille laaduntarkastustoimenpiteille voidaan myös käyttää yhteistermiä: laadunvalvonta. Laadunvarmistuksen tarkoituksena on myös välittää hankkeen laatuvaatimukset sekä muu oleellinen informaatio systemaattisesti sen jokaiselle osapuolelle. Väärinymmärretyistä tai puutteellisista tiedoista johtuvat virheet pyritään myös eliminoimaan.

Rakennushankkeessa laatu varmistetaan aluksi hyväksyttämällä ehdotetut aliurakoitsijat, tuotteet ja laitteet rakennuttajalla, suunnittelijalla ja valvojalla. Asennustöiden laatu varmistetaan erilaisilla katselmuksilla, asennustapatarkastuksilla sekä itselleluovutuksilla. Järjestelmien toiminta tarkastetaan erilaisilla toimintatarkastuksilla, toimintakokeilla ja koekäytöillä. Kuvassa 3 on esitetty työmaan laadunhallinnan eri osatekijät. Laitoksen toimivuuden ja sopimuksen mukaisuuden toteamiseksi järjestelmät mitataan ja säädetään. Mittauksista toimitetaan mittauspöytäkirjat rakennuttajalle. Kaikki laadunvalvontaan liittyvät dokumentit kasataan laadunvarmistuskansioon, josta rakennuttajan on helppo seurata niitä. [11; 20.]



Kuva 3. Työmaan laadunhallinnan osatekijät [11].

Laadunvarmistuksen avulla pyritään aina toteuttamaan toimiva, energiatehokas sekä turvallinen rakennushanke. Yrityksen tavasta toteuttaa laadunvarmistusta toimitetaan yleensä hankekohtainen laatusuunnitelma rakennuttajalle.

Laadunvarmistus- ja -hallintajärjestelmiä pyritään kehittämään jatkuvasti, jotta laadunvalvonta sujuisi helpommin ja tehokkaammin.

### **3 Rakennushankkeen tekniset järjestelmät**

#### **3.1 Ilmanvaihto**

Ilmanvaihdon tehtävä on tuottaa puhdasta ja hyvää ilmaa rakennukseen hengitettäväksi, sekä poistaa rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet. Ilmanvaihdolla halutaan lisätä ihmisen viihtyvyyttä sisätiloissa, sillä mitä puhtaampaa ilma on, sitä paremmin elimistö voi. Ihmisen hapentarve on kuitenkin vain murto-osa tarvittavasta kokonaisilmanvaihdosta. Ihmisen keuhkojen kautta kulkee peräti 15 000 litraa ilmaa vuorokaudessa, joka kattaa hapentarpeen sekä keuhkoissa syntyvän hiilidioksidin poistamisen. Yleisilmanvaihdolla ei pystytä koskaan poistamaan kaikkea rakennuksessa syntyvää epäpuhtautta, mutta sillä saadaan pidettyä vesihöyryn- ja hiilidioksidin pitoisuudet terveellisissä rajoissa ihmisten ja rakennuksen kannalta. [22; 23.]

Ilmanvaihdon toiminta perustuu tuotettuun paine-eroon, jolloin ilma virtaa suuremmasta paineesta pienempään. Ilmanvaihtojärjestelmiä on monia erilaisia [22; 23]:

- painovoimainen ilmanvaihto
- koneellinen poistoilmanvaihto
- koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto
- ilmastointi.

### 3.1.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä rakennuksen ilmanvaihto perustuu tuulen sekä ulko- ja sisäilman lämpötilaerojen aiheuttamaan paine-eroon. Järjestelmä toimii pelkästään poistoilmanvaihtona. Poistoilmaventtiilit sijoitetaan likaisiin tiloihin esim. WC-tilat, josta se johdetaan ulos ilmanvaihtokanavia pitkin. Jotta järjestelmä toimii, tulee rakennuksen saada korvausilmaa ulkoseinään asennetun korvausilmaventtiin kautta.

Järjestelmän haittapuolina on ilman huono vaihtuvuus kesällä, kun ulko- ja sisälämpötilat ovat lähellä toisiaan, sekä lämpöenergian hukkaan johtuminen talvella, koska lämpöä ei saada talteen, vaan se kulkeutuu suoraan ulos poistoilman mukana. Korvausilmaventtiin läheisyydessä saattaa myös aiheutua vedon tunnetta, joten sijainti kannattaa miettiä tarkasti. [22; 23.]

Painovoimaiseen ilmanvaihtoon törmää useimmiten vanhoissa asuinrakennuksissa.

### 3.1.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Koneellinen poistoilmanvaihto toimii samalla periaatteella, kuin painovoimainen ilmanvaihto, paitsi että poistoilmaa on tehostettu koneellisesti, esimerkiksi huippuimurilla lie-situulettimen perässä. Koneellinen poisto voidaan myös toteuttaa poistoilmaventtiin perään asennetulla puhaltimella (kuva 4). Puhallinta ohjataan yleensä liittämällä se valonkatkaisimeen, niin että se käynnistyy, kun valot kytketään päälle. Poistopuolelle voidaan myös asentaa kosteusanturi, joka käynnistää puhaltimen, kun ilman kosteustaso ylittyy. Koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä on erityisen tärkeää, että rakennus saa riittävästi korvausilmaa. Jos korvausilmaa ei saada riittävästi siihen tarkoitetun reitin kautta, alkaa poistopuhallin ottamaan korvausilmaa rakennuksen vuotokohdista. Tässä tapauksessa korvausilma ei ole enää puhdasta. Tämänkin järjestelmän haittapuolena on se että lämpöenergiaa ei saada talteen vaan se kulkeutuu suoraan ulos poistoilman mukana. [22; 23.]





Kuva 4. Kanavapuhaltimella toteutettu poistoilmanvaihto.

### 3.1.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä on yleisin käytetty ilmanvaihtojärjestelmä. Toiminta perustuu koneellisesti aiheutettuun paine-eroon, jonka avulla tulo- ja poistoilmaa ohjataan rakennuksessa. Koneellisella tulo- ja poistoilmalla voidaan varmistaa mahdollisimman tasainen ilmanvaihtuvuus. Järjestelmä on energiatehokas, koska tässä voidaan ottaa lämpöenergiaa talteen poistoilmasta ja siirtää sitä tuloilmaan. Järjestelmällä voidaan myös tehostaa ilmanvaihtoa tarvittaessa, esimerkiksi saunomisen ja peseytymisen ajaksi, kun kylpyhuoneen kosteus halutaan poistaa.

Järjestelmään tarkoitettuja ilmanvaihtokoneita löytyy niin pieniin asuinrakennuksiin, kuin suuriin toimitiloihinkin. Kuvassa 5 on esitetty ilmanvaihtokone ja sen peruskomponentit. [22; 23.]





Kuva 5. Ilmanvaihtokone

#### 3.1.4 Ilmastointi

Ilmastointijärjestelmällä tarkoitetaan koneellista tulo- ja poistoilmajärjestelmää, jolla voidaan myös kostuttaa tai jäähdyttää sisäilmaa. Ilmastointijärjestelmiä käytetään usein esimerkiksi toimistotiloissa ja kouluissa. Järjestelmään törmää harvemmin asuinrakennuksissa.

