



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Matti Salojuuri

Pääurakoitsijan laadunvarmistus rakennus- hankkeen käyttööntovaiheessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

3.9.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Matti Salojuuri Pääurakoitsijan laadunvarmistus rakennushankkeen käyttöönottovaiheessa 32 sivua 3.9.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-urakointi
Ohjaajat	laatupäällikkö Emma Maliniemi lehtori Hanna Sulamäki
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä yhteen yrityksen useat erilaiset laatuprosessikuvaukset rakennushankkeen käyttöönottovaiheesta ja luoda näistä yksi yhtenäinen prosessikuvaus työvaiheineen. Tarkoituksena oli, että prosessissa olisi kuvattuna käyttöönottovaiheen jokainen työvaihe sekä määriteltynä niiden sidonnaisuus toisiinsa esimerkiksi aikataulun osin.</p> <p>Tieto on kerätty yhteen olemassa olevista firman sisäisistä tiedostoista sekä myös haastatteleamalla talotekniikan parissa työskenteleviä työntekijöitä. Lisäksi tietoa on myös lisätty verkkoaineistoista. Kootusta tiedosta muodostui prosessikuvaus, jonka avulla jokainen työntekijä voi perehtyä käyttöönottovaiheen talotekniikan järjestelmiin sekä käyttöönottovaiheen työvaiheisiin. Prosessin avulla esimerkiksi työnjohtaja osaa varautua ja varmistaa jokaisen vaiheen toteutumisen.</p> <p>Työn alussa on teoriaosio, joka esittelee talotekniikan perusjärjestelmät sekä laadun peruskäsityksen. Loppuosa työstä käsittelee käyttöönottovaiheen eri työvaiheita. Pienillä muokkauksilla tämän opinnäytetyön prosessikuvauksesta saa pätevän jokaiseen erilaiseen rakennushankkeeseen. Tätä opinnäytetyötä voi käyttää avuksi työmaan aikataulun ja työvaiheiden suunnittelussa.</p>	
Avainsanat	käyttöönotto, talotekniikka, laatu, laadunvarmistus

Author Title Number of Pages Date	Matti Salojuuri Prime Contractor's Quality Assurance in the Commissioning of a Building Project 32 pages 3 September 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Contracting
Instructors	Emma Maliniemi, Quality Control Manager Hanna Sulamäki, Principal Lecturer
<p>The goal of this thesis was to collect the quality control documents concerning the commissioning process of a building project. The purpose of this was to create a tool for quality control that lists all the different phases, explaining what to do and when, and how the phases and contracts of a building project might be linked to each other.</p> <p>The information was collected from the documents available both in the company and online, and by interviewing people who work with building services. A process description was formed with the collected data. With the help of this thesis, each employee in the company may orientate themselves about building services (HVAC) and their effect on the commissioning of a building project. Supervisors may use it to plan ahead and to make sure that each and every phase is completed.</p> <p>This thesis introduced theory on the HVAC systems used in buildings and the basic definition of quality and discussed the commissioning phase of a building on a construction site. With small modifications the process description provided by this thesis may be revised to match almost all kinds of building projects.</p>	
Keywords	commissioning, building services, quality, quality assurance

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Laadunvarmistus ja käyttöönotto	2
2.1	Laadun määritelmä	2
2.2	Laadunvarmistus	3
2.3	Käyttöönotto	4
3	Talotekniikan järjestelmät	5
3.1	Ilmanvaihto	5
3.1.1	Painovoimainen ilmanvaihto	6
3.1.2	Koneellinen poistoilmanvaihto	7
3.1.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	7
3.1.4	Ilmastointi	8
3.2	Lämmitys	8
3.2.1	Kaukolämpö	10
3.2.2	Öljylämmitys	12
3.2.3	Kiinteä polttoaine	13
3.2.4	Sähkölämmitys	14
3.3	Käyttövesi ja viemäri	15
3.4	Sähköjärjestelmät	16
3.5	Rakennusautomaatio	17
3.6	Palontorjuntajärjestelmät	17
3.6.1	Sprinklerijärjestelmä	17
3.6.2	Savunpoisto	18
4	Käyttöönottoprosessi	18
4.1	Pölyttömäksi- ja loppusiivous	20
4.2	Itselleluovutusvalmiudet	20
4.3	Tiiviysmittaus	21
4.4	Urakoitsijoiden toimintatarkastukset	22

4.5	Rakennuttajan toimintakokeet	23
4.5.1	Toimintakoevalmius	23
4.5.2	Kokeiden suoritus ja dokumentointi	24
4.6	Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys	25
4.7	Viranomaiskatselmukset ja -tarkastukset	26
4.8	Tilaaajan vastaanottotarkastus	27
4.9	Takuuaika	29
5	Yhteenveto	29
	Lähteet	31

Lyhenteet

IV	ilmanvaihto
IVKH	ilmanvaihdon konehuone
LJH	lämmönjakohuone
LTO	lämmön talteenotto
LVI	lämmitys-, vesijohto-, ilmanvaihtotekniikka
LVIS	lämmitys-, vesijohto-, ilmanvaihto-, sähkötekniikka
LVISA	lämmitys-, vesijohto-, ilmanvaihto-, sähkö-, automaatiotekniikka
RAU	rakennusautomaatio
TATE	talotekniikka
VAK	valvonta-alakeskus

1 Johdanto

Käyttöönottoprosessi on laajuudeltaan ja haastavuudeltaan merkittävä osa koko rakennushankkeen kokonaisaikataulua. Käyttöönotto kattaa talotekniikkatöiden osalta talotekniikkaurakan viimeiset työvaiheet. Järjestelmien käyttöönottokokeissa huomattavien virheiden ja puutteiden korjauksiin on hyvä varata riittävä aika, sillä joskus pelkästään virheiden syyn löytämiseen kuluu huomattava määrä aikaa. Käyttöönottovaiheen aikataulussa tulee huomioida kaikkien työvaiheiden sekä hankkeen osapuolten puolesta riittävä aika töiden huolelliseen toteutukseen.

Työn tavoitteena oli koota yrityksessä jo olemassa olevasta materiaalista yhtenäinen prosessikuvaus käyttöönottovaiheesta ja sen työtehtävistä. Samalla työstä liitetään talotekniikan teoriaosuudet yrityksen sisäiseen intraan, josta henkilöstö pääsee perehtymään talotekniikkaan liittyviin asioihin. Tarkoituksena on tiedon kerääminen yhteen paikkaan niin, että sitä ei tarvitse hakea useista eri tiedostoista useiden eri hakemistojen kautta.

Työ perustuu jo aiemmin kerättyihin tietoihin, verkkoaineistoihin sekä talotekniikan parissa työskentelevien Firan työntekijöiden haastatteluihin. Kiitokset kaikille työtä ohjanneille sekä työn edistystä auttaneille henkilöille ja kollegoille Firalla.

Opinnäytetyön tilaaja Fira Oy on pääkaupunkiseudulla vaikuttava rakennusyritys. Fira on perustettu jo vuonna 2002, jolloin se tuotti pääosin betonirakentamista. Vuonna 2009 Firan toimiala laajeni uudis-, korjaus- ja asuntorakentamiseen, joissa se toimii päätoteuttajana. Tällä hetkellä Fira työllistää yli 300 henkilöä. Rakennushankkeissaan Fira toimii pääurakoitsijana. Varsinaisia talotekniikan asentajia Fira ei työllistä, vaan talotekniikkatyöt toteutetaan aliurakoitsijoilla. Töiden etenemistä valvovat Firan puolelta talotekniikan projektipäälliköt sekä työnjohtajat.

