

Henrik Magnusson

## **LVI-ASENNUS VALVONTA JA TOIMINNANTARKASTUS**

# LVI-ASENNUS VALVONTA JA TOIMINNANTARKASTUS

Henrik Magnusson  
Opinnäytetyö  
Syksy 2024  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

---

Tekijä: Henrik Magnusson

Opinnäytetyön nimi: LVI-asennus valvonta ja toiminnantarkastus

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: HVAC Installation Supervision and Functional Inspection

Työn ohjaaja: Mika Syväniemi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2024

Sivumäärä: esim. 44 + 1 liite

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda selkeämpi käsitys LVI-asennuksien ja järjestelmien tarkastuskäytännöistä sekä määräyksistä. Työn tavoitteena oli myös luoda selkeät ohjeet yleisimpien LVI-asennuksien sekä automaatiojärjestelmän ja sen toimilaitteiden tarkastamiseen.

Työn teoriaosuudessa keskityttiin asennustarkastuksien osalta mitä erilaiset määräykset, LVI-kortistot ja valmistajien asennusohjeet vaativat eri LVI-asennuksilta. Teoriaosuudessa myös käsiteltiin työmaan laadunvarmistustoimia malliasennuksien ja asennustarkastuksien osalta, sekä toiminnantarkastuksen aloittamisen vaatimia edellytyksiä ja järjestelmiä.

Toteutusosiossa luotiin selkeät ohjeet asennustarkastuksia ja toiminnantarkastamista varten, jotka etenevät vaiheittain perustuen vaatimuksiin, esimerkkitapauksien muistiinpanoihin ja työssä opittuihin asioihin. Asennustarkastuksissa keskityttiin yleisimpiin LVI-asennuksiin mitä jokaisella työmaalla tulee vastaan ja toiminnantarkastamisessa toimistohuoneiston huonesäätimiin sekä palopelteihin.

Lopputuloksena syntyi selkeät ja käytännönläheiset ohjeet LVI-asennusten asennustarkastuksille ja toiminnantarkastuksille. Ohjeet tarjoavat vaiheittaisen etenemismallin, joka perustuu voimassa oleviin määräyksiin, alan käytäntöihin sekä työn aikana kertyneeseen tietoon. Näin ne tukevat tarkastusprosessien selkeyttämistä ja työmaiden laadunvarmistusta.

Työssä käytettiin lähteinä rakentamismääräyksiä, LVI-kortistoja, valmistajien asennusohjeita ja opinnäytetöitä.

---

Asiasanat: talotekniikka, LVI, asennustarkastus, toimintakokeet, toiminnantarkastus

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services

---

Author: Henrik Magnusson

Title of thesis: HVAC Installation Supervision and Functional Inspection

Supervisor: Mika Syväniemi

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2024

Number of pages: e.g. 44 + 1 appendix

---

The aim of this thesis was to create a clearer understanding of the inspection practices and regulations for HVAC installations and systems. The goal of the work was also to create clear instructions for checking the most common HVAC installations and the automation system and its actuators.

The theoretical part of the work focuses on what the different regulations, HEVAC Building Services Information File and manufacturer's installation instructions require from different HVAC installations with regard to installation inspections. The theory part also deals with the quality assurance measures of the construction site in terms of model installations and installation inspections, as well as the prerequisites and systems required to start the operational inspection.

In the implementation section, clear instructions are introduced for installation inspections and functional inspections, which proceed step by step based on requirements, case notes and things learned on the job. In the installation inspections, the focus is on the most common HVAC installations that occur on every construction site, and in the operation inspection, the office apartment's room controls and fire dampers.

The end result is clear and practical instructions for installation inspections and functional inspections of HVAC installations. The instructions offer a step-by-step progression model that is based on valid regulations, industry practices, and knowledge accumulated during the work. In this way, they support the clarification of inspection processes and the quality assurance of construction sites.

The sources used in the work were building regulations, HEVAC File, manufacturers' installation instructions and previously made theses.

---

Keywords: building services, HVAC, installation inspection, operational inspection

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ .....	8
2.1	Kanaviston asennus .....	8
2.2	Puhdistusluukut.....	8
2.3	Palopellit.....	9
2.4	Äänenvaimentimet .....	9
2.5	Säätöpellit.....	10
2.6	Päätelaitteet .....	10
2.7	Kanavistojen ja osien työnaikainen suojaus.....	11
2.8	Kanaviston puhtaustarkastus .....	11
2.9	Kanavistojen kannakointi.....	12
2.10	Kanavistojen eristykset.....	12
3	KÄYTTÖVESI, LÄMMITYS JA JÄÄHDYTYS.....	14
3.1	Putkimateriaalit ja liitostavat .....	14
3.2	Venttiilit.....	15
3.3	Vesikalusteet.....	16
3.4	Patterit .....	17
3.5	Lattialämmitys .....	17
3.6	Eristys.....	18
3.7	Kannakointi .....	19
4	VIEMÄRÖINTI.....	21
4.1	Viemäreiden asennus.....	21
4.2	Lattiakaivot.....	21
4.3	Pohjaviemärin videokuvaaminen .....	22
5	MALLIASENNUSKATSELMUKSET JA ASENNUSTARKASTUKSET .....	23
5.1	Malliasennuskatselmus .....	23
5.2	Asennustarkastus .....	23
6	TOIMINTAKOKEET .....	24
7	MALLIASENNUSKATSELMUKSET JA ASENNUSTARKASTUKSET KOHTEESSA .....	26