#### 3.2 Lämmitys

Suomessa rakennuksia joudutaan lämmittämään valtaosan vuodesta. Lämmitykseen käytetty energia on merkittävä osa Suomen kokonaisenergiankulutuksesta. Lämmitysjärjestelmä tulisi aina valita ja suunnitella siten, että energiankulutus olisi minimaalinen. Lämpöenergiaa kuluu rakennuksen, käyttöveden ja tuloilman lämmittämiseen, käyttöveden lämmittämiseen sekä tuloilman lämmittämiseen.

Lämmönlähteen valinta perustuu hyvin paljolti rakennuksen sijaintiin ja lämmönlähteen saatavuuteen. Suurina tekijöinä ovat tietenkin myös investointi- ja käyttökustannukset

sekä mahdolliset ympäristöseikat. Kaupungissa käytetään useimmiten kaukolämpöä kun taas maalla tuotetaan lämpöenergia polttamalla erilaisia biopolttoaineita. [3; 24; 25.]

Suomessa käytettyjä lämmitysmuotoja ovat

- kaukolämpö
- sähkölämmitys
- öljylämmitys
- puu- tai pellettilämmitys
- maalämpö.

Suomessa käytetyin lämmönlähde on kaukolämpö. Uusissa omakotitaloissa on alettu suosimaan maalämpöä viimeisten 10 vuoden aikana. [25]

Lämpöä voidaan jakaa rakennukseen vesi- ja ilmakiertoisesti sekä suoraan sähköllä. Rakennuksen lämmönjakoon käytetään

- lämmityspattereita
- lattialämmitystä
- ilmanvaihtoa
- ilmanlämpöpumppuja
- erillisiä lämmönjakolaitteita.

### 3.2.1 Kaukolämpö

Kaukolämpö tuotetaan lämpö- tai voimalaitoksissa josta se jaetaan asiakkaalle kaukolämpöverkkoa pitkin. Kaukolämmön tuottamiseen käytetään kivihiiltä, maakaasua, turvetta, puuta tai öljyä. Suomessa noin puolet rakennuksista lämmitetään kaukolämmön avulla. Kaukolämmössä lämmönjakojärjestelmänä voidaan käyttää vesikiertoista lattia- tai patterijärjestelmää, ilmalämmitystä tai ilmanvaihtolämmitystä.

Kaukolämmön käyttäminen on vaivatonta, eikä se vaadi juurikaan huoltoa. Haittapuolena on hinnan määräytyminen energiayhtiön toimesta, johon asiakas ei voi vaikuttaa. [14; 15; 24; 25.] Kuvassa 6 on esitetty kaukolämpöpaketti.



Kuva 6. Kaukolämpöpaketti

### 3.2.2 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys voidaan toteuttaa vesikiertoisena tai huonekohtaisena. Suorassa sähkölämmityksessä lämmönjako toteutetaan sähköpattereilla tai sähköisellä lattialämmityksellä.

Vesikiertoisessa sähkölämmitysjärjestelmässä kiertovesi lämmitetään sähkövastuksilla.

Suosittu lämmitystapa on myös sähköllä toimivat ilmalämpöpumput, jotka ottavat lämpöä ulkoilmasta ja siirtävät sen rakennukseen. Ilmalämpöpumput sopivat erinomaisesti kesämökeille tai omakotitaloihin. Ilmalämpöpumppujen käyttö vaatii yleensä jonkun tukilämmitysmuodon rinnalle.

Koska lämmitysenergian tuottaminen sähkölämmityksellä on muita järjestelmiä kalliimpaa, käytetään sähkölämmitystä yleensä yhdessä jonkin muun lämmitysmuodon kanssa. [24; 25.]

### 3.2.3 Öljylämmitys

Öljylämmitys perustuu öljyn polttamiseen ja siitä saatavaan energiaan. Uusissa öljylämmitysjärjestelmissä on hyvät hyötysuhteet ja polttoaineet palavat puhtaasti. Öljylämmitystä voidaan käyttää sellaisenaan tai yhdistää siihen jotain uusiutuvaa energiaa, esimerkiksi puulla tuotettua energiaa tai aurinkolämpöä. Öljykattilan lämmitysteho riittää myös käyttöveden lämmittämiseen, joten erilliselle varaajalle ei ole tarvetta.

Haittapuolena on suuri tilantarve öljykattilalle ja hormille sekä öljyn hinta, johon asiakas ei voi vaikuttaa. [24; 25.]

### 3.2.4 Puu- ja pellettilämmitys

Puu ja pellettilämmitys perustuu biopolttoaineen polttamiseen ja siitä saatavaan energiaan. Puun polttaminen on energiaystävällinen ratkaisu, joka soveltuu erinomaisesti maalla sijaitseviin omakotitaloihin joissa puuta on saatavilla jatkuvasti. Puu- ja pellettilämmitystä voidaan käyttää päälämmitysmuotona tai tukilämmitysmuotona jonkun muun lämmitysmuodon ohessa.

Tässäkin järjestelmässä haittapuolena on suuri tilantarve pannuhuoneelle sekä puun tai pelletin varastoinnille. Puulämmitystä käytettäessä rakennetaan yleensä erillinen puuvasto, jossa puut saavat kuivua. Lämmitysmuoto on edullinen, jos puuta on saatavilla, mutta tuottaa paljon työtä puiden pilkkomisen ja varastoinnin kannalta. [24; 25.]

### 3.2.5 Maalämpö

Maalämpö perustuu maasta saatavaan lämmitysenergiaan syvästä porakaivosta eli geotermisen energian hyödyntämiseen tai maan pintaan asennettuun pitkään vaakaputkistoon eli aurinkoenergian hyödyntämiseen. Aurinkoenergian lämmittämästä vedestä voidaan myös ottaa talteen maalämpöä, jos tontti sijaitsee vesistön äärellä.

Maalämmön käyttö on suosittua varsinkin uusissa pientaloissa. Maalämpöjärjestelmän käyttö on vaivatonta eikä vaadi juurikaan huoltoa. Investointikustannukset ovat suuret, mutta maksavat itseään takaisin vähäisten käyttökustannusten myötä. [24; 25.]

### 3.3 Käyttövesi- ja viemäri

Käyttövesi- ja viemärijärjestelmän tarkoitus on tuoda puhdasta juomakelpoista vettä rakennukseen sekä poistaa jäte- ja hulevedet.

Käyttövesi tuodaan rakennukseen joko kunnallista vesiverkostoa pitkin tai omasta porakaivosta. Kunnallista vesiverkostoa pitkin tuleva vesi on puhdistettu vesihuoltolaitoksessa. Pohjavesi on yleensä niin puhdasta, että se on juomakelpoista. Vesi lämmitetään lämmönjakohuoneessa, josta se johdetaan vesipisteille vesijohtoja pitkin. Vesi saadaan vesipisteille käyttövesipumpun aiheuttaman paine-eron avulla. Käyttövesijärjestelmissä käytetään yleensä kuparisia runko- ja jakojohdot tai vesi jaetaan suoraan jakotukilta vesipisteelle suojaputkissa kulkevilla muoviputkillilla.