2 Laadunvarmistus ja käyttöönotto

2.1 Laadun määritelmä

Laadulla tarkoitetaan sitä, miten tarkasteltavan kohteen ominaisuudet täyttävät sille asetetut vaatimukset. Laatu on ollut käsitteenä tuttu ihmisille jo antiikin ajoista, mutta nykyaikaisesti sitä on aloitettu käyttämään vasta 1900-luvun alkupuolella. Laatua tutkittaessa ja tarkastellessa tulee tiedostaa laadun käsityksen mahdolliset muutokset riippuen siitä, kuka sitä määrittelee. Esimerkiksi rakennushankkeessa eri osapuolet saattavat nähdä saman työn laadun keskenään eri tavalla, sillä kukin tarkastelee sitä omasta näkökulmastaan. Laatukäsitteen voi siis ryhmitellä tarkasteltavan laadun määrittelyn mukaan, joskin lopullista laatua määriteltäessä ne antavat vain näkökulmaa. [5]

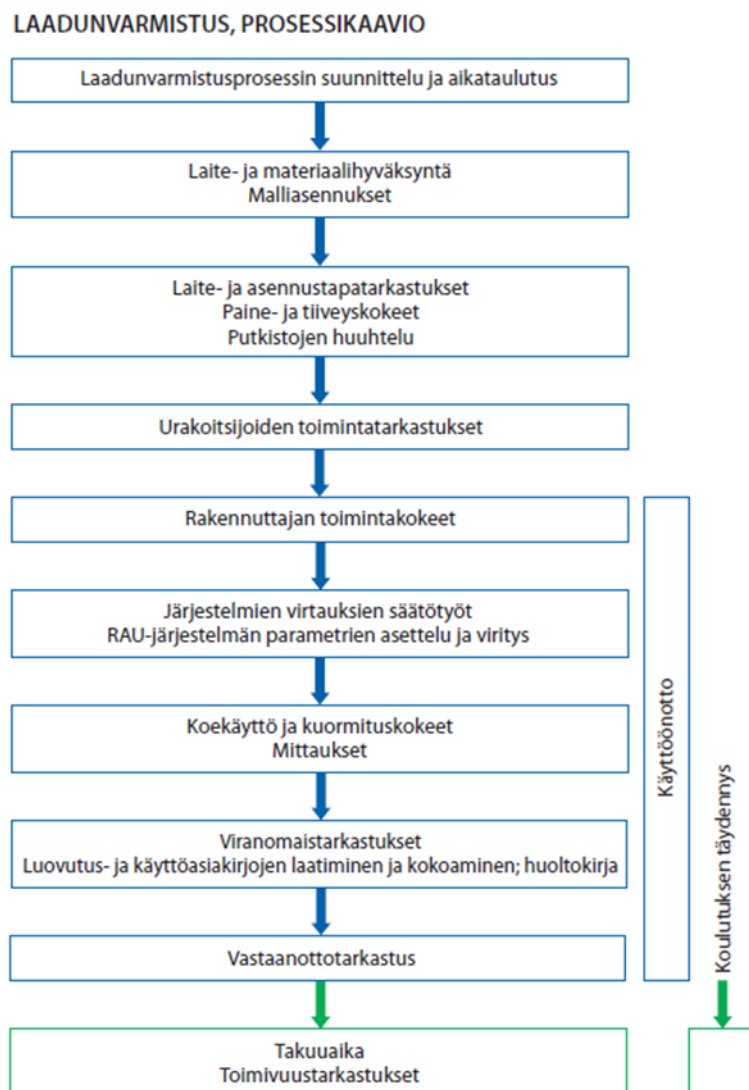
- Tuoteperusteinen/asiakaskeskeinen määritelmä
 - Laadun määrittää se, miten hyvin tuotettu tuote tai palvelu vastaa ostajan vaatimuksia ja tarpeita. Siihen vaikuttavia tekijöitä ovat tuotteelle etukäteen asetetut tavoitteet kuten nopeus tai tehokkuus.
- Tuotantoperusteinen määritelmä
 - Tuotteen tulee vastata sille esitettyjen vaatimusten täyttymistä mahdollisimman hyvin. Tuotannossa pyritään virheettömään työhön, joka mahdollistetaan vain tekemällä kaikki työt kerralla oikein.
- Rahallinen arvoperusteinen määritelmä
 - Laatu on käyttöarvon ja hinnan suhde. Rahallisesti saadun hyödyn tulee vastata tuotteesta maksettua hintaa.
- Reaalitaloudellinen arvoperusteinen määritelmä

- Laatu on hyöty, joka tuotteesta saadaan sen eliniän aikana riippumatta tuotteesta maksetusta hinnasta.

2.2 Laadunvarmistus

Tässä opinnäytetyössä laatua käsitellään tuotantoperusteisesti. Tehdyn työn laadun tulee vastata sopimuksessa, kokouksissa ja talotekniikkaa koskevissa määräyksissä ja säännöissä määriteltyä tasoa. Mahdollisista virheistä, tekemättömistä töistä sekä aikataulusta viivästymisestä tulee reklamoida urakoitsijaa välittömästi. Laadun varmistamiseksi sen tarkkailu tulee aloittaa heti hankkeen alusta asti ja jatkua koko ajan hankkeen edistyessä. Urakoitsijoilta tulee edellyttää dokumentteja ja pöytäkirjoja tehdyistä töistä sekä käytetyistä materiaaleista ja tuotteista, jolloin ne ovat käyttöönottovaiheessa koottuna esitettävissä tilaajalle.

2.3 Käyttöönotto



Kuva 1. Laadunvarmistuksen prosessikaavio [8]

Käyttöönottovaiheen lopullinen tarkoitus on ottaa rakennus käyttöön ja luovuttaa se tilaajan omistukseen sekä sen käyttäjien hyödynnettäväksi. Kuvassa 1 on esitetty käyttöönottovaiheen prosessikaavio työvaiheineen. Mikäli luovutusvaihe venyy yli suunnitellusta aikataulusta, hidastava tekijä johtuu usein joistain seuraavista asioista:

- töiden keskeneräisyys

- virheet työn laadussa
- luovutusasiakirjojen puutteellisuus tai puuttuminen kokonaan
- tilaajan omat laiminlyönnit.

Edellä mainitut virheet tai puutteet tulevat luultavasti hidastamaan tai estämään töiden etenemisen viivästyttäen hankkeen luovutusta tilaajalle. Tämä voi usein luoda riitatilanteita urakoitsijan ja tilaajan välille. Viivästynyt aikataulu tulee lähes aina aiheuttamaan lisäkustannuksia jollekin hankkeen toimijalle.

Tilaajan vastaanottotarkastuksessa urakoitsijan tulee todistaa tilaajalle rakennuksen vastaavan sille asetettuja tavoitteita, ja sen järjestelmien toimivuuden niille suunnitellulla tavalla. Vastaanottotarkastuksessa rakennuksessa voi olla vielä pieniä puutteita, jonka takia kohteella on sille asetettu sopimuksessa määritellyn pituinen takuu aika. Takuu aika urakoitsija on velvollinen vastaamaan rakennuksessa esiintyvien puutteiden ja virheiden korjaamisesta. Hankkeen luovutusprosessi päättyy kuitenkin luovutusvaiheeseen, eikä jatku enää takuu aikana. [4]

3 Talotekniikan järjestelmät

3.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tarkoitus on tuottaa rakennuksen käyttäjille hengitettäväksi puhdasta ilmaa. Puhdas hengitys ilma parantaa asumismukavuutta ja käyttäjien elimistö voi paremmin mitä puhtaampaa hengitettävä ilma on.

Rakennuksissa syntyy sijainnista ja käytetyistä materiaaleista huolimatta epäpuhtauksia, joiden lähteitä ei voida täysin poistaa. Rakennuksen ilmanvaihdon oleellisia tehtäviä on-

kin siis myös pitää rakennukseen kohdistuvat epäpuhtauksien, kuten hiilidioksidin ja vesihöyryn, pitoisuudet sillä tasolla, ettei niistä aiheudu ihmisten terveydelle haittaa. Lisäksi maaperästä aiheutuva hajuton ja mauton kaasu radon vaatii erillisen poistokanaviston, jonka avulla kaasu johdetaan kanavistoa pitkin turvallisesti pois rakennuksesta, jolloin sen mahdollinen haittavaikutus ihmisille saadaan minimoitua.

Ilmanvaihdon toimintaperiaate perustuu paine-eroon: ilma virtaa suuremmasta ilmanpaineesta pienempään. Ilmanvaihtojärjestelmiä on useita erilaisia perustuen niiden toimintamalliin sekä asennettuihin laitteisiin ja kanavistoon. Päätoimintaperiaate niissä kaikissa on kuitenkin samanlainen.

Suomessa käytettäviä ilmanvaihtojärjestelmiä ovat

- painovoimainen ilmanvaihto
- koneellinen poistoilmanvaihto
- koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto
- ilmastointi. [1; 2.]

3.1.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimainen ilmanvaihto perustuu paine-eroon, joka aiheutuu tuulesta ja lämpötilaeroista sisä- ja ulkoilman välillä. Korvausilmaventtiilit, jotka puhaltavat puhdasta ilmaa ulkoa sisälle, asennetaan oleskelutilojen kuten olohuoneen ja makuuhuoneen seiniin, ikkunoiden karmeihin tai tuuletusluukkuihin. Poistoilmaventtiilit sijoitetaan likaisiin tiloihin.

Heikkouksia painovoimaisessa ilmanvaihdossa ovat ilmanvaihtuvuus, korkea energiankulutus sekä vedon tunne. Ilmanvaihtuvuus voi olla erityisesti kesäisin heikkoa helteiden aikaan, jolloin sisä- ja ulkoilman lämpötilat ovat lähellä toisiaan. Energiankulutus on suuri, koska poistoilman lämpöenergiaa ei pystytä kierrättämään takaisin tuloilmaan, vaan se puhalletaan suoraan ulos rakennuksesta. Vedon tunnetta aiheutuu erityisesti

talvella kylmän korvausilman virratessa sisäilmaan. Vetoa voidaan kuitenkin vähentää esimerkiksi asentamalla korvausilmaventtiin lähelle laitteita, jotka sekoittavat korvausilman ja sisäilman. [1; 2.]