8	ASENNUSTARKASTUKSIEN SUORITTAMINEN .....	27
8.1	Vesi-, lämpö- ja jäähdytysjohtojen eristyksien tarkistaminen .....	27
8.2	Pohjaviemärit .....	28
8.3	Vesi-, lämpö ja jäähdytysputkistojen kannakointi.....	29
8.4	Ilmanvaihtokanaviston ja päätelaitteiden kannakointi .....	30
8.5	Lattialämmitysputkistot ja jakotukit.....	31
8.6	Ilmanvaihtokone ja sen oheistekniikka .....	32
8.7	Säteilijä ja venttiilit .....	33
9	TOIMINTAKOKEIDEN SUORITTAMINEN .....	35
9.1	Huonesäätimien ja palopeltien toiminnantarkastus toimistohuoneesta .....	36
9.2	Valvomongrafiikka ja hälytykset.....	39
10	POHDINTA JA YHTEENVETO .....	41
	LÄHTEET.....	42
	Liite 1 Asennustarkastuksien muistilista	

# 1 JOHDANTO

Nykypäivän rakennuksissa talotekniikka on laaja kokonaisuus erilaisia järjestelmiä. Rakennuksen talotekniikka luo yhdessä kokonaisuuden, jolla parannetaan rakennuksen toimivuutta, käyttökävyyttä, turvallisuutta ja energiatehokkuutta. Rakentamisen määräysten ja vaatimusten jatkuva kiristyminen, taloteknisten ratkaisujen kehittyminen sekä kova kilpailu rakennusalalla nostavat rakentamisen laadunvalvonnan nykypäivänä entistä keskeisempään rooliin.

LVI-asennuksien ja järjestelmien laadunvalvontaa suoritetaan materiaalihyväksynnöillä, malliasennuskatselmuksilla, asennustarkastuksilla, työmaan laatukierroksilla sekä toimintakokeilla.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään LVI-asennuksien määräyksiä, asennustarkastuksia eri rakentamisvaiheissa sekä toimintakokeiden tekemistä huonesäätimille ja palopelleille. Opinnäytetyön tavoitteena on selkeyttää LVI-asennuksien laadunvalvonnan ja toimintakokeiden suorittamista käytännön esimerkkien kautta. Lisäksi tarkastuksia varten laadin muistilistoja helpottaakseni tarkastuksien tekemistä ja tarkastettavien asioiden muistamista.

Lähdeaineistona on käytetty eri rakentamismääräyskokoelmia, LVI-ohjekortteja, valmistajien asennusohjeita, kohteen suunnitelmia sekä työn kautta opittuja asioita.

## 2 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ

### 2.1 Kanaviston asennus

Ilmanvaihtokanavisto tulee asentaa siten, että liitokset ovat pitäviä ja se täyttää sille asetetut tiivysvaatimukset. Pyöreät kanavat ja niiden osat liitetään toisiinsa ja tiivistetään kanavaosissa olevilla kumirengastiivisteillä. Asennettaessa on huolehdittava, ettei kumirengastiiviste vaurioidu. Kanavaosien paikallaan pysyminen varmistetaan tarvittaessa vetoniiteillä tai ruuveilla. Vetoniittien tai ruuvien käyttö ei saa kuitenkaan heikentää kanaviston ilmatiivyyttä taikka puhdistettavuutta. Ruuvien käyttöä ei suositella, koska ruuvin kärki jää kanavan sisälle pystyyn aiheuttaen mahdollisesti viheltävää ääntä ja puhdistettavuus hankaloituu. Kanttikanavat liitetään toisiinsa käyttämällä listaliitoksia. Listaliitokset tulee lukita päistä kulmapaloilla. Kulmapalat varmistavat listaliitoksien paikallaan pysymisen. Kanavien katkaisuun on käytettävä rautapölyä tuottamattomia työkaluja, esimerkiksi kanavaleikkuria. Kanavistoon ei saa jättää teräviä särmiä eikä mahdollisesti asennuksen yhteydessä syntyneitä poraus- tai leikkausjätteitä. Kanavahaaroina tulee käyttää ensisijaisesti tehdasvalmisteisia T-haaroja lähtökaulusten sijaan. Lähtökauluksia varten tehtävän reiän tulee olla lähtevän kanavan kokoinen ja liitoskohdassa tulee käyttää asennusliimaa. (1.)