Viemärijärjestelmän toiminta perustuu jäte- ja hulevesien poistamisesta rakennuksesta tonttviemärillä, josta se johdetaan joko kunnalliseen viemäriin tai omaan jätekaivoon. Jätevesijärjestelmän kunnalliset viemärit toimivat joko viettoviemäreinä, jos viemärit saadaan vietyä jätevesilaitokselle vähimmäiskaadolla. Muussa tapauksessa viemärointi toteutetaan paineviemäreillä.

Myös jossain rakennuksissa, joissa ei saada tuotua jätevesiä kunnalliseen viemäriin kaadolla, käytetään paineviemäreitä, esimerkiksi maanalaisissa tiloissa. Tällaiset tilat varustetaan omalla jätevesipumppaamalla, jotta jätevedet saadaan kunnalliseen viemäriin.

Omalla jätekaivolla varustettujen rakennusten jäteveden saadaan jätevesilaitokselle tyhjentämällä jätekaivo jäteautolla, joka kuljettaa ne eteenpäin, tai käsittelemällä ne tontilla

Hulevedet johdetaan sadevesikaivoihin, joista ne johdetaan viemäreitä pitkin tontin reunalla sijaitsevaan ojaan. [3]

### 3.4 Sähköiset järjestelmät

Lähes kaikkeen rakennuksessa olevan tekniikan toimintaan vaaditaan sähköä. Sähkö saadaan rakennuksen sähkökeskukseen voimalaitoksesta, kunnallista sähköverkkoa pitkin. Sähkökeskus (kuva 7) on sähköjärjestelmän keskipiste, siinä sijaitsevat sulakkeet eri tiloille ja tarpeille. Sulakkeet määräävät jokaisen sähköpiirin suurimman kulutuksen määrän. Myös pääsulakkeet sijaitsevat sähkökeskuksessa. Ne määräävät, kuinka suuren kokonaissähköenergian määrän järjestelmä voi kuluttaa kerrallaan, eli suurimman suunnitellun kuormituksen niin että laitos toimii turvallisesti eikä ylikuormitu ja riko laitteita. Sähkökeskuksesta sähkö jaetaan haluttuihin pisteisiin kaapeleilla joko suoraan laitteille tai pistorasioihin.



Kuva 7. Sähkökeskus

Erilaisia sähköjärjestelmiä ovat

- valaistusjärjestelmät
- valvontajärjestelmät
- hälytysjärjestelmät
- äänentoistojärjestelmät
- antenni- ja telejärjestelmät
- sähkölämmitysjärjestelmät.

#### 3.4.1 Valaistusjärjestelmät

Lähes jokainen rakennus sisältää jonkinlaisen valaistusjärjestelmän. Yleensä valaisimia löytyy niin ulko- kuin sisätiloistakin.

Valaistuksen tarkoitus on luoda miellyttävä työskentely- ja oleskeluympäristö. Valaistuksen tavoitteet liittyvät näkemiseen, jossa yhdistyvät valo ja sen tarpeet sekä henkilökohtaiset mukavuustekijät ja tarpeet. Valaistusjärjestelmän sijoitus ja käyttötarkoitus voi olla hyvin monimuotoinen, riippuen valaistuksen käyttötarkoituksesta. [4]

Valaisinjärjestelmiä on lukuisia, ja niiden laajuus riippuu käyttötarkoituksesta. Erilaisia järjestelmiä ovat

- sisävalaistusjärjestelmät
- ulkovalaistusjärjestelmät
- aluevalaistusjärjestelmät
- julkisivuvalaistusjärjestelmät

- mainosvalaistusjärjestelmät
- kulku- ja hätävalaistusjärjestelmät
- esitysvalaistusjärjestelmät.

### 3.4.2 Valvontajärjestelmät

Valvontakamerat ovat lisääntyneet viime aikoina joka puolella. Valvontajärjestelmillä halutaan luoda turvallisuutta ja varmistaa, että valvotussa kohteessa on kaikki kunnossa. Valvontajärjestelmiä ovat

- kulunvalvontajärjestelmät
- kameravalvontajärjestelmät
- murtohälytysjärjestelmät.

Kulunvalvontajärjestelmillä valvotaan kohteessa liikkumista. Järjestelmällä voidaan varmistaa, kuka liikkuu missäkin. Kulunvalvonnalla voidaan varmistaa, että vain halutut henkilöt pääsevät liikkumaan rakennuksessa. Kulkuoikeuksia voidaan rajata, niin että esimerkiksi vain huoltohenkilöt pääsevät kulkemaan teknisiin tiloihin. Tulipalotilanteessa voidaan myös varmistaa, kuka rakennuksessa on ollut sillä hetkellä. Kulunvalvonnalla voidaan myös käyttää työajanseurantaa.

Kameravalvontajärjestelmillä varmistetaan ja tarkkaillaan eri alueita ja tiloja. Yleisimmät tarkkailun kohteet rakennuksessa ovat

- sisäänkäynnit ja sisääntuloaulat
- pysäköintitilat
- lastaustilat
- ulkoalueet seinien läheisyydessä



- erityistä valvontaa vaativat tilat, esimerkiksi atk-tilat ja holvit.

Kameroihin on yleensä suora näköyhteys esimerkiksi valvomosta tai vahtimestarin tilasta. Kameroissa voi myös olla tallentava toiminta, jolla voidaan selvittää mahdollisia tapahtumia jälkeenpäin.

Murtohälytysjärjestelmän tarkoitus on valvoa kohteeseen tunkeutumista ja siellä liikkumista. Havaitessa asiatonta liikettä järjestelmän valvontakeskus lähettää ilmoituksen hälytyskeskukseen, josta ryhdytään sovittuihin toimenpiteisiin, esimerkiksi hälytetään poliisi tai vartija paikalle. [5; 6.]

### 3.4.3 Hälytysjärjestelmät

Hälytysjärjestelmillä halutaan varmistaa, että saadaan tieto kun jokin arvo ei vastaa haluttua. Toiminta perustuu anturiin, joka mittaa tarkkailtavaa arvoa ja hälyttää jos lukema poikkeaa annetuista raja-arvoista. [7]

Hälytysjärjestelmiin kuuluvat erilaiset

- palovaroittimet
- murtohälyttimet
- laitteiden häiriöistä tai tarvittavasta huollosta ilmoittavat hälyttimet.