3.1.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa painovoimaista ilmanvaihtoa tehostetaan koneellisesti esimerkiksi huippuimurilla tai venttiin yhteyteen asennettavalla puhaltimella. Puhaltimen toiminta on säädettävissä halutulle tasolle, tai se voi olla automaation ohjaama. Automaatiota varten puhaltimeen asennetaan kosteusanturi, joka käynnistää puhaltimen ilman kosteuspitoisuuden ylitettyä sille asetetun tason.

Ilmanvaihtuvuus on koneellisessa poistoilmanvaihdossa tasaisempi kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa. Korvausilmaventtiilien riittävä sijoitus on tärkeää. Liian alhainen korvausilmaventtiilien määrä aiheuttaa korvausilman imeytymisen rakenteiden ja liitosten kautta, jolloin se ei ole puhdasta. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa poistoilman lämpöenergiaa ei voida hyödyntää, koska tuloilmaa ei tuoda koneellisesti. [1; 2.]

3.1.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä on yleisin ilmanvaihtojärjestelmä Suomessa. Sen toimintaperiaate on sama kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa, mutta paine-ero aiheutetaan ohjaamalla tulo- ja poistoilmaa koneellisesti. Muihin järjestelmiin verrattuna tasainen ilmanvaihtuvuus toimii parhaiten ja sitä voidaan ohjata ja tarvittaessa tehostaa. Etuna muihin vaihtoehtoihin on myös energiatehokkuus, sillä poistoilman lämpöenergia saadaan hyödynnettyä lämmittämällä tuloilmaa lämmöntalteenoton avulla. [1; 2.] Kuvassa 2 on esitetty koneellisen tulo- ja poistoilman ilmanvaihtokone.



Kuva 2. Koneellisen tulo- ja poistoilman ilmanvaihtokone konehuoneessa

3.1.4 Ilmastointi

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa voidaan myös jäähdyttää ja kostuttaa tuloilmaa. Tällöin on kyse ilmastoinnista. Ilmastointi parantaa viihtyvyyttä rakennuksessa varsinkin kesän helteillä. Useimmiten sitä käytetään julkisissa rakennuksissa, kuten toimistorakennuksissa sekä kouluissa. [1; 2.]

3.2 Lämmitys

Sisäilman laatuun vaikuttaa ilmanvaihdon lisäksi myös lämmitys. Rakennuksen lämmityslähteen valinnalla ja toteutuksella on suuri kansantaloudellinen merkitys, sillä noin kolmasosa Suomen energian käytöstä kuluu rakennusten lämmittämiseen. Lämmitys-

muodosta ja lämmön tuotantotavasta riippumatta lämmitys aiheuttaa ympäristölle haittoja. Lämmitys tulee suunnitella siten, että energiankulutus ja ympäristöhaitat olisivat mahdollisimman pienet.

Lämmityslaitteilla lämmitetään rakennuksen tilojen lisäksi myös käyttövettä sekä ilmanvaihdon tuloilmaa. Lämmönlähteen valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen koko, sijainti, käyttötarkoitus sekä energiantarve. [3]

Suomessa käytettäviä eri lämmitysmuotoja sekä lämmöntuotannon polttoaineita ovat mm.

- kaukolämpö
- öljylämmitys
- kiinteät polttoaineet
- sähkölämmitys.

Rakennusten lämmityksessä käytetään usein erilaisia yhdistelmiä yllä esitetystä lämmitysmuodoista. [3]

Lämmönjakotapaa valittaessa tulee ottaa myös huomioon rakennuksen käyttötarkoitus ja koko. Lämpöä voidaan jakaa rakennuksen lämmitykseen eri järjestelmiä ja/tai laitteita käyttäen vesikiertoisesti, ilmakiertoisesti sekä sähkökäyttöisesti.

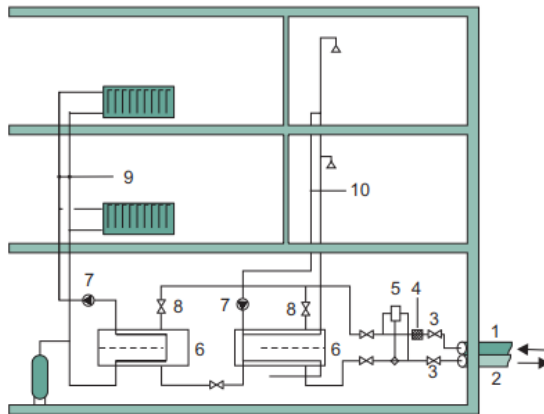
Pientaloissa käytetään vesikiertoisen patterilämmityksen sijasta nykyisin usein vesikiertoista lattialämmitystä. Erilaiset ilmalämmitystavat ovat yleistyneet ja sopivat hyvin pientalojen lämmitykseen. Asuin-, toimisto- ja liikerakennuksissa patterilämmitys on kuitenkin edelleen käytetyin lämmitystapa. Toimisto ja liikerakennuksissa on usein käytössä myös yhdistelmiä eri lämmitystavoista, esimerkiksi vesikiertoinen patterilämmitys sekä kiertoilmalämmitys. [3]

Yleisimpiä lämmönjakoon käytettäviä laitteita/järjestelmiä ovat

- lattialämmitys (vesi tai sähkö)
- patterilämmitys (vesi tai sähkö)
- lämmitetty ilmanvaihtoilma
- ilmalämmitys ilmalämpöpumpulla tai vastaavilla laitteilla.

3.2.1 Kaukolämpö

Kaukolämpö on yleisin lämmön tuotantotapa Suomessa. Sitä käytetään suurimmassa osassa julkisten rakennusten, liikerakennusten sekä asuinkerrostalojen lämmityksessä. Kaiken kaikkiaan noin puolet kaikista Suomen rakennuksista ovat liitettyinä kaukolämpöverkkoon. [3] Kuvassa 3 on esitetty kaukolämmön komponentit sekä toimintaperiaate.



- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 kaukolämmön tuloputki | 6 lämmönsiirtimet |
| 2 kaukolämmön paluuputki | 7 kiertovesipumput |
| 3 kaukolämmön sulkuventtiilit | 8 säätöventtiilit |
| 4 lianerotin | 9 lämpöjohdot |
| 5 lämpöenergiamittari | 10 lämpimän käyttöveden kiertovesijohto |

Kuva 3. Kaukolämmön toimintaperiaate [3]

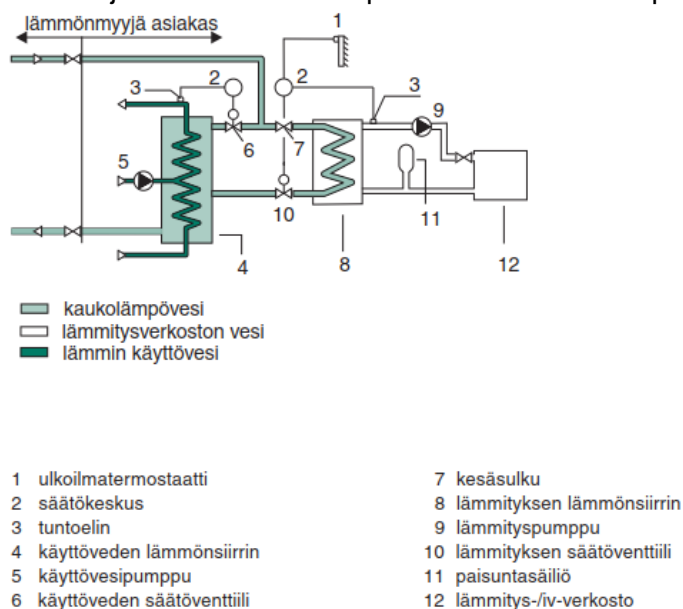
Kaukolämpöä tuotetaan tuotantolaitoksella, josta se tuodaan kaukolämpöverkosta pitkin lämmitettävän rakennuksen lämmönjakokeskukseen. Lämmönjakokeskuksesta lämpöenergia siirretään käytössä olevien järjestelmien kautta lämmittämään rakennusta. Lämpöenergian luovuttanut jäähtynyt vesi palaa kaukolämpöverkosta pitkin takaisin tuotantolaitokselle. [3]

Lämmönjakokeskukset ovat tehtaalla valmistettuja laitekokonaisuuksia, jotka jakavat kiinteistöön tulevan kaukolämmitetyn veden lämmitysjärjestelmiin. Lämmönjakokeskus asennetaan samaan tilaan, johon myös lämmönjakoverkko päättyy lämmönmyyjän puolelta. Tätä teknistä tilaa, jonka sijainnin lämmönmyyjä hyväksyy suunnitteluvaiheessa, kutsutaan lämmönjakohuoneeksi. [3] Kuvassa 4 on esitetty lämmönjakokeskuspaketti lämmönjakohuoneessa.