### 2.2 Puhdistusluukut

Ilmanvaihtokanavistoon asennetaan puhdistusluukut siten, että koko kanavisto on helposti puhdistettavissa sekä tarkastettavissa. Puhdistusluukut tulee asentaa siten, että puhdistusluukkuun pääsee helposti käsiksi ja puhdistusluukku on helposti havaittavissa. Puhdistusluukut tulee varustaa lukitus- ja aukaisulaitteilla. Puhdistusluukkujen sijainnit tulee merkitä alakattoon. (2, s. 150.) Puhdistusluukkujen sijainnit usein esitetään ilmanvaihdon suunnitelmassa, mutta jos suunnitelmassa ei ole esitetty puhdistusluukkujen paikkoja, on sovittava asennusperiaatteet suunnittelijan kanssa. Vaakasuoriin kanaviin sijoitetaan puhdistusluukkuja 10 m:n välein ja vaativissa kohteissa 3–5 m:n välein. Puhdistusluukkujen väli voi kuitenkin olla enemmänkin kuin 10 m, jos kanava on

puhdistettavissa varmasti luukkujen väliseltä osalta. Puhdistusluukut sijoitetaan myös kanavistos-  
sa olevan laitteen, esimerkiksi palo- ja säätöpellin, molemmin puolin, mikäli laite ei ole puhdistus-  
ta varten helposti irrotettavissa. Lisäksi kahden puhdistusluukun välissä saa olla enintään kaksi yli  
45°:n käyrää. Alakattoon tulee tehdä huoltoluukku, jotta puhdistusluukkuun päästään käsiksi  
helposti. Huoltoluukun on oltava kooltaan vähintään 500 x 500 mm. Puhdistusluukkuna voi toimia  
myös puhdistusta varten tarpeeksi suuri kanavaosa tai -varuste, esimerkiksi avattavaa mallia  
oleva äänenvaimennin. (1.)

### **2.3 Palopellit**

Rakennukset jaetaan yleisesti palo-osastoihin, jotta palon leviäminen estyy, poistuminen on tur-  
vallisempaa, pelastustoimet sujuvat paremmin ja omaisuusvahingot pienenevät (3). Ilmanvaihdon  
osalta vaihtoehtoina on joko palopellin käyttö tai kanavan täysi eristäminen paloeristeellä läpi  
koko paloalueen. Palopellin tulee olla tyyppihyväksytty tai siitä tulee tehdä vastaavat selvitykset.  
Palopellin on täytettävä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7 ohjeet. (1.) Palopellin  
tulee täyttää kanavan lävistämän osastoivan rakennusosan palonkestoaikavaatimus. Palopeltejä  
on tarjolla kahdenlaisia: toimilaitteella toimivia sekä käsitoimisia. Käsitoiminen palopelti sulkeutuu,  
kun palopellin lämpösulake sulaa ja luukku sulkeutuu jousiviritteisesti. Toimilaitteella varustettu  
palopelti sulkeutuu automaattisesti palotilanteessa sähkövirran katketessa, sähkövirta katkeaa  
lämpö-, savu- tai kaasuilmasisimen hälyttäessä. Toimilaitteella varustettu palopelti sulkeutuu myös  
jousiviritteisesti turvallisen sulkeutumisen takaamiseksi, mutta aukeaa takaisin toimilaitteen avul-  
la. Palopeltien yhteyteen on asennettava puhdistusluukku. (4.) Palopellin asento (kiinni/auki) täy-  
tyy olla helposti todennettavissa laitteen ulkopuolelta, tai palopellin sulkeutumisesta on saatava  
esimerkiksi sähköinen ilmoitus. Palopellit tulee kiinnittää tukevasti ja tiiviisti osastoivaan raken-  
nusosaan valmistajan ohjeita noudattaen. Palopellit asennetaan siten, että ne on helppo testata  
ja virittää uudelleen. (2, s. 152.)

### **2.4 Äänenvaimentimet**

Äänenvaimentimina käytetään tehdasvalmisteisia vaimentimia, joiden suorituskyky ja ominaisuu-  
det on testattu voimassa olevien standardien tai tyyppihyväksyntäohjeiden mukaisesti. Käytetty  
vaimennusmateriaali on mineraalivillaa tai muuta vastaavaa palamatonta ainetta. Vaimennusma-  
teriaalin kuitujen pääsy ilmavirtaan estetään pinnoittamalla, esimerkiksi lasikuituhuovalla. Pinta-

kerroksen on kestävä kevyttä mekaanista puhdistusta, ja jos kaikkia puhdistusmenetelmiä ei voida soveltaa, rajoitukset on selkeästi merkittävä näkyvälle paikalle äänenvaimentimessa tai sen läheisyyteen. Äänenvaimentimen tiiviyn on vastattava vähintään sen kanavan tai ilmastointikoneen tiiviyttä, johon se asennetaan. Poikkeava sijoitus voi vaikuttaa merkittävästi vaimennustehoon tai lisätä puhaltimen äänitasoa, ja jos äänenvaimennin asennetaan poikkeavasti, kuten heti puhaltimen jälkeen, on esitettävä testitulokset tämän asennustavan mukaisesti. (2, s. 142.)