### 3.4.4 Äänentoistojärjestelmät

Äänentoistojärjestelmän tarkoitus on välittää kuulutuksia ja ääniohjelmia julkisissa tiloissa. Äänentoistojärjestelmällä voidaan myös lisätä viihtyvyyttä musiikilla, välittää äänimainoksia sekä parantaa turvallisuutta erilaisilla hätäkuulutuksilla ja varoituksilla. Yleisimpiä käyttökohteita ovat

- koulut

- myymälät
- kauppakeskukset
- rautatie- ja lentoasemat
- tehtaat
- toimistorakennukset
- terveyskeskukset ja sairaalat. [8]

#### 3.4.5 Antenni- ja telejärjestelmät

Antenni- ja telejärjestelmiä käytetään tv- ja puhelinpalveluiden jakeluun. Antenniverkon kautta voidaan myös välittää radiopalveluja, satelliitti-tv-palveluja sekä omia tiedotuspalveluja. Antenni- ja telejärjestelmiin kuuluvat myös verkkoyhteydet.

#### 3.4.6 Sähkölämmitysjärjestelmät

Sähköllä voidaan hoitaa erilaiset saattolämmitykset ja sulanapidot, esimerkiksi syöksytorvien saattolämmityksen.

Sähköllä voidaan myös lämmittää rakennusta.

Lisää tietoa sähkölämmitysjärjestelmistä on luvussa 2.2.2 Sähkölämmitys.

#### 3.5 Sprinkleri

Sprinklerin, eli sammutusjärjestelmän tarkoitus on sammuttaa palo tai pitää se hallinnassa kunnes se saadaan tehtyä muilla menetelmillä. Lisäksi sprinklerilaitteisto ilmaisee palon mahdollisimman pian sen syttymisestä. Sprinklereillä ehkäistään myös uudelleen syttymistä. Sprinklerijärjestelmä on automaattisesti toimiva sammutuslaitteisto, joka lau-

kaisee sprinkleriverkossa olevat suuttimet palon tuottamasta lämmöstä. Suuttimet toimivat yksittäin ja vettä purkautuu vain palokohteen päälle. Lisää suuttimia laukeaa viereltä palon aiheuttamasta lämmöstä, mikäli yksittäinen suutin ei saa paloa kuriin. Suuttimien lauetessa laukeaa myös hälytysventtiili, joka antaa palohälytyksen. [9; 16.]

Sprinklerijärjestelmän käyttökohteita ovat

- asuintilat
- liiketilat
- hoitolaitokset
- sairaalat
- varasto ja tuotantotilat
- teollisuushallit
- pysäköintilaitokset.

Sprinklerijärjestelmiä on useita erilaisia, joista käytetyimmät ovat

- märkäjärjestelmä
- kuivajärjestelmä
- ennakkolaukaisujärjestelmä
- aluejärjestelmä.

### 3.6 Savunpoisto

Savunpoistojärjestelmän tarkoitus on suojata henkilöitä pitämällä rappukäytävät ja poistumisreitit vapaina savusta palotilanteessa. Savunhallinnalla helpotetaan myös palolaitoksen toimintaa palotilanteessa. Savunpoistojärjestelmä koostuu yleensä savunpoistokeskuksesta sekä siihen liittyvistä laukaisu- ja ohjauskeskuksista. Järjestelmän laitteistot voivat olla täysin automaattiset tai palokunnan käynnistettävät. Savunpoiston toiminta perustuu savun ja lämmön poistamisesta koneellisesti tai painovoimaisesti. Koneellisesti savua poistetaan savunpoistopuhaltimien (kuva 8) avulla, kun taas painovoimaisesti käytetään katossa tai seinän yläosassa olevia savunpoistoluukkuja, helposti rikottavia ikkunoita tai korkeita oviaukkoja. Puhaltimilla joko ohjataan savua ulos savunpoistoreittiä pitkin tai savu poistetaan savunpoistokanavia pitkin. Savunpoistopuhaltimet tarvitsevat korvausilmaa toimiakseen. Korvausilma saadaan yleensä korvausilmapuhaltimien, ovien tai ikkunoiden kautta. Korvausilman tulisi olla yhtä suuri kuin savunpoistovirran.



Kuva 8. Savunpoistopuhaltimien kaapelointi.

## 4 Laitoksen toiminnan varmistus

Ennen laitoksen luovutusta ja käyttöönottoa tulee kaikkien järjestelmien ja laitteiden toimia suunnitellusti. Järjestelmien toimivuus varmistetaan usean tarkastus- ja käyttötilanteen myötä.

Laitteiden ja järjestelmien toiminta varmistetaan alla mainittujen vaiheiden mukaan seuraavassa järjestyksessä [1; 12; 13]:

- toimintatarkastukset (vrt. auton käynnistäminen)
- toimintakokeet (vrt. autolla ajaminen pihassa)
- tässä välissä suoritetaan yleensä mittaus ja säätötyöt
- koekäyttö (vrt. autolla ajaminen kauppaan ja takaisin)
- yhteiskoekäyttö (vrt. autolla ajaminen Helsingistä Lappiin).

### 4.1 Toimintatarkastukset

Asennustöiden valmistuessa urakoitsija varmistaa työnsä laadun luovuttamalla LVI-järjestelmät ja -laitteet ensin itselleen. Itselleluovutuksen eli toimintatarkastusten jälkeen havaitut virheet ja puutteet korjataan välittömästi, jotta voidaan siirtyä varsinaisiin toimintakokeisiin. Toimintatarkastuksilla halutaan pääsääntöisesti varmistaa, että kaikki omat laitteet ja järjestelmät toimivat suunnitellusti ja voidaan ilmoittaa oma valmius toimintakokeisiin.

Toimintatarkastuksissa käydään yksityiskohtaisesti läpi laitteet ja järjestelmät jonka toiminnot tarkastetaan toimintakokeissa. Toimintatarkastukset suoritetaan yhdessä kaikkien urakoitsijoiden kanssa, jotka ovat osallistuneet kyseisen järjestelmän toteuttamiseen. Toimintatarkastuksista laaditaan pöytäkirja, jota voidaan käyttää pohjana toimintakokeissa. [1; 12; 13.]

## 4.2 Toimintakokeet

### 4.2.1 Tarkoitus

Toimintakokeet ovat osa rakennuttajan ja urakoitsijoiden yhteistä laadunvarmistusta, jossa testataan yksittäisten laitteiden toiminnat, säädöt, ohjelmat, häiriötoiminnat, ohjaukset ja hälytykset.

Toimintakokeiden päätarkoitus on

1. Varmistaa riittävän ajoissa ennen hankkeen luovutusta, että on saatu, mitä on tilattu, eli laitteet toimii halutulla tavalla. Havaitut puutteet ja viat voidaan korjata ennen rakennuksen varsinaista koekäyttöä.
2. Varmistaa eri urakoitsijoiden pysymisen aikataulussa, niin että LVI-laitteiden säädölle ja viritykselle jää riittävästi aikaa ennen rakennuksen luovuttamista.

Toimintakokeilla varmistetaan myös, että laitteet toimivat oikein, turvallisesti ja energia-  
tehokkaasti. [1; 2; 12; 13.]