Kuva 4. Lämmönjakokeskus lämmönjakohuoneessa

Lämmönjakohuoneessa kaukolämpövesi luovuttaa lämpöenergiansa jäähtyessään lämmönsiirtimiin. Luovutettua energiaa käytetään eri järjestelmiä hyödyntäen huonetilojen, lämpimän käyttöveden tai ilmanvaihtoilman lämmitykseen. Säätolaitteilla ohjataan kaukolämpöveden virtaamaa vastaamaan tarvittavaa lämmitystehoja. [3] Kuvassa 5 on esitetty lämmönjakokeskuksen komponentit sekä toimintaperiaate.

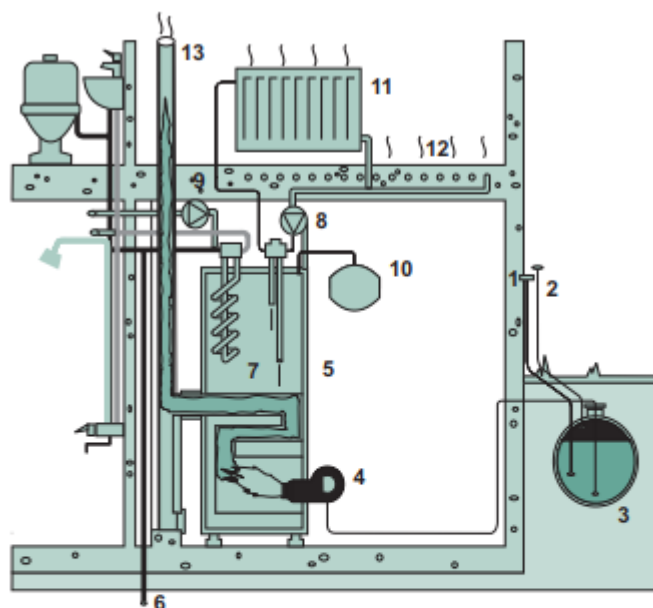


Kuva 5. Lämmönjakokeskuksen toimintaperiaate [3]

3.2.2 Öljylämmitys

Öljylämmityksessä öljy siirretään laitteistossa usein pumppua käyttäen polttimelle. Öljyn palaessa syntyvä lämpöenergia lämmittää kattilavettä, joka puolestaan lämmittää verkostossa kiertävää vettä. Kattilalaitteiston lämpötilansäädin säätelee tarvittaessa lämpötilan mukaan polttimen toimintaa. Öljy on säilöttävä turvallisesti ja niin, että se ei pääse vuotamaan tai aiheuttamaan muuta haittaa ympäristölle. [3]

Kevytöljylämmitteisistä rakennuksista suurin osa on omakoti- ja paritaloja. Öljylämmitystä käytetään myös pienessä osassa rivi- ja kerrostaloja. [3] Kuvassa 6 on esitetty kevytöljylämmitysjärjestelmän komponentit sekä toimintaperiaate.



- | | |
|-----------------------------|---|
| 1 öljysäiliön täyttöputki | 8 lämmityksen kiertovesipumppu |
| 2 öljysäiliön tuuletusputki | 9 lämpimän käyttöveden kiertovesipumppu |
| 3 öljysäiliö | 10 paisuntasäiliö |
| 4 öljypoltin | 11 lämpöpatteri |
| 5 öljylämmityskattila | 12 lattialämmitys |
| 6 vesijohto | 13 savuhormi |
| 7 kattilavesi | |

Kuva 6. Kevytöljylämmitysjärjestelmän toimintaperiaate [3]

Raskasta polttoöljyä käytetään useimmiten kaukolämmön tuottamiseen laitoksissa. Pienemmissä laitoksissa se on pääosin ainoa polttoaine, kun taas suuremmat laitokset käyttävät sitä vain lisä- ja varapolttoaineena. Raskaan polttoöljyn käyttäminen yksittäisten rakennusten lämmityksessä ei yleensä ole kannattavaa, sillä siihen tarvittava laitteisto maksaa paljon. Se on kuitenkin mahdollista, ja sitä voidaan harkita esimerkiksi tilanteissa, joissa kaukolämpöä ei ole mahdollista saada rakennuksen lämmitykseen. [3]

3.2.3 Kiinteä polttoaine

Kiinteällä polttoaineella toimivat lämmitysjärjestelmät toimivat periaatteeltaan samalla tavalla kuin öljylämmitysjärjestelmä. Kiinteä polttoaine siirretään polttimeen, jossa se palaa synnyttäen lämpöenergiaa. Tämä lämpöenergia lämmittää lämmityskattilan veden, jota käytetään kiinteistön lämmittämiseen. [3]

Erlaisia lämmittämiseen käytettäviä kiinteitä polttoaineita ovat

- kivi- ja ruskohiili
- turve
- puu
- paperi
- erilaiset kierrätyspolttoaineet
- pelletit. [3]

3.2.4 Sähkölämmitys

Erityisesti pientaloissa käytetään Suomessa usein sähkölämmitystä. Sähkölämmitys voidaan toimintatalvaltaan jakaa keskitettyyn sekä huonekohtaiseen sähkölämmitykseen. Keskitetty lämmitys tarkoittaa koko kiinteistöä lämmittäviä järjestelmiä kuten vesikiertoisten lämmityspattereiden lämmitys sähköllä tai lattialämmitysputkisto. Huonekohtaisesti palvelevia sähkölämmitystapoja ovat esimerkiksi huonekohtaisesti asennettavat lattialämmityskaapelit sekä sähköpatterit.

Rakennusta lämmitettäessä sähköisesti on myös mahdollista asentaa erilaisia lämpöpumppuja. Ne toimivat keräämällä eri lähteistä lämpöenergiaa, jolla lämmitetään kiinteistöä. Lämpöpumppujen toimintaperiaate on samanlainen tyypistä riippumatta.

- Poistoilmalämpöpumppu – Lämpöenergia otetaan talteen rakennuksen poistoilmakanavasta.

- Maalämpöpumppu – Auringon maaperään ja vesistöihin varastoima lämpöenergia otetaan maalämpöpumpulla hyötykäyttöön.
- Ilmalämpöpumppu – Lämmitykseen käytettävä energia otetaan suoraan ulkoilmasta.

3.3 Käyttövesi ja viemäri

Käyttöveden tarkoitus on tuoda kiinteistöön puhdasta, terveellistä ja juomakelpoista vettä käytettäväksi. Asuinrakennusten käyttöveden kulutuksesta noin puolet tapahtuu pesuhuoneissa. Keittiössä ja WC-tiloissa kulutus on molemmissa noin neljännes. Viemäriverkostot puolestaan vievät likaisen jäteveden sekä hulevedet kunnan viemäriin tai jätekaivoihin. Hulevedellä tarkoitetaan sade- ja sulamisvettä, joka tulee johtaa viemäriin, jotta se ei pääse rakenteisiin. [14]

Kiinteistön käyttövesi toimitetaan rakennukseen useimmiten kunnallisia vesijohtoverkostoja pitkin. Kiinteistöllä voi olla myös oma pohjavesikaivo, jos esimerkiksi kunnallinen vesijohtoverkosto ei tule tontille tai se olisi vaikeaa toteuttaa. Kunnallisen vesijohtoverkon vesi on puhdistettu vesilaitoksissa ja pohjavesi on puhtaudeltaan juomakelpoista. Käyttövesi lämmitetään rakennuksen lämmönjakohuoneesta, josta se kulkeutuu käyttöpisteille putkiverkostoja pitkin. Käyttövesiverkostot ovat usein valmistettu kupariputkista sekä pex-muoviputkista. [14]

Viemäriverkostot toteutetaan niin, että putkissa on pieni kaato kohti kunnallisia viemäreitä tai talon omia kaivoja. Mikäli vähimmäiskaato ei verkostossa onnistu, tulee ne toteuttaa paineviemäreinä. Paineviemärit on varustettu pumppaamoilla, joiden avulla jätevesi saadaan pumpattua kunnan viemäriin. [14]

3.4 Sähköjärjestelmät

Lähes kaikki järjestelmät ja laitteistot tarvitsevat toimiakseen sähköä. Rakennuksen sähköpääkeskukseen tuodaan kaupungin sähköverkoston syöttö. Sähköpääkeskuksesta kaapeloidaan sähköhylyjä pitkin rakennuksen kerroksiin ja huoneistoihin. Pienemmällä jaolla sähkö voidaan jakaa ryhmäkeskuksista eteenpäin lopulliseen sähkön syöttöpisteesen pistorasiaan tai sähkölaitteeseen. Sähkön keskuksilla voidaan kytkimillä jakaa sähkön syöttöä sekä sulakkeiden avulla varmistaa järjestelmän turvallisuus sekä toiminta vikatilanteissa. Kuvassa 7 on esitetty sähkön ryhmäkeskus ilmanvaihdon konehuoneessa.