## **2.5 Säätöpellit**

Säätöpellin tarkoituksena on tasapainottaa kanaviston paine-eroja ja ilmamäärää suunniteltuihin arvoihin. Ilmanvaihdon suunnitelmissa on esitetty säätöpellin malli sekä suunniteltu painehäviö, ilmavirta ja säätöasento. Säätöpelti tulee sijoittaa niin, että säätöpelti on helposti säädettävissä ja puhdistettavissa. Säätöpellin molemmin puolin tulee olla puhdistusluukku, jollei säätöpeltiä saa puhdistusta varten helposti irrotettua. (2, s. 143.) Säätöpellit varustetaan ilmavirran mittausyhtein, tai mittausyhteet tulee asentaa säätöpellin läheisyyteen ilmanvaihtokanavaan. Pyöreissä kanavissa säätöpellit ovat säle- tai iirispeltejä. Suorakaidekanavissa käytetään sälepeltejä. Kertasäätöpelleissä täytyy olla asennonosoitin ja auki/kiinni-kilpi. (2, s. 152.) Säätöpellin suojaetäisyyksissä noudatetaan valmistajan asennusohjeita. (1.)

## **2.6 Päätelaitteet**

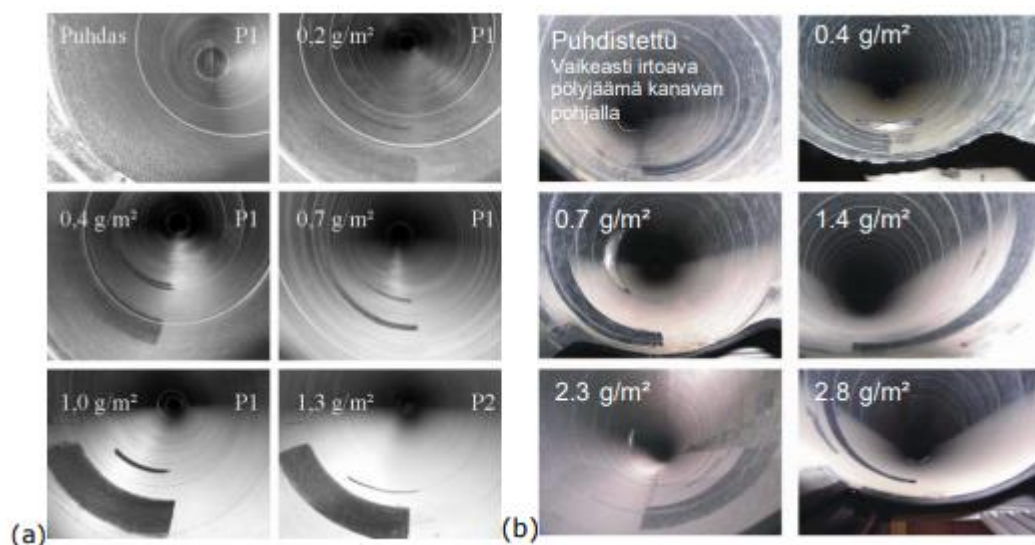
Päätelaitteiden on oltava tehdasvalmisteisia laitteita, jotka on testattu teknisten suoritusarvojen ja ominaisuuksien osalta ja joille on myönnetty tyyppihyväksyntä. Mikäli standardeja ja tyyppihyväksyntää ei ole saatavilla, on esitettävä suoritusarvojen ja ominaisuuksien testausmenetelmä. Eri-tyytilojen päätelaitteiden on täytettävä kaikki vaaditut vaatimukset. Esimerkiksi palon- ja savunrajoittimien toimivien päätelaitteiden on täytettävä niille asetetut erityisvaatimukset. Päätelaitteiden asennuksessa on huolehdittava, että ne pysyvät paikoillaan ja ovat helposti puhdistettavissa sekä mitattavissa. Päätelaitteet tulee muiden järjestelmän osien tapaan suojata rakennusaikana rakennuspölyltä. (2, s. 152–153.)

## 2.7 Kanavistojen ja osien työnaikainen suojaus

Ilmanvaihtokanavat ja -osat tulee olla suojattuina rakentamisen aikana. Kaikki avoimet päät tulee olla suljettuina pölytiivisti aina, kun asennustyö on keskeytynyt. Kanavien päät pitää olla tulpatuina kanavien mukana tulevilla muovitulpilla tai muovilla ja teipillä. Ilmanvaihtoon liittyvät osat tulee suojata niin, etteivät osat pääse likaantumaan varastoidessa tai asennuksen keskeytyessä. (5, s. 15–16.)