### 4.2.2 Valmius

Toimintakokeiden toteutus edellyttää, että rakennuksen konehuoneet, sähkökeskus sekä valvomotilat on valmiita ja siivottuna. Rakennuksen muut tilat tulee olla siinä kunnossa, että säädöt ja viritykset voidaan tehdä, ts. kaikki ikkunat, ovet ym. rakennusosat on asennettu. Alustava loppusiivous tulee olla tehtynä siinä määrin, että ilmanvaihtokoneita käytettäessä ilmanvaihtokanaviin ei mene likaa.

#### *Putkitöiden osalta*

- Kaikki laitteet ja verkosto on asennettu lopullisesti.
- Paine- ja tiiveyskokeet on suoritettu.
- Verkosto on huuhdeltu ja esisäädetty.

- Eristystyöt on pääosin tehty.
- Mittarit ja anturit on asennettuna.
- Laitekilvet on asennettu ja merkinnät suoritettu.

#### *Ilmanvaihtotöiden osalta*

- Kaikki koneet ja laitteet on asennettu.
- Tiiveyskokeet on suoritettu.
- Puhaltimet ja kanavistot on puhdistettu.
- Venttiilit ja säleiköt on asennettu.
- Laitekilvet on asennettu ja merkinnät suoritettu.

#### *Sähkötöiden osalta*

- Kaikkien sähkökeskusten ja johdotusten tulee olla asennettuna, siten että virta tulee koneille ja laitteille lopullista kytkentää myöten.
- Erillispisteiden johdotukset on tehty sekä rakennusautomaatio- ja sähkösuunnitelmien yhteensopivuus tarkastettu.
- Konehuoneiden valaistuksen tulee toimia.
- Pyörimissuunnat ja pakkokytkennät on tarkastettu.
- Moottoreiden lämpösuojat on viritetty.
- Hälytykset on kokeiltu.
- Pääkytkimet on viritetty.

- Keskkukset, kaapelit ja laitteet on merkitty.

Automaatiikan tulee olla kytketty, esiviritetty sekä asetusarvot viritetty.

Urakoitsijoiden toimintatarkastusten tulee olla suoritettu ennen yhteisiä toimintakokeita.  
[1; 12; 13.]

#### 4.2.3 Toteutus

Toimintakokeiden ajankohta voidaan sopia, kun urakoitsijoiden omat toimintatarkastukset on pidetty ja urakoitsijat ovat todenneet, että kaikilla on valmius toimintakokeiden aloittamiseen.

Toimintakokeet suoritetaan rakennuttajan toimesta joko pistokoeluentoisesti tai koko laajuudeltaan, rakennusprojektista riippuen.

Toimintakokeisiin osallistuvat yleensä

- ilmanvaihtourakoitsija
- putkiurakoitsija
- sähköurakoitsija
- automaatiourakoitsija
- rakennusurakoitsija
- LVI-valvoja
- rakennuttajan edustaja.

Tarkastuksissa tarkastetaan mm. seuraavat toiminnot:



Puhaltimien, pumppujen ja lämmöntalteenottolaitteiden pyörimissuunnat. Esimerkiksi väärään suuntaan pyörivä puhallin antaa kyllä ilmapvirran, mutta erittäin huonolla hyötysuhteella. Tämä kasvattaa energiankulutusta merkittävästi.

Säätimien, toimilaitteiden ja anturien toiminta ja merkinnät tarkastetaan. Laitteet ja puhaltimet tulee olla merkitty laitekilvillä. [1; 12; 13.]

#### 4.3 Koekäyttö

Koekäytön tavoitteena on varmistaa ja todeta, että tilan, laitteen tai järjestelmän

- toimivuus ja käyttäytyminen ovat oikein suunnitelluissa olosuhteissa
- käyttäminen on turvallista
- kestävyys on suunnitellun mukainen
- sovitut arvot saavutetaan

Koekäyttö voidaan suorittaa, kun kaikki rakennustekniset työt sekä tekniset asennukset ovat valmiit. Ennen koekäyttöä järjestelmien tulee olla myös mitattu, säädetty ja viritetty. Urakoitsijat luovuttavat järjestelmien mittaus-, säätö- ja virityspöytäkirjat rakennuttajalle ennen koekäytön aloittamista. Olosuhteiden ja kuormitusten tulee olla oikeat luonnollisesti tai simuloitua järjestetysti. Koekäyttö tehdään ennen luovutusta/vastaanottoa.

Koekäytössä tarkastellaan kokonaisen järjestelmän toimivuutta ja se tehdään yleensä tietyille erikoislaitteille kuten

- erityistilojen ilmanvaihtolaitteet (esim. ATK-tilat)
- jäähdytetyt tilat ja pakastevarastot
- ilmanvaihdon jäähdytyslaitteet

- kostutus ja kuivausjärjestelmät
- jäähdytyspattereilla varustetut ilmanvaihtokoneet
- kattilalaitokset
- varavoimalaitteet
- väestönsuojalaitteet
- savunpoisto- ja ylipaineistusjärjestelmät
- sprinkleri- ja vesisumupumput.

Urakoitsija on yleensä velvollinen suorittamaan koekäytön rakennuttajan edustajan valvonnassa sekä hankkimaan siihen tarvittavat laitteet ja mittarit. [1; 12; 13.]

#### 4.4 Yhteiskoekäyttö

Kun järjestelmät ja tilat ovat lopullisessa käyttötarkoituksessa, voidaan yhteiskoekäytöt suorittaa ennen lopullista luovutusta/vastaanottoa. Yhteiskoekäytön tavoitteena on

- varmistaa ja todeta että kokonaisten tilojen sekä järjestelmien käyttäytyminen ja toiminta suunnitellun mukainen.
- tarkastaa koko kohteen järjestelmien yhteistoiminta (esim. ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän yhteistoiminta).
- varmistaa että järjestelmä toimii mahdollisimman energiatehokkaasti olosuhteiden mukaisesti.

Yhteiskoekäytöt suoritetaan sekä normaalissa käyttötilanteessa että poikkeus- tai kriisitilanteessa.

Normaalissa käyttötilanteessa tarkastetaan

- lämmitysjärjestelmät
- jäähdytysjärjestelmät
- ilmanvaihtojärjestelmät.

Tulokset saadaan pitkän aikavälin mittaus- ja käyttötilaseurannasta, josta voidaan analysoida järjestelmän ja sen komponenttien käyttäytymistä eri tilanteissa.

Poikkeustilanteessa tarkastetaan

- väestönsuojalaitteet
- palotilanteen savunpoisto- ja ylipaineistuslaitteet.

Tulokset saadaan joko toimintojen tallennusdokumentin avulla tai paikan päällä toteamalla. [1; 12; 13.]

## **5 Järjestelmien testaaminen**

Järjestelmien tarkastamisessa ei ole pelkästään yhtä oikeaa tapaa, vaan ne vaihtelevat niin yritys- kuin henkilökohtaisestikin. Kaikilla menetelmillä halutaan kuitenkin saavuttaa sama lopputulos, eli selvittää, toimiiko tarkastettava kohde suunnitellusti. Tässä opinnäytetyössä testaamisen selostaminen on rajattu ilmanvaihtokoneeseen, koska kaikkien komponenttien ja järjestelmien avaaminen olisi liian laaja aihe. Itse työn toimintatarkastuspohjassa ja toimintaohjeessa ovat kuitenkin kaikki laitoksen peruskomponentit. Ilmanvaihtokone valittiin esimerkiksi, koska se kattaa laajan alueen, kun siihen liittyy putki-, sähkö-, automaatio- sekä ilmanvaihtourakoitsijalta tarvittavia työvaiheita.