Kuva 7. Sähkön ryhmäkeskus ilmanvaihdon konehuoneessa

3.5 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaation (RAU) tavoitteena on parantaa talotekniikan järjestelmien energiatehokkuutta sekä rakennuksen asumismukavuutta. Tilaaja voi ilmoittaa toiveensa rakennusautomaation suunnitteluvaiheessa, jolloin lopullisesta rakennuksesta saadaan mahdollisimman hyvin tilaajan omia toiveita sekä tarpeita palveleva kokonaisuus. Järjestelmien eri laitteet kytketään valvonta-alakeskuksiin (VAK). Valvonta-alakeskuksissa on kytkettynä erilaisia moduuleita, jotka mittaavat, ohjaavat ja säätelevät järjestelmien eri suureita. Mitattavia suureita ovat esimerkiksi lämpötila, ilmankosteus sekä veden virtausnopeus. Suureille asetetaan raja-arvot, joissa niiden halutaan antavan hälytys mahdollisista syistä, joista toimintahäiriöt johtuvat. [19]

Valvonta-alakeskukset voidaan kytkeä päävalvomoon, joka sijoitetaan usein johonkin rakennuksen teknisistä tiloista kuten ilmanvaihdon konehuoneeseen. Päävalvomosta voidaan keskitetysti tarkkailla kaikkien järjestelmien tilaa, säätää niiden arvoja sekä tarkkailla niiden lähettämiä hälytyksiä. [19]

3.6 Palontorjuntajärjestelmät

Palontorjuntajärjestelmien tarkoitus on havaita tulipalo, lähettää tulipalotilanteesta hälytys rakennuksen asukkaille ja käyttäjille sekä hidastaa palon etenemistä tai sammuttaa se kokonaan.

3.6.1 Sprinklerijärjestelmä

Sprinkleri on automaattisesti toimiva vesikäyttöinen sammutuslaitteisto. Järjestelmä valvoo rakennusta tulipalon varalta. Havaittuaan syttyneen palon laitteisto lähettää hälytyksen hätäkeskukseen sekä rakennuksessa oleville ihmisille ja laukaisee suuttimet. Sprinklerin tehokkuus perustuu palon sammuttamisen aloittamiseen heti syttymishetkellä. Sprinklereitä voidaan käyttää asunto-, majoitus- sekä hoitolaitosrakennuksissa.

Sprinklerisuuttimet sekä putkisto asennetaan yleensä kattoon. Sprinklerilaitteistoon kuuluu suuttimien ja putkiston lisäksi sprinklerikeskus, joka on kytketty kunnalliseen vesijohdotoverkostoon. Sprinklerilaitteistoa varten rakennetaan myös palokunnan syöttö, jota voidaan tarvittaessa käyttää tulipalotilanteissa palokunnan puolesta. [15]

3.6.2 Savunpoisto

Savunpoistojärjestelmän tärkein tehtävä on ohjata palotilanteessa syntyvä ihmisille vaarallinen savu ulos rakennuksesta. Poistumistiet pysyvät silloin mahdollisimman turvallisina, jolloin ihmiset voivat poistua niitä pitkin rakennuksesta. Savunpoisto hidastaa myös palon kehittymistä ja leviämistä ohjaamalla palossa syttyvää lämpöä ulos rakennuksesta. Poistamalla lämpöä ja savua savunpoisto auttaa ja helpottaa pelastustoimintaa pitäen näkyvyyden palotilanteissa mahdollisimman hyvänä sekä alentaen sisätilojen kuumuutta. [16]

4 Käyttöönottoprosessi

Käyttöönoton työvaiheet ovat esiteltyinä pääpiirteittäin siinä järjestyksessä, missä ne etenevät rakennushankkeessa. Työvaiheiden järjestys sekä niiden laajuus saattavat kuitenkin vaihdella hankekohtaisesti. Järjestykseen ja laajuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. kohteen suuruus, aikataulu sekä kohdetyyppi (saneeraus/uudisrakennus).

Hyvin suunniteltu luovutusvaiheen aikataulu sekä siinä pysyminen ilman suuria viivästyksiä on tärkeää hankkeen luovutuksen kannalta. Luovutusvaiheessa viivästely sekä töiden venyminen johtavat nopeasti sopimuksessa määriteltyihin sakkoihin. Aikataulua suunniteltaessa tulee ottaa huomioon logistiset asiat, kuten tarkka asentajien sekä työmiesten määrä työvaiheittain. Tämän lisäksi tulee myös huomioida inhimilliset tekijät työmaahenkilöstössä, kuten flunssakausien oletettavat sairauspoissaolot. [17]

[LUOVUTUSVAIHE]

4.11.2018 - 8.11.2019

Versio 26 | 12.3.2019 klo 5.54

NIMI	ALKUPÄIVÄMÄÄRÄ	LOPPUPÄIVÄMÄÄRÄ	T...	2018					
				marras	joulu	tamm	helmi	maalis	huhti
1 <input type="checkbox"/> (luovutusvaihe)	5.11. [ma]	25.3. [ma]		(luovutusvaihe)					
2 <input type="checkbox"/> TARKASTUKSET	19.11.[ma]	25.3. [ma]		TARKASTUKSET					
3 Viemärikuvaukset	19.11.[ma]	23.11.[pe]		V					
4 Tiiveys ja lämpök. A	11.2. [ma]	15.2. [pe]					T		
5 Tiiveys ja lämpök. B	11.2. [ma]	15.2. [pe]					T		
6 Tiiveys ja lämpök. C	18.2. [ma]	22.2. [pe]					T		
7 Palo ennakko	19.2. [ti]	25.2. [ma]					P		
8 Erityinenpalot.	5.3. [ti]	11.3. [ma]					E		
9 VSS lopputark.	9.1. [ke]	15.1. [ti]		V					
10 Hissin lopputark.	25.2. [ma]	1.3. [pe]					H		
11 RAVA ennakko	13.2. [ke]	19.2. [ti]					R		
12 RAVA käyttöönotto	19.3. [ti]	25.3. [ma]					R		
13 LVI käyttöönotto	13.3. [ke]	19.3. [ti]					L		
14 Tilaaajan lopputarkastus	18.3. [ma]	18.3. [ma]					T		
15 Käytönopastukset	25.2. [ma]	1.3. [pe]					K		
16 Toimintakokeet	7.3. [to]	13.3. [ke]					T		

Kuva 8. Esimerkki työmaan luovutusvaiheen aikataulusta Firan Sitedrive palvelussa

Luovutusvaiheen aikatauluun tulee merkitä yksityiskohtaisesti jokainen työvaihe. Kuvasssa 8 on esitetty työmaan luovutusvaiheen aikataulu Firan Sitedrive-palvelussa. Aikataulu tulee laatia mahdollisimman tarkkaan, sillä se tahdittaa koko työmaan etenemistä. Yhdenkin työvaiheen viivästyminen voi ketjureaktiomaisesti viivästyttää koko työmaan aikataulua. Tästä syystä aikataulua ei tulisi jokaisesta viivästyisestä päivittää, vaan urakoitsijat voivat resursseja lisäämällä kiritä alkuperäisen aikataulun kiinni. Työmaalla työskentelevien pääurakoitsijan työntekijöiden tulee seurata aikataulun toteutumista niin viikko- kuin päivittäistasolla. Päivittäistason yksittäisten urakoitsijoiden myöhästymisten vuoksi ei tarvitse heti reklamoida, paitsi jos viivästyksellä on suora vaikutus muiden urakoitsijoiden töihin.

4.1 Pölyttömäksi ja loppusiivous

Rakennus saadaan loppusiivouksella luovutettavaan kuntoon. Loppusiivous suoritetaan usein kahdessa tai useammassa vaiheessa. Ensimmäinen siivous tehdään ennen ilmanvaihdon laitteiston toimintakokeita. Ensimmäisellä siivouskerralla poistetaan suojat ja siivotaan irtoliat kaikilta pinnoilta. Rakennus siivotaan ensimmäisellä siivouskierrolla pölyttömäksi, jolloin ilmanvaihdon kokeet voidaan suorittaa. Siivousten jälkeen pölyäviä työtehtäviä ei tule enää tehdä. [18]

Toinen siivous tehdään ennen luovutus- ja vastaanottotarkastusta. Toisella siivouskerralla tilat siivotaan ja puhdistetaan täysin puhtaiksi liasta ja tahroista. Suoritetun siivouksen jälkeen tiloissa ei ole enää mitään likaa. Siivotuissa tiloissa kulkemista tulee rajoittaa tai varmistaa suojaavien varusteiden käyttö. [18]

Loppusiivous tulee ajoittaa niin, että siivotuissa tiloissa ei enää tehdä töitä. Ylimääräiset siivouskierrokset tulevat moninkertaistamaan siivouskustannukset. Mikäli kuitenkin siivotuissa tiloissa on vielä tekemättömiä työvaiheita tai korjattavaa, siivous tulee suorittaa valvotusti. Jos jälkikäteen tehtävä työ aiheuttaa pölyä, tulee työntekijän mukana olla imuri, jotta ylimääräistä likaa ei enää synny.