## 2.8 Kanaviston puhtaustarkastus

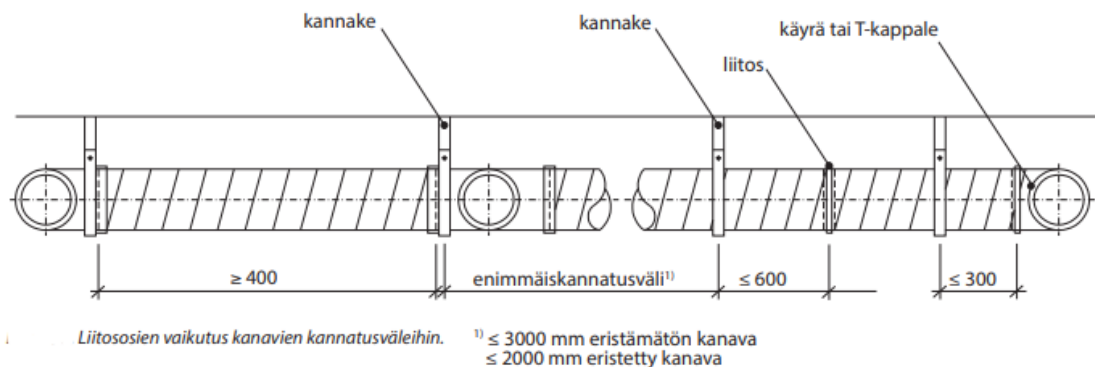
Kanavistojen puhtaustarkastus tehdään ennen ilmanvaihtojärjestelmän säätöitä, kun rakennuksen tilat on puhdistettu. Puhdistusluukkujen ja päätelaitteiden kautta tarkastetaan tulo- ja poistoilmakanavien puhtaus, järjestelmällisesti vähintään viidestä pisteestä. Mikäli kanaviston pituus ylittää 1000 metriä, lisätään yksi tarkastuspiste jokaista 200 metriä kohti. (6, s. 4.) Ilmanvaihtokanaviston puhtauden mittaamiseen käytetään kahta erilaista menetelmää: visuaalista tarkastelua ja suodatinkeräysmenetelmää. Näiden menetelmien avulla selvitetään, onko ilmanvaihtolaitteiden puhdistus tarpeen. Yleensä laitteet tarkastetaan ensin visuaalisesti, ja tarvittaessa tehdään tarkastus suodatinkeräysmenetelmällä. (5, s. 8.) Kanavien puhtaus arvioidaan vertaamalla tarkasteltavan kanavanosan pölykertymää kuvassa 1 esitettyihin kertymiin.



KUVA 1. Puhtauden arviointiin käytettävä kuvamateriaali (a) uusille ja (b) käytössä oleville tuloilmanakanaville (6, s. 4)

## 2.9 Kanavistojen kannakointi

Ilmanvaihtokanavien kannakoinnin on täytettävä palo- ja äänitekniset vaatimukset. Kannakkeiden on oltava riittävän vahvoja tukemaan ilmanvaihtokanavien painoa sekä kestämään eristeiden ja pinnoitteiden aiheuttamat lisäkuormat, värähtelyn ja nuohouksen vaatimat rasitukset standardin SFS-EN 12236 mukaisesti. Kanavien liitoskohdat on kannatettava niin, että liitos ei pääse aukeamaan ja vuotamaan. Paloeristettyjen ilmanvaihtokanavien kannakkeiden tulee olla samaa paloluokkaa kuin tilassa, jossa kanava kulkee. Kannatusväli on eristämättömillä kanavilla enintään 3 metriä ja eristetyillä kanavilla 2 metriä. Liitososien vaikutus kanavien kannatusväleihin näkyy kuvassa 2. Eristetyt ilmanvaihtokanavat tulee kannakoida eristeen alta, poikkeuksena jos kanavassa on paloluokitus EI 120 -luokka tai suurempi, jolloin kannatus toteutetaan myös paloeristeiden päältä. Mikäli kanava lävistää palo-osastoivan rakenteen, jonka paloluokitus on EI60 -luokka tai suurempi, lisätään kanavaan palo-osastoinnin rajalle kannake maksimissaan 250 mm etäisyyteen. (7, s. 23.)



KUVA 2. Liitososien vaikutus kanavien kannatusväleihin. RT-103447 (7, s. 24)

## 2.10 Kanavistojen eristykset

Kanavien asianmukainen eristäminen on tärkeää sekä uudisrakentamisessa että korjauskohteissa. Huonosti eristetyt kanavat voivat aiheuttaa lämpöhäviöitä, mikä lisää lämmitys- ja jäähdytyskustannuksia ja heikentää rakennuksen energiatehokkuutta. Lisäksi kondensaation muodostumi-

nen kanaviin voi johtaa kosteusvaurioihin ja homeen kasvuun, mikä voi vaikuttaa negatiivisesti sisäilman laatuun ja asukkaiden terveyteen. Tuloilmakanava tulee lämmön- ja kondenssieristää, jos tuloilmaa jäähdytetään. Kondenssieristeenä voidaan käyttää solukumieristettä. (8.) Palo-, lämpö- ja kondenssieristysten asennuksessa tulee huomioida valmistajan asennusohjeet ja LVI-kortin 50-10344 ohjeet. Eristeiden saumat tulee teipata tiiviisti ja asianmukaisesti. Eristepintojen tulee säilyä ehjänä, eivätkä villapinnat saa jäädä paljaaksi. (9, s. 5–6.)

## 3 KÄYTTÖVESI, LÄMMITYS JA JÄÄHDYTYS

### 3.1 Putkimateriaalit ja liitostavat

#### PEX-putket

PEX-putkien liitokset tehdään pusertamalla ja puserrusliitoksessa tulee käyttää esimerkiksi kuparista valmistettua tukiholkkia. Asennettaessa on myös huomioitava putkivalmistajan asennusohjeet. Rakenteen sisään tulevassa PEX-putkessa tulee aina käyttää suojaputkea. Suojaputken tulee olla yhtenäinen, ja suojaputken päiden tulee ulottua huoneen puolelle paikkoihin, joissa mahdollinen vuotovesi ohjautuu näkyville suojaputkea pitkin, esimerkiksi jakotukkikaappiin tai alakatossa jakotukille asti. (10, s. 4.)