## 5.1 Ilmanvaihtokoneen toiminnan tarkastus

Kun ilmavaihtokone ja siihen liittyvät asennukset on tarkastettu ja todettu valmiiksi, voidaan suorittaa itse ilmanvaihtokoneen toiminnan tarkastus. Tarkastettavat fyysiset asennukset ovat [1; 12; 13; 20; 21]:

- ilmanvaihtokanavisto ja sen komponentit
- lämmitys- ja jäähdytyspatterin putkisto ja sen komponentit
- ilmanvaihtokoneen komponentit ja anturit
- sähköä vaativien komponenttien kaapeloinnit
- automaation fyysiset asennukset.

Komponenttien tulisi myös olla merkitty kohteen työselostuksen mukaisesti.

Ennen ilmanvaihtokoneen toiminnan tarkastusta tulee ilmanvaihtokonehuoneen, koneen palvelevien tilojen sekä koneen sisätilojen olla puhtaana jotta kanavistoon ja koneeseen ei kerry pölyä ja muita epäpuhtauksia. Puhtaus tarkastetaan ennen toiminnan tarkastusta, yleensä rakennuttajan tai valvojan toimesta.

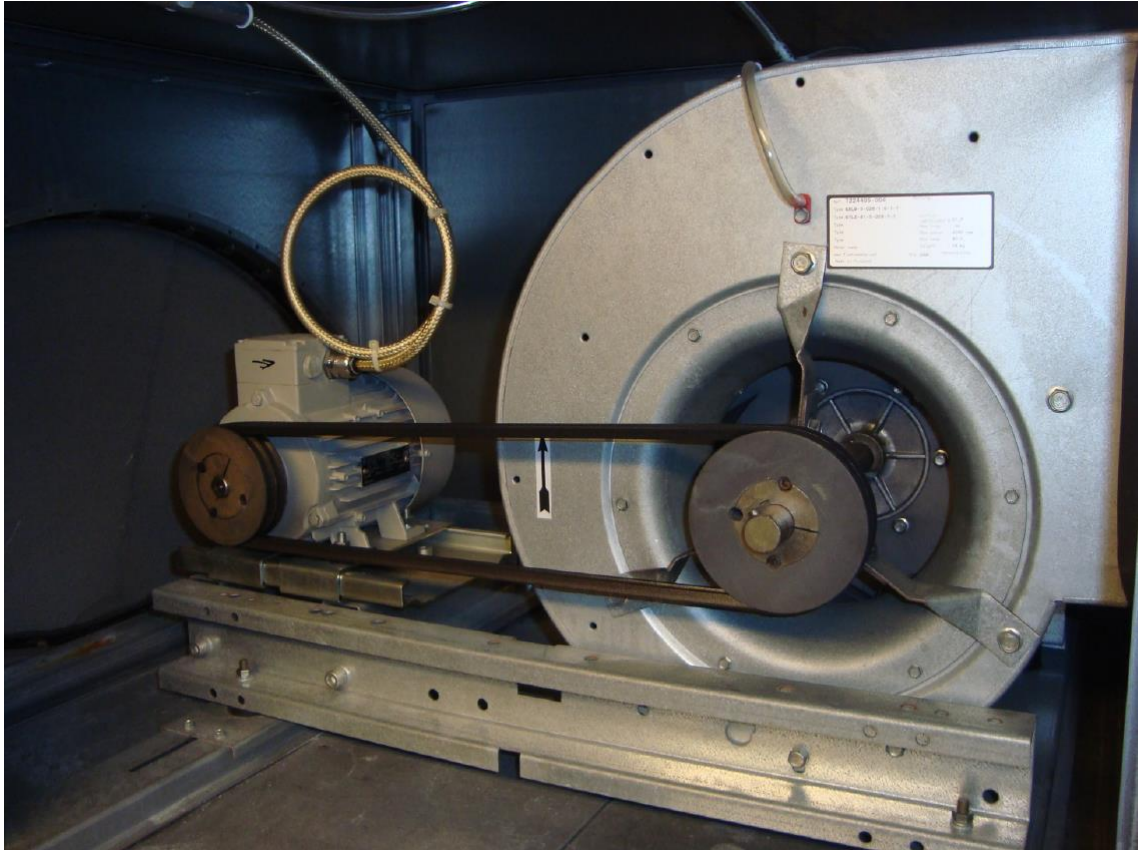
Tarkastuksissa käydään koneen jokainen toiminnallinen komponentti läpi. Kaikki puhaltimet ja pumput tulisi pysähtyä ja käynnistyä turvakytimestä, nokkakytkimestä sekä automatiikan ohjauksesta. Tilatiedon tulisi muuttua VAK:ssa. Raitis- ja jäteilmapeltien liikerata tarkastetaan, jotta pelti pääsee avautumaan ja sulkeutumaan vapaasti. Peltien ohjaus tarkastetaan pysäyttämällä puhaltimet, jolloin peltien pitäisi sulkeutua. Päinvastoin käynnistäessä peltien pitäisi avautua. Suodatinosan paine-ero anturi tarkastetaan, jotta se näyttää järkeviä arvoja, sen varalta, että anturi on rikki tai letkut kytkemättä tai lytyssä. Sen hälytys testataan asettamalla hälytysraja pienemmäksi, jolloin hälytyksen pitäisi kulkeutua valvontajärjestelmään.

Pyörivän LTO:n pyörimissuunta tarkastetaan pysäyttämällä se, minkä jälkeen huolto-  
luukku avataan ja todetaan, että se pyörii nuolen osoittamaan suuntaan. Pyörimisvahdin

hälytys voidaan tarkastaa irrottamalla remmi. LTO:n huurtumisen esto tarkastetaan asettamalla asetusarvoa pienemmäksi, jolloin tuloilmapuhaltimen pyörimisnopeuden tulisi hidastua ja poistoilmapuhaltimen pyörimisnopeus säilyä ennallaan. Paine-eromittaus LTO:n yli tarkastetaan pudottamalla asetusarvoa pienemmäksi. LTO-patterissa tarkastetaan, että pumppu pyörii nuolen osoittamaan suuntaan ja että lämpötilaohjaukset totelevat automatiikkaa. Ristivirta-LTO:ssa eli kuutiossa tarkastetaan, että säleet ovat ehjät, ohitus- ja sulkupeltien liikeradat ovat vapaat ja että ne ajavat kiinni ja auki käskystä.