4.2 Itselleluovutusvalmiudet

Urakan valmistuttua esimerkiksi lohko- tai kerroskohtaisesti tulee aliurakoitsijan sekä pääurakoitsijan tehdä järjestelmäkohtaisesti itselleluovutukset. Molempien osapuolten tehtyä joko omat listat tai lista yhtenäisesti varmistetaan siitä, että työt vastaavat haluttua laatua niin tekijän kuin vastaanottajan puolesta. Itselleluovutuksia tehdessä tulee töiden olla tarkastettavalla alueella tehtynä täysin niin, että ainoat kyseistä urakkaa koskevat työt ovat listoissa havaittujen virheiden korjauksia.

4.3 Tiiviysmittaus

Rakennuksen tiiviysmittaus on yksi rakennushankkeen laadunvalvonnan mittauksista. Sen tarkoitus on ehkäistä hankkeen rakennusvaiheessa aiheutuvan kosteuden pääty- mistä lopullisiin rakenteisiin. Mittauksella tulee kartoitettua myös mahdollisten ilmapuo- tojen aiheuttamia komplikaatioita, kuten vetoisuus, radonin, mikrobin ja pölyn joutumi- nen sisäilmaan. Kokeet toteutetaan alipaineistetussa rakennuksessa painekoemenetel- mällä. Mahdolliset vuotokohdat havaitaan usein lämpökameralla tai tunnustellen käsin. [6]

Tiiviysmittausten ohella voidaan suorittaa myös rakennuksen mahdollisten vuotokohtien paikantaminen lämpökuvaamalla. Lämpökuvaus on nykypäivänä oleellinen osa raken- nushankkeen laadunvarmistusta. Aikaisemmin kuvaus on yleensä järjestetty vain mah- dollisissa valitustapauksissa. Lämpökameralla kuvataan rakennuksen liitoskohtien (ikku- nat, ovet) lämpötilat. Lämpökuvista on havaittavissa, jos jokin liitoskohta vuotaa ilmaa. Tämä näkyy paikoittain eriävässä lämpötilassa muuhun tilaan nähden. Kuvaus on kan- nattavinta tehdä sisä- ja ulkolämpötilan eron ollessa suurimmillaan, esimerkiksi talvella pakkaspäivinä. Hyvin suoritettulla lämpökuvauksella vähennetään riskiä mahdollisista kosteusongelmista, joita ei silmin tarkkaillen pystytä havaitsemaan. [13]

Tiiviysmittauksella saadaan painekokeiden avulla rakennuksen ulkovaipan ilmapuotolu- vut q_{50} ja n_{50} . Ulkovaipalla tarkoitetaan rakennuksen ulkokuorta, joka erottaa sisätilat kyl- mästi ulkoilmasta. Ulkovaippa sisältää rakennuksen uloimmat seinät, ikkunat ja ovet sekä ala- ja yläpinnat. Ilmanvuotoluku n_{50} määrittää, kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu ulkovaipan vuotoreittien kautta (yksikkö 1/h). Ilmanvuotoluku q_{50} esittää keskimääräisesti tunnissa tapahtuvaa vuotoilmavirtaa laskettuna rakennuksen si- sätilavuuden ja ulkovaipan pinta-alan suhde (yksikkö $m^3/h m^2$). Ilmapuotoluvut saadaan painekoetilanteessa, jossa rakennukseen tuotetaan 50 pascalin suuruinen paine-ero sisä- ja ulkoilman välille. [7]

Ilmalla, joka vuotaa rakenteiden ja liitoksien läpi, on merkittävä vaikutus rakennuksen energiankulutukseen. Ilmanvuotoluvulle on asetettu erilaisia tavoitteellisia arvoja, jotka vaihtelevat rakennuksen määritelmän mukaisesti:

- Energiatehokas talo – Ilmanvuotoluvun tulee olla enintään 1.
- Passiivitalo – Ilmanvuotoluvun tulee olla enintään 0,6.
- Määräysten enimmäisarvo – Ilmanvuotoluvun tulee olla enintään 4, poikkeustapauksissa ja vanhoissa rakennuksissa arvo voi kuitenkin olla yli 4. [12]

4.4 Urakoitsijoiden toimintatarkastukset

Pääurakoitsijan tehtävä on valvoa talotekniikkatöiden (lämpö, vesi, ilmastointi, sähkö, automaatio) etenemistä aikataulussa sekä varmistaa, että tehty työ vastaa haluttua laatua. Pääurakoitsijan johdolla laaditaan aikataulu, jonka mukaan talotekniikkaurakoitsijat osoittavat pääurakoitsijalle tehdyn työn laadun itselleluovutuksilla eli toimintatarkastuksilla. Laadittu aikataulu on rakennuskohtainen, ja siinä on määritelty järjestelmäkohtaisesti, mitä tulee olla tehtynä ja mihin mennessä. Tämän aikataulun hyväksyvät yhteisesti pääurakoitsija, talotekniikkaurakoitsijat sekä LVI-valvojat. Toimintatarkastuksia ennen tulee järjestelmille olla tehtynä asennustapatarkastukset, tiiveyskokeet ja painekokeet sekä pöytäkirjat kyseisistä kokeista. Tilojen puhtaus, joka määritellään urakkasopimuksessa, on myös edellytys tarkastusten aloittamiselle. [8; 9.]

Kaikkien toimintakokeissa tarkastettavien järjestelmien laitteet ja toiminnot käydään läpi yksityiskohtaisesti. Toimintatarkastuksiin osallistuu jokainen urakoitsija, joka on ollut osallisena kyseisen järjestelmän toteutuksessa. Urakoitsijat käyvät yksityiskohtaisesti läpi talotekniikkajärjestelmät ja varmistavat niiden toiminnan suunnitelmien mukaisesti. Toimintatarkastuksista laaditaan pöytäkirja, jota voidaan käyttää pohjana toimintakokeita toteuttaessa. Toimintatarkastuksissa havaittavat virheet korjataan välittömästi, kunnes järjestelmät ovat läpäisseet tarkastukset hyväksytysti. [8; 9.]

Pääurakoitsija toimittaa TATE-urakoitsijalle tarkastuslistan, jonka avulla molemmat osapuolet saavat varmistuksen järjestelmien toimivuudesta sekä valmiudesta tilaajan toimintakokeisiin. Tarkastukset tulee lähtökohtaisesti toteuttaa riittävän suurella laajuudella,

jotta tilaajan toimintakokeissa järjestelmissä ei enää havaita virheitä tai puutteita. Kokeita varten pääurakoitsijalla kannattaa olla oma tarkastuslista talotekniikkaurakoitsijalle. Listan avulla pääurakoitsija voi varmistaa talotekniikkaurakoitsijan testaavan kaikki järjestelmän halutut ominaisuudet, ja lopulta kokeista saadaan kattava pöytäkirja.

4.5 Rakennuttajan toimintakokeet

Hankkeeseen laaditaan rakennuttajan edustajien johdolla toimintakoesuunnitelma. Suunnitelma määrittelee hankekohtaisesti testattavat järjestelmät sekä jokaisen järjestelmän osalta kokeiden laajuuden. Toimintakokeet voidaan aloittaa, kun urakoitsijoiden toimintatarkastukset on suoritettu hyväksytysti. Laajuus määräytyy kohteen vaativuuden sekä toimintatarkastusten perusteella. Mikäli toimintatarkastukset on suoritettu kattavasti ilman virheitä sekä dokumentoitu hyvin, voidaan toimintakokeet LVI-valvojan päätöksen mukaan suorittaa pistokoemallisesti. Tällöin suurinta huomiota kokeissa käytetään automatiojärjestelmän toimintaan sekä hälytysten toiminnan tarkasteluun. [8; 9.]

4.5.1 Toimintakoevalmius

Toimintakokeet voidaan aloittaa, kun toimintatarkastukset on suoritettu. Tämän lisäksi tilojen tulee olla puhtaat, erityisesti konehuoneiden ja valvomon osalta.