#### Kupariputket

Kupariputkien liitokset voidaan toteuttaa juottamalla, puristusliitoksella ja puserrusliitoksella. Juotostapoja on kaksi, pehmeä juotos ja kovajuotos. Kovajuotosta tulee käyttää liitoksissa, joissa esiintyy korkeita lämpötiloja tai väsyttäviä kuormituksia pehmeän juotoksen sijaan. Puserrusliitoksia saa käyttää vain paikoissa, joissa liitoksen tiiviys on helposti tarkastettavissa. Kupariputkien puserrusliitoksessa tulee käyttää myös tukiholkkia, jollei liitin ole erikseen hyväksytty käytettäväksi ilman tukiholkkia. Puristusliitoksissa tulee käyttää saman valmistajan osia ja puristustyökalua. (10, s. 5.)

#### Teräsputket

Teräsputkien liitostapoja ovat kierreliitos, laippaliitos ja hitsausliitos. DN 10-40-koon teräsputket ovat saumallisia putkia, jotka voidaan liittää kierre-, hitsaus- tai laippaliitoksin. Yli koon DN 50 teräsputket ovat saumattomia putkia, jotka voidaan liittää hitsaus- tai laippaliitoksin. Yli koon DN 200 teräsputket ovat kierresaumattuja putkia, jotka voidaan liittää hitsaus- tai laippaliitoksin. (10, s. 5.)

## **Kierreliitos**

Kierreliitokset tulee tehdä kartiomaisella kierteellä siten, että liitos on avattavissa. Liitoksen tiivistysaineena voidaan käyttää hamppua tai PTFE-nauhaa. Hamppua voi käyttää putkissa, joiden lämpötila on korkeintaan 120 °C, hampun kanssa tulee käyttää putkikittiä. PTFE-nauhaa voidaan käyttää tiivistykseen putkissa, joiden lämpötila on korkeintaan 185 °C. (10, s. 5.)

## **Laippaliitos**

Laippaliitoksissa materiaalina tulee käyttää samaa materiaalia kuin kyseinen putkisto on, poikkeuksena kupariputket. Kupariputkien laippaliitoksissa käytetään silumiini- tai kevytmetallilaippoja. Laipat ovat kierre-, hitsaus- tai irtolaippoja. Laippaliitoksien pultit tulee kiristää uudelleen, kun järjestelmä on otettu käyttöön ja toimii käyttölämpötilassa. (10, s. 5–6.)

## **Hitsausliitos**

Hitsausliitoksien hitsausnauman on oltava tasa-aineinen, eikä hitsausnauma saa olla hitsattavan putken seinämäpaksuutta ohuempi. Hitsaustyön jälkeen saumat tulee puhdistaa ulkopuolisesta kuonasta ja epäpuhtauksista. Puikkohitsauksessa käytettävät emäksiset hitsauspuikot tulee säilyttää kuivassa tilassa. Hitsauksessa on huomioitava, ettei hitsaustöitä saa tehdä alle -5 °C lämpötiloissa. (10, s. 6.)

## **3.2 Venttiilit**

Venttiilien tarkoituksena on säätää tai estää kokonaan veden virtaaminen putkistossa. Venttiilit voidaan asentaa joko kierre-, yhdistin-, hitsaus- tai laippaliitoksiin. Venttiilit tulee asentaa siten, että niihin päästään helposti käsiksi ja ne ovat huollettavissa. Venttiilien yhteyteen tulee asentaa huoltoluukku, jos venttiili jää piiloon. Huoltoluukkuun merkitään, mitä venttiileitä luukun taakse on asennettu. Venttiilien tulee olla käyttötarkoitukseensa soveltuvia ja eri nesteille sekä painetasoille on omat venttiilinsä. (2, s. 83.) Suunnitelmista tulee käydä ilmi venttiilin tyyppi, koko, materiaali, hyväksytyt liitostapa ja nimellispaine. Suuret venttiilit, jotka ovat kooltaan yli DN 150, tulee varustaa käsivaihteella. Venttiilien välittömään läheisyyteen tulee lisätä asianmukainen kannakointi. Venttiilin käyttö ei saa aiheuttaa putkistoon taipumaa, murtumaa tai muuta vauriota. (1.)

## **Sulkuventtiilit**

Sulkuventtiilin asento tulee olla aina helposti luettavissa. Sulkuventtiilin käsivivun on oltava auki-asennossa virtauksen suuntainen ja kiinniasennossa 90° kulmassa putkeen nähden. (1.) Sulkuventtiilin käsivivun tulee olla irrotettavissa helposti. Venttiileissä tulee olla asennonosoitin ja ääri-asentojen rajoittimet. Sulkuventtiilit, jotka jäävät piiloon esimerkiksi rakenteen alle tai alakaton yläpuoliseen tilaan, tulee sulkuventtiilien paikat ilmoittaa selvällä merkinnällä huoltoluukun yhteyteen. (2, s. 83.)