Lämmitys- ja jäähdytyspatterista tarkastetaan pumpun pyörimissuunta. Lämmityspatterin pumpun tulisi käydä, vaikka puhaltimet ovat pysäytettynä, jotta patterit eivät pääse jäätymään ulkoilman ollessa pakkasella. Lämmitys- ja jäähdytysverkoston moottoriventtiilien toiminta tarkastetaan ohjaamalla niitä automatiikalla. Veden lämpötilan tulisi nousta ja laskea sekä tilatiedon muuttua VAK:ssa. Moottoriventtiin tulisi säätää menoveden lämpötilaa tuloilman lämpötilan perusteella.

Puhaltimien pyörimissuunnat tarkastetaan pysäyttämällä puhallin ja katsomalla huolto-luukusta, että puhallin pyörii nuolen osoittamaan suuntaan (kuva 9). Puhaltimen pyörimisnopeuden tulisi muuttua suoraan taajuusmuuttajasta. Puhaltimen käyntiäänestä kuunnellaan, että puhallin pääsee pyörimään vapaasti, eikä osu mihinkään. Tarkastetaan että puhaltimen yli oleva paine-eromittari näyttää järkeviä lukemia.



Kuva 9. Puhaltimen nuoli osoittaa pyörimissuunnan.

Tuloilmapuhallin voi käydä kun

- lämmityspatterin pumppu käy
- jäätymissuojatermostaatti ei hälytä
- ilmanvaihdon pysäytys ei ole voimassa
- turvakytkin on kiinni
- palohälytys ei ole päällä
- lämmitysverkossa ei ole häiriötä.

Poistoilmapuhallin voi käydä kun

- tuloilma puhallin käy
- ilmanvaihdon pysäytys ei ole voimassa
- turvakytkin on kiinni.

Taajuusmuuttajista tarkastetaan, että asetusarvot ja parametrit on asetettu moottorin kilven mukaisesti. Puhaltimen käynnistyessä taajuusmuuttajan tulisi säätää puhaltimen pyörimisnopeus taajuusmuuttajan säädön mukaiseksi.

Ilmanvaihtokoneen pakkokytkennöistä tarkastetaan, että lämmityspatterin pumppu käy koko ajan ja sen pysähtyessä myös puhaltimet ja LTO pysähtyy. Ilmanvaihdon hätä-seis-painikkeesta koko koneen tulisi sammua, eli puhaltimien ja LTO:n pysähtyä sekä raitis- ja ulkoilmapeltien sulkeutua.

Jäätymissuojatermostaatti testataan nostamalla sen asetusarvoa ja laskemalla tuloilman lämpötilan asetusarvoa. Kun lämmityspatterin paluueden lämpötila laskee jäätymiseneston asetusarvoon, tulisi koneen pysähtyä ja peltien sulkeutua sekä hälytyksen kulkeutua valvontapisteeseen. Jos kelit eivät salli tätä menetelmää, voidaan jäätymissuoja-termostaatti testata tekemällä ohitus kytkentöihin.

Palovaaratermostaatissa säädetään asetusarvoa alaspäin, jolloin sen pitäisi laueta ja koneen pysähtyä. Virtausvahdin tulisi hälyttää, jos puhallin käy mutta arvo on 0, eli puhallin pyörii mutta ilma ei virtaa. Puhaltimien välisen pakkokytkennän pitäisi toimia niin, että tulo- ja poistoilmapuhallin käyvät rinnan.

Automaation ohjelmoimasta grafiikasta tarkastetaan, että pumppujen ja puhaltimien ristiiritähälytykset sekä indikoinnit näkyvät grafiikassa, yleensä punaisella. Tarkastetaan myös, että suodattimen ja LTO:n paine-erohälytykset näkyvät grafiikassa. Arvojen tulisi olla näkyvissä ja muutettavissa huoltohenkilökunnan toimesta. Perusasetusarvot, kuten lämpötilat, pyörimisnopeudet ja hälytysten raja-arvot asetetaan grafiikkaan suunnitelmien mukaisesti.

## 5.2 Toimintaohjeen hyödyntäminen rakennushankkeessa

Tässä opinnäytetyössä tehdyn toimintatarkastuspöytäkirjan siihen liittyvän toimintatarkastusohjeen on tarkoitus helpottaa ja selkeyttää urakoitsijoiden omien toimintatarkastusten suorittamista. Toimintaohjeen on tarkoitus toimia tarkastuksien suunnitelmana sekä ohjelmana. Ennen tarkastusten aloittamista toimintaohje toimitetaan suunnitelmana rakennuttajalle hyväksyttäväksi. Tarkastuksissa toimintaohje toimii urakoitsijan aputyökaluna. Toimintaohjeen kohdat käydään läpi ja merkataan tarkastuspöytäkirjaan. Näin ollen tarkastukset sujuvat systemaattisesti järjestyksessä, ja mahdolliset puutteet havaitaan helposti. Näitä dokumentteja voidaan myös käyttää pohjana varsinaisissa toimintakokeissa, mikäli se muille osapuolille sopii.

Kuvassa 10 on esimerkki toimintatarkastuspöytäkirjasta.

Puhallimet						
- Pyörimissuunta						
- Ohjaukset						
- Käyntiaani						
- Merkinnät						

Kuva 10. Toimintatarkastuspöytäkirja, ilmanvaihtokoneen puhallimet.

Koska järjestelmiä on paljon ja toimintatarkastuksien suorittamiseen vaaditaan useita päiviä, on tarkastettavat komponentit jaettu järjestelmittäin. Näin ollen pöytäkirjan täyttäminen on helppoa, ja siitä voidaan poimia vain tarkastettu osuus. Pöytäkirja tehtiin mahdollisimman yksinkertaiseksi ja helposti muokattavaksi erikoisempia kohteita varten.

Kuvassa 11 on esimerkki toimintaohjeesta.



## Puhaltimet

### *Pyörimissuunta*

- Tarkastetaan että puhallin pyörii nuolen osoittamaan suuntaan.

### *Ohjaukset*

- Puhallin käynnistyy ja sammuu turvakytkimestä, nokkakytkimestä, taajuusmuuttajasta ja VAK:sta (EC-puhallin)
- Puhaltimen pyörimisnopeus muuttuu suoraan taajuusmuuttajasta.
- Puhaltimen käynnistyessä/sammuessa/pyörimisnopeutta muuttaessa tilatieto muuttuu VAK:ssa.

### *Käyntiääni*

- Kuunnellaan että puhallin pääsee pyörimään vapaasti eikä osu mihinkään.

### *Merkinnät*

- Laite on merkitty ohjeiden mukaisesti.

Kuva 11. Toimintaohje, ilmanvaihtokoneen puhaltimet.

## 6 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää työkalu urakoitsijoiden toimintatarkastusten suorittamisen helpottamiseksi. Työllä kehitettiin myös Consti Talotekniikan Oy:n laadunvarmistusjärjestelmää tältä aihealueelta.

Aiheen idea syntyi edellisestä rakennushankkeesta, jossa Consti Talotekniikka Oy toteutti koko LVISA-urakoinnin. Toiminnan tarkastusten yhteydessä todettiin, että tällä osalla olisi kehittämisen varaa. Luomalla suunnitelman ja selkeät ohjeet toimintatarkastuksiin voitaisiin ne toteuttaa huomattavasti lyhemmässä ajassa ja näin ollen säästää kustannuksissa.