- Putkitöiden yleinen toimintakoevalmius [10]
 - Putkistot laitteineen on kokonaan asennettu sekä huuhdeltu ja esisäädetty.
 - Putkistot on pääpiirteittäin eristetty.
 - Nestevirtojen säätö- ja huonelaitteet on asennettu.
- Sähkötöiden yleinen toimintakoevalmius [10]

- Laitteet ja kaapelit on asennettu ja merkitty.
- Kaikki sähköjohdotukset on asennettu ja tarkastettu niin, että väliaikaisia asennuksia ei enää ole käytössä vaan virta tulee lopullisia kytkentöjä myöten.
- Sähkömoottoreiden lämpösuojat on asennettu, viritetty ja koestettu.
- Ilmanvaihtotöiden yleinen toimintakoevalmius [10]
 - Kaikki ilmanvaihtokanavat ja päätelaitteet on asennettu.
 - Kanavistot on puhdistettu sekä katselmoitu puhtaiksi.
 - Sääto- ja huonelaitteet on asennettu.
 - Kanaviston eristystyöt on pääpiirteittäin tehty.
- Rakennusautomaation yleinen toimintakoevalmius [10]
 - Järjestelmien säätö- ja valvontalaitteet on asennettu, viritetty ja ohjelmoitu.
 - Valvomolaitteet ovat toiminnassa.
 - Jatkohälytyksien siirtolaitteet on asennettu ja koestettu.

4.5.2 Kokeiden suoritus ja dokumentointi

Kokeet suoritetaan muuttamalla järjestelmien asetusarvoja, muuttamalla antureiden mittaamia suureita, muuttamalla eri kytkimien asentoja, sulkemalla ja/tai avaamalla venttiileitä sekä muilla järjestelmää häiritsevillä toimilla. Kokeiden tarkoituksena on häiritä sää-

dön normaalia toimintaa ja varmistaa, että kyseisellä häiriöllä saadaan aiheutettua haluttu hälytys valvomoon. Kokeilla myös varmistetaan rakennusautomaatiojärjestelmän toimivuus häiriötilanteissa. [9]

Rakennuttajan edustaja tekee kokeista pöytäkirjan, jossa tulee ilmi jokainen kokeissa tarkastettu toiminto. Toimintakoepöytäkirjoissa eivät saa näkyä pelkästään mahdolliset havaitut puutteet tai virheet, vaan niissä pitää tulla ilmi kaikki havainnot sekä tulokset. [8; 9.]

4.6 Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys

Hyväksytysti suoritettujen toimintakokeiden jälkeen LVI-järjestelmien ja tuotteiden ilma-, vesi- ja liuosvirrat säädetään vastaamaan lopullisia arvoja. Säättöjen jälkeen voidaan tehdä lopulliset rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöönottoasetukset. Talotekniikkaurakoitsija toimittaa automaatiourakoitsijalle tiedot, joiden mukaan lopulliset arvot asetetaan. Säättöjen jälkeen järjestelmät testataan trendiajoilla säätöpiirikohtaisesti. LVIA-valvoja tarkastaa ja hyväksyy tulokset osaksi luovutusaineistoa ja projektipankkiin. [8]

Jos sopimusasiakirjoissa on määritelty rakennusaikaisen kosteuden ja materiaalipäästöjen tehotuuletus, RAU-urakoitsija asettaa säättöjen ja mittausten jälkeen ilmanvaihdon toimimaan täydellä teholla. Urakoitsija palauttaa järjestelmät normaaliin suunnitelman mukaiseen tilaan viimeistään vastaanottotarkastuksen yhteydessä tai myöhemmin sovituna ajankohtana, jos todetaan tuuletuksen tarpeen kestävän pidempään. RAU-urakoitsija laatii järjestelmien virityksistä ja asetuksista kattavat pöytäkirjat, joista selviää, mitä on säädetty ja mihin arvoihin. Huolelliseen dokumentointiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. [8]

4.7 Viranomaiskatselmukset ja -tarkastukset

Viranomaistarkastuksilla ja katselmuksilla selvitetään rakennushankkeen rakennustyövaiheiden toteutuminen viranomaisten määräysten mukaisesti. Viranomaiset tarkastavat myös kyseisten työvaiheiden osalta, että niihin kuuluvat tarkastukset ovat pidetty, niistä on tehty kattavat pöytäkirjat sekä mahdolliset tarkastuksissa havaitut puutteet ovat korjattuja. Tarkastuksiin osallistuvat tarkastavan viranomaisen lisäksi vähintään rakennuttajan edustaja sekä vastaava työnjohtaja. Tarvittaessa tarkastukseen on hyvä osallistua myös suunnittelijoiden sekä erityisalan työnjohtajien, mikäli heidän asiantuntemustaan tarvitaan tarkastusta suoritettaessa tai siihen liittyvien asioiden selvittämisessä. Mikäli viranomaisen tarkastuksissa vielä havaitaan puutteita, ne kirjataan pöytäkirjaan ja määritetään mihin mennessä niiden tulee olla korjattuna. Käyttööntövaiheessa tehtäviä viranomaistarkastuksia ovat esimerkiksi talotekniikan järjestelmien käyttöönotto tarkastukset, paloturvallisuuden varmistava palotarkastus sekä rakennusvalvonnan loppukatselmus. [11]

Viranomaistarkastuksia voidaan tarvittaessa pitää pitkin koko rakennushankkeen kestoja mutta käyttööntövaiheen tarkastukset pidetään usein lähellä hankkeen luovutusta, jolloin viranomaiset antavat oman käyttööntöleimansa rakennushankkeelle. Jotta kyseiset tarkastukset saadaan pidettyä hyväksytysti, tulee tarkastettavan työvaiheen työtehtävien olla tehtynä. [11]

Yleisesti monessa kohteessa toteutettavia viranomaistarkastuksia ovat

- talotekniikan järjestelmien käyttööntö- ja lopputarkastukset
- sprinkleritarkastus
- paloennakkotarkastus
- erityinen palotarkastus
- sähkön varmennustarkastus

- terveystarkastus
- hissitarkastus
- väestönsuojan tarkastus
- rakennusvalvonnan lopputarkastus

4.8 Tilaajan vastaanottotarkastus

Tilaajan vastaanottotarkastus on käyttöönottoprosessin viimeinen vaihe. Vastaanotto-prosessi alkaa jo ensimmäisistä työvaiheista ja jatkuu koko hankkeen ajan tilaajan valvojen seurattessa työn laatua. Vastaanottotarkastus on tilaisuus, jossa tilaaja tarkastaa lopulliset luovutusasiakirjat koskien hankkeen työsuoritusten valmistumisia. Hyväksymällä hankkeen vastaanottotarkastuksen tilaaja ottaa rakennuksen haltuunsa pääura-koitsijalta. Tilaaja on siitä eteenpäin itse vastuussa kiinteistöstä ja sen huollosta. Pääurakoitsija vastaa kuitenkin mahdollisista puutteista, virheistä ja vahingoista vielä takuuajan aikana. [8]

Tilaajan vastaanottotarkastukseen mennessä pääurakoitsijalla tulee olla koottuna luovutus- ja käyttöasiakirjat kohteesta. Luovutusasiakirjoihin kuuluu ennalta määrätyn luettelon mukaiset tekniset pöytäkirjat, joilla pääurakoitsija osoittaa kaikkien rakennuksen järjestelmien olevan testattu. Luovutusasiakirjoihin kuuluvat myös usein rakennushankkeen edetessä pidetyt laaduntarkkailun pöytäkirjat, kuten malliasennusten ja katselmusten pöytäkirjat. Luovutusasiakirjojen kokoaminen on tärkeää aloittaa heti kohteen rakennustöiden alusta, jolloin varmistetaan kaikkien tiedostojen toteutumisesta ja tallentumisesta tietokantaan. Luovutusasiakirjojen kokoamista varten on hyvä määrittää joko ulkoinen tai joku työmaaorganisaatioon kuuluva luovutusasiakirjakoordinaattori, jonka vastuulla on varmistaa kaikkien tarvittavien dokumenttien toteutuminen. Luovutusmateriaalin kokoaminen ei saa kuitenkaan olla pelkästään koordinaattorin vastuulla, vaan sen tulee olla jokaisen projektiorganisaatioon kuuluvan vastuulla. Tilaaja voi vastaanottotarkastuksessa hylätä kohteen pelkästään yhden puuttuvan tiedoston takia. Tämä taas voi aiheuttaa pääurakoitsijalle aikatauluviivästyksen, joka johtaa pahimmillaan sakkoihin. [8]

Tilaaajan vastaanottotarkastukseen mennessä tulee olla myös koottuna hankkeen käyttö- ja huoltoasiakirjat. Näitä ovat esimerkiksi asuinrakennushankkeessa asukkaiden käyttöön tuleva käyttö- ja huoltokansio. Kansiossa on kaikkien asuntoon asennettujen laitteiden ja materiaalien käyttö- ja huolto-ohjeet. Ohjeiden avulla asukas voi tarkastaa esimerkiksi millä pesuaineilla maalattua seinää voi pestä. Kuvassa 9 on kuvakaappaus erään Firan kohteen asukkaiden käyttö- ja huoltokansiosta.