## **Linjasäätöventtiilit**

Linjasäätöventtiilien asennuksessa tulee huomioida venttiilin virtaussuunta-merkintä. Linjasäätöventtiili tulee asentaa siten, että venttiilin virtaama voidaan säätää, säätöarvo lukea ja paine-ero mitata helposti. Linjasäätöventtiilit varustetaan tulpattavilla mittausyhteillä. Mittausyhteet tulee olla tulpattuina aina, kun mittaus- tai säätötyötä ei suoriteta. (2, s. 84.)

### **3.3 Vesikalusteet**

Vesi- ja viemärikalusteet asennetaan rakenteeseen sopivalla tavalla ja tukevasti. Rakennetta voidaan tarvittaessa vahvistaa tukirakenteilla, esimerkiksi vanerilevyllä kipsilevyseinissä. Vesi- ja viemärikalusteiden asennuksessa tulee noudattaa RT-kortin 60-10816 sekä valmistajan asennusohjeita. (11, s. 2.)

## **WC-istuimet**

WC-istuin voidaan kiinnittää joko lattiaan tai seinään. Lattiaan WC-istuin voidaan kiinnittää liimalla tai ruuveilla, märkätiloissa ruuvikiinnitystä ei suositella vedeneristeen mahdollisen rikkoutumisen vuoksi. Märkätiloissa suositellaan käytettäväksi seinäkiinnitteistä wc-istuimia. Seinäasennuksessa käytetään tehdasvalmisteisia asennustelineitä, joissa on huuhtelusäiliö. Seinäasennuksessa täytyy muistaa mahdollinen tarve rakenteen vahvistamiselle, esimerkiksi levyseinissä vahvistaminen

voidaan toteuttaa lisäkoolauksin ja vanerilevyllä. Istuimen ja viemäröinnin liitoksen tulee olla vesitiivis, sekä WC-istuimen jalka ja ruuvinreiät tiivistetään elastisella homesuojatulla massalla vesitiiviiksi. (11, s. 2–3.)

### **Pesu- ja tiskialtaat**

Altaiden sekoittajan tulee olla tukevasti kiinnitettynä altaaseen. Altaiden sekoittajasta tulee tarkastaa kylmän ja lämpimän veden oikeinkytkentä sekä lämpimän veden odotusaika, odotusajan tulisi olla alle 20 sekuntia. Pesu- ja tiskialtaiden sekoittajasta tarkastetaan mahdollisen astianpesukoneen tai bideesuihkun liitäntä. Bideesuihku tulee asentaa niin, että WC-istuimelta on yllettävä bideesuihkuun. Altaiden kytkentäjohtojen tulee olla altaan alla siististi taivutettuina, pystysuuntaisesti lopuksi sekä altaan viemäröinnin vesitiivis. Pesualtaiden kiinnityksessä seinään täytyy huomioida myös levyseinien vahvistaminen samalla periaatteella kuin WC-istuintien seinäkiinnityksessä. (11, s. 3.)

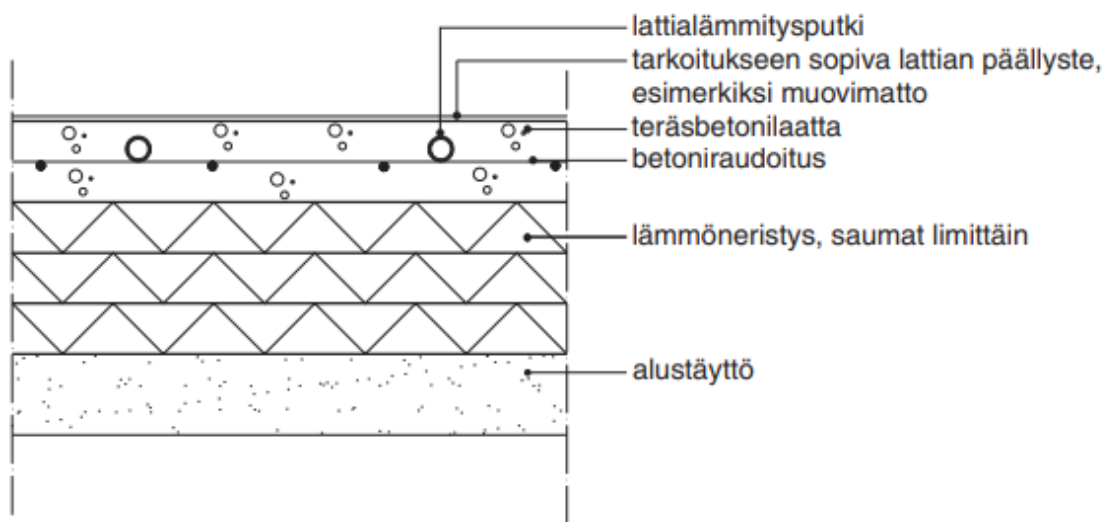
### **3.4 Patterit**

Patterit kiinnitetään seinälle tukevasti käyttäen piilo-, pika- tai riippukannakkeita. Levyseinään kiinnittäessä tulee huomioida rakenteen asianmukainen vahvistaminen. Patterit asennetaan vaakatai pystysuoraan, jotta ilmausruuvin kautta mahdollinen ilma saadaan pois. Ikkunan alle asennettava patteri tulee keskittää, jotta lopputulos on siisti. Patterin toimilaitteiden säätö tulee olla mahdollista normaaleilla työkaluilla. Patterin kytkennästä tulee tarkastaa, että patteriventtiili on asennettu menoputkeen ja sulkuliitin paluuputkeen. (12, s. 5–8.)