Aihe oli haastava vähäisen kirjallisuuden vuoksi. Toimintaohjeen luominen perustui paljolti yrityksen projektihenkilöiden aikaisemmista kokemuksista sekä edellisten projektien toimintatarkastusten dokumentoinneista.

Työ aloitettiin vuoden 2016 loppupuolella tekemällä luonnos toimintatarkastuspöytäkirjasta, minkä jälkeen sen perusteella laadittiin toimintaohje. Dokumentteja käytiin läpi eri asennuslajien urakoitsijoiden kanssa, jonka perusteella niitä muokattiin siten, että tarkastusten suorittaminen olisi mahdollisimman helppoa ja nopeaa. Useiden eri näkemysten ja mielipiteiden kautta saavutettiin kokonaisvaltaisesti toimiva kokonaisuus.

Lopputuloksena saatiin toimintatarkastuspöytäkirja sekä siihen liittyvä toimintaohje, joka sisältää kaikkien talotekniikkaurakoitsijoiden tarkastettavat peruskomponentit kohteessa. Työ on tarkoitettu liittävä osaksi yrityksen laadunvarmistusjärjestelmää. Tätä ei ole vielä otettu käyttöön, joten toimivuudesta ja hyödyistä ei vielä ole tietoa. Tilaaja oli tyytyväinen työhön, ja uskon, että tätä voidaan soveltaa useassa tulevassa projektissa.

Halu parantaa energiatehokkuutta ja kehittää tekniikkaa helpottamaan jokapäiväisiä asukareita on tehnyt talotekniikasta vahvasti ja nopeasti kehittyvän alan. Järjestelmät ja niiden tekniikka kehittyvät jatkuvasti, näin ollen tätäkin työtä joudutaan varmasti päivittämään jo lähivuosina.

Opinnäytetyö oli opettava, ja antoi laajan käsityksen siitä kuinka mikäkin järjestelmä toimii. Työ antoi myös hyvän kuvan siitä kuinka suuri osuus järjestelmien toiminnan tarkastaminen on hankkeen kokonaisuudesta. Työn aihe oli mielenkiintoinen, koska olin juuri mukana suorittamassa toimintatarkastuksia edellisessä projektissa. Itselläni ei ollut hirveästi aikaisempaa kokemusta aiheesta. Uskon, että pystyn hyödyntämään työstä saatua tietoa jatkossa tämän alan työtehtävissä.

## Lähteet

- 1 Rakennusten vastaan- ja käyttöönotto. 1991. LVI 03-40002. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 2 Ilmastointityöt. 2007. LVI 04-10411. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 3 Lämmitys-, vesi- ja viemäryöt. 2007. LVI 04-10410. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 4 Valaistussuunnittelun tehtäväluettelo val12. 2015. LVI 03-10556. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 5 Kulunvalvonta- ja työajanseurantajärjestelmät. Käyttö, ylläpito ja huolto. 2004. ST 98.57. Espoo: Sähköinfo Oy
- 6 Kameravalvontajärjestelmät. Käyttö, ylläpito ja huolto. 2009. ST 98.58 Espoo: Sähköinfo Oy
- 7 Murtohälytysjärjestelmät ja -palvelutohje 2008. Finanssialan Keskusliitto
- 8 Äänentoistojärjestelmät. ST-Käsikirja 19. 2004. Espoo: Sähköinfo Oy
- 9 Sprinklerilaitteisto. 2011. LVI 65-10475. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 10 SFS-EN ISO 9000 Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. Suomen Standardisoimisliitto
- 11 Junnonen, Juha-Matti. 2015. Rakennushankkeen laadunvarmistus. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020202.pdf>. Luettu 21.1.2017
- 12 Karsimus Pekka. Oulun Tilakeskuskoulutus. 2016 Taloteknisten töiden ja järjestelmien vastaanotto, tekniset mittaukset ja toiminnallisuuden toteamisen periaatteet (TATE=LVISA). Verkkoaineisto. <http://docplayer.fi/3199766-Taloteknisten-toiden-ja-jarjestelmien-vastaanotto-tekniset-mittaukset-ja-toiminnallisuuden-toteamisen-periaatteet-tate-lvisa.html> Luettu 15.12.2016
- 13 Nevala Janne. 2015. LVI-Sasto Oy Toimintakokeet – toteutus ja dokumentointi.. Verkkoaineisto. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2015/11/Toimintakokeet\\_toteutus-ja-dokumentointi\\_Janne-Nevala.pdf?x70712](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2015/11/Toimintakokeet_toteutus-ja-dokumentointi_Janne-Nevala.pdf?x70712) Luettu 15.12.2016
- 14 Kaukolämpölaitteiden toimintakoe. 2003. Verkkoaineisto. Suomen kaukolämpö Oy. [http://energia.fi/files/590/SuositusK16\\_2003\\_KL-laitteidenToimintakoe.pdf](http://energia.fi/files/590/SuositusK16_2003_KL-laitteidenToimintakoe.pdf) Luettu 20.12.2016

- 15 Kaukolämmön suunnittelu- ja urakointiohjeita. 2015. Verkkoaineisto. Helen Oy. <https://www.helen.fi/globalassets/lampo/ammattilaiset/kaukolampo/kaukolammon-suunnittelu-ja-urakointiohjeita.pdf> Luettu 20.12.2016
- 16 Sprinklerilaitteistot suunnittelu ja asentaminen. 2007. Verkkoaineisto. Tukes. <http://www.tukes.fi/Tiedostot/pelastustoimen-laitteet/aineisto/sprinklerilaitteistot-suunnittelu.pdf> Luettu 4.1.2017
- 17 Laadun historia. 2010. Verkkoaineisto. <http://www.kotiposti.net/tuurala/Laadun%20historia.htm> Luettu 8.3.2017
- 18 Allison A. 2012. Verkkoaineisto Building Science. <http://www.greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/building-science/should-flex-duct-be-banned> Luettu 8.3.2017
- 19 Duct Work and ventilation. 2017. Verkkoaineisto. Ab&c solutions. <http://www.abandcsolutions.co.uk/services/duct-work-and-ventilation/> Luettu 8.3.2017
- 20 Talotekniikan yleiset laatuvaatimukset. 2002. LVI 01-10355. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 21 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö
- 22 Ilmanvaihdon perusteet. 2017. Verkkoaineisto. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet> Luettu 8.3.2017
- 23 Ilmanvaihtojärjestelmät. 2017. Verkkoaineisto. <http://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat> Luettu 8.3.2017
- 24 Rakennusten lämmitys. 2006. LVI 10-10397. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 25 Pientalon lämmitysjärjestelmät. Verkkoaineisto. Motiva. [http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon\\_lammitysjarjestelmat.pdf](http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon_lammitysjarjestelmat.pdf) Luettu 8.3.2017