Kuva 9. Kuvakaappaus asukkaille toimitetusta käyttö- ja huoltokansiosta

Työmaan aikana luovutusmateriaalia tulee kerätä työmaaorganisaation laajuudelle jaettuun pilvipalvelulliseen projektipankkiin. Pääurakoitsijan projektioorganisaation työntekijät (usein työnjohtajat) pitävät tilaaajan määrittelemän tarkastusasiakirjan mukaiset työmaakatselmukset ja tallentavat niiden pöytäkirjat projektipankkiin. Katselmuksista tehdyt pöytäkirjat katoavat helposti, jos ne ovat tallennettuina vain yksittäisen työntekijän henkilökohtaiselle työkoneelle. Loppuvaiheessa niiden etsiminen on käytännössä mahdotonta, mikäli niitä ei ole tallennettu ennalta määrättyihin projektipankkeihin. Työmaan aikana niin henkilöstö kuin työkalut voivat vaihtua, jolloin tiedostot häviävät henkilöiden tai koneiden mukana. Mikäli jokin työmaan aikainen katselmus ei ole erikseen määritelty tilaaajan tarkastusasiakirjaluettelosta, kannattaa siitä silti tehdä pöytäkirja ja tallentaa se tilaajalle luovutettaviin materiaaleihin. Nyrkkisääntönä luovutusmateriaaleista voidaan pitää, että jokainen työmaalla pidettävä katselmus ja siitä laadittu pöytäkirja tallennetaan tilaajalle luovutettavaan projektipankkiin. Projektipankki luovutetaan lopuksi usein niin digitaalisesti esimerkiksi muistitikulla kuin myös paperiversiona tulostettuna kansioihin.

Takuuaika

Hyväksytysti suoritettun vastaanottokatselmuksen jälkeen alkaa takuuaja. Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen (YSE) määritelmä takuuajasta:

Urakoitsija vastaa suorituksensa sopimuksenmukaisuudesta takuuajan, jonka pituus on, ellei urakkasopimuksessa ole muuta määrätty, kaksi vuotta. Urakoitsijan suoritukseen, jota takuu koskee, luetaan myös lisä- ja muutostyöt. [20]

Pääurakoitsija on takuuajana velvollinen omalla kustannuksellaan korjaamaan ilmentyneet virheet tai viat, jotka voidaan osoittaa kuuluvan urakoitsijalle. Urakoitsija on myös velvollinen viemään loppuun vielä vastaanottokatselmuksen aikana havaitut keskeneräiset työt sekä korjaamaan molempien osapuolten tekemien vikalistojen mukaiset havainnot. Takuuajana pääurakoitsijalle kuuluvia virheitä voi olla esimerkiksi laitteiston vioittuminen, kun voidaan todistaa, ettei laitteistoa ole käytetty virheellisesti tai vastoin ohjeistusta. [20]

5 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli luoda yhtenäinen prosessikuvaus pääurakoitsijan laadunvarmistuksesta käyttöönottovaiheen työvaiheista. Työn tarkoitus oli myös kehittää ja yhtenäistää Fira Oy:n laadunvarmistusprosessikaaviota käyttöönoton osalta. Idea työlle muodostui Fira Oy:n kehittäessä prosessikaavioita, jolloin todettiin käyttöönottovaiheesta olevan paljon tietoa mutta monessa eri tiedostossa ja tietopankissa. Tästä muodostui idea opinnäytetyölle, joka yhdistäisi yrityksellä jo olemassa olevat tiedot yhdeksi kokonaisuudeksi.

Onnistuneen ja toimivan laadunvarmistuksen takaamiseksi laaduntarkkailu täytyy aloittaa heti työmaan alkaessa ja ylläpitää koko työmaan läpi. Laaduntarkkailun tulee olla jokaisen työmaalla työskentelevän henkilön työnkuvauksessa, se ei saa olla vain ja ainoastaan yhden henkilön vastuulla. Jokaisen tarkkaillessa laatua työmaaorganisaatio varmistuu siitä, että kaikki laatuun liittyvät tarkastukset sekä niiden dokumentit tulevat

töiden edetessä tehtyä sekä arkistoitua. Näin ollen työmaaorganisaatio varmistaa tilaajalle luovutettavien materiaalien olevan kunnossa, jolloin luovutusvaihe suoritetaan kunnialla.

Eri työvaiheet kannattaa suunnitella etukäteen mahdollisimman tarkasti sekä arvioida ennalta mahdollisia ongelmia, joita niissä voidaan kohdata. Näin ollen työt saadaan tehtyä aikataulussa, turvallisesti sekä osataan ennalta varautua mahdollisiin ongelmatilanteisiin. Työt etenevät parhaiten, kun pääurakoitsijalla on mahdollisimman pian ratkaisut erilaisiin tilanteisiin sekä ennalta suunniteltu aikataulu esimerkiksi kerros- tai työntekijäkohtaisesti. Tällä pienlogistiikalla varmistetaan, etteivät eri urakoitsijat estä tai häiritse toistensa työvaiheita ja jokaisen työvaiheen laatu vastaa odotettua tasoa.

Työhön liittyvää kirjallisuutta löytyi paljon jo yrityksen aiemmista projekteista ja dokumenteista mutta myös verkkokirjallisuudesta. Haasteita tuotti joidenkin materiaalien vanhaksi jäänyt tieto, jota ei enää nykypäivänä voida soveltaa samalla tavalla. Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö oli opettava ja auttoi muodostamaan kokonais käsityksen niin laadusta, sen tarkkailusta kuin käyttöönottovaiheesta ja sen työtehtävistäkin.

Lähteet

- 1 Ilmanvaihdon perusteet. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys ry. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet> Luettu 20.1.2019
- 2 Ilmanvaihtojärjestelmät. Verkkoaineisto. Hengitysliitto ry. <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat> Luettu 20.1.2019
- 3 Rakennusten lämmitys. 2006 LVI 10-10397. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 4 Pietiläinen Jorma, Kauppinen Timo, Kovanen Keijo. 2007. ToVa-käsikirja.
- 5 Anttila Juhani, Jussila Kari. 2016. Mitä laatu on. Verkkoaineisto. Suomen Standardoimisliitto SFS ry. https://www.sfs.fi/ajankohtaista/uutiskirjeet/uutiskirjeet_2016/mita_laatu_on_artikkeli Luettu 10.12.2018
- 6 Ilmatiiveys ja vuotokohdat uusissa rakennuksissa 2/2017. Verkkoaineisto. Vertia Oy. <https://vertia.fi/wp-content/uploads/2017/08/Ilmatiiveys-ja-vuotokohdat-uusissa-rakennuksissa-2017-2.pdf> Luettu 1.3.2019
- 7 Paloniitty Sauli. 2013. Rakennusten tiiviysmittaus. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK130504.pdf> Luettu 1.3.2019
- 8 Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely. Prosessikuvaus. 2018. LVI 03-10630. Rakennustieto Oy.
- 9 Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely. Tehtävät ja dokumentointi. 2018. LVI 03-10631. Rakennustieto Oy.
- 10 Firan sisäiset toimintatarkastus-/toimintakoetarkastuslistat
- 11 Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta. 2015.
- 12 Ilmanpitävyys. Verkkoaineisto. Energiatehokas Koti. https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen_suunnittelu/ilmanpitavyys Luettu 20.3.2019
- 13 Kauppinen Timo. 2012. Rakennusten lämpökuvaus. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120604.pdf> Luettu 25.3.2019

- 14 Kodin vesiasiat. Verkkoaineisto. HSY. <https://www.hsy.fi/fi/asukkaalle/kodinvesiasiat/Sivut/default.aspx> Luettu 26.3.2019.
- 15 Paloturvallisuuslaitteet – Sprinkleri. Pelastusosasto. Verkkoaineisto. <http://www.pelastustoimi.fi/turvatietao/esta-palon-leviaminen/paloturvallisuuslaitteet/sprinkleri> Luettu 27.3.2019
- 16 Vähäkoski Kimmo. 2015. Savunpoiston järjestelyt ja suunnittelu. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus RT ry. https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2015/041115_savunpoiston-jarjestelyt.pdf Luettu 29.3.2019
- 17 Haastattelu Fira Oy:n vastaavan työnjohtajan kanssa
- 18 Työmaatekniikka. Työmaan aputyöt ja huolto. 2005. Rakennusteollisuus RT ry.
- 19 Rakennusautomaatiojärjestelmä tekninen erittely. Verkkoaineisto. Tilakeskus. Tampereen kaupunki. http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/JJOYWapgY/Rakennusautomaatiojarjestelma_tekninen_erittely_150812.pdf Päivitetty 15.8.2012. Luettu 3.4.2019.
- 20 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998.