### **3.5 Lattialämmitys**

Lattialämmityspiiri tehdään yhtenäisestä putkesta ilman lattiarakenteeseen jääviä liitoksia. Lattialämmitysputkiin lisätään halkaistu suojaputki, joka asennetaan jakotukilta lämmitettävään tilaan päättyen tilan sisäpuolelle noin 300–500 mm. Putket asennetaan suojaputkeen, jos putket jäävät rakenteen sisään sekä liikuntasauojen ja läpivientien kohdalle. Lattialämmitysputket tuodaan valussa valutuilla lattiapinnan yläpuolelle. Liikuntasauojen ja läpivientien kohdalla suojaputki asennetaan molemmin puolin 300–500 mm:n matkalta. Putket kiinnitetään riittävän tiheästi ja tukevasti, putkien tulee pysyä paikoillaan valutyön, painekokeen ja varsinaisen lämmityksen käytön

aikana. Kuvassa 3 esitetään asennusperiaate maanvaraisen lattian betoniraidoitukseen. Pakkauksesta purettuja muoviputkia ei saa varastoida suorassa päivänvalossa. Talvella kylmässä varastoidut putket tuodaan lämpimään tilaan ennen asennusta, jäiset muoviputket voivat vaurioitua taivuttaessa. Lattialämmityksenpiirille tulee tehdä paineilmalla painekoe ennen putkien peittämistä, ja siitä tulee toimittaa painepöytäkirja. Lattialämmityspiirin tulee olla suunnitelmien mukaisesti asennettu, riittävän tiheästi kiinnitettynä ja putket eivät saa osua teräviin reunoihin, esimerkiksi betoniraidoituksen kärkiin. Lattialämmityspiiri tulee valokuvata tarkasti ennen putkien peittämistä. (13, s. 5–6.)



KUVA 3. Putkien asennus maanvaraiseen alapohjaan tehdään kiinnittämällä putket betoniraidoitukseen sidelangoilla tai nippusiteillä. RT 52-10801. (13, s. 5)

### 3.6 Eristys

Vesi-, lämpö- ja jäähdytysjohdot tulee eristää lämmön- ja kondenssieristää suunnitelmien mukaisesti, eristysmateriaalina voidaan käyttää muovi- tai villaeristettä. Eristeen tulee olla asennettuna johdon ympäri kauttaaltaan tiiviisti saumat teipattuina tai liimattuina. Johdot eristetään myös rakenteiden läpivientien kohdalta, eristyksen on jatkuttava yhtenäisenä rakenteen läpi. (9, s. 5–7.)

### 3.7 Kannakointi

Vesi-, lämpö- ja jäähdytysputkien kannakoinnin ja kiinnityspisteiden tulee olla sellaisia, ettei lämpölaajeneminen tai veden virtauksesta syntyvät voimat aiheuta putkien siirtymistä, rikkoontumista tai ääntä. Putkimateriaalin muutoskohtiin on lisättävä kannakointi materiaali muutoksen välittömään läheisyyteen. Kannakointivälit määräytyvät ensisijaisesti tuotevalmistajan ohjeiden mukaisesti, mutta kuitenkin noudattaen RT-kortissa 103447 ohjeistettuja kannatusvälejä. Vaakaputkien suurimmat kannatusvälit on esitetty kuvassa 4. Putkiston haara- ja mutkakohdan läheisyydessä on oltava kannake tai kiintopiste, lisäksi on huomioitava palokatkojen kohdalla mahdollisesti tarvittava palokatkotuotteen asennusohjeessa esitetty lähimmän kannakkeen maksimietäisyyspalokatkosta, joka on usein 300 mm. (7, s. 14–15.)

Teräsputket		Kupariputket <sup>1) 2)</sup>		Muoviputket			Monikerrospotket <sup>3)</sup>	
DN	mm	d <sub>u</sub>	mm	d <sub>u</sub>	PVC, PEH, PEM	PEL, PEX, PB	d <sub>u</sub>	mm
		mm	mm	mm		mm	mm	mm
< 20	2500	< 22,0	1250	< 20	700	300	< 20	1200
20	2500	22,0	2500	20	700	300	20	1300
25	2500	28,0	2500	25	900	400	25	1300
32	2500	35,0	2500	32	1000	400	32	1400
40	2500	42,0	2500	40	1100	500	40	1400
50	3000	54,0	2500	50	1200	500	50	1500
65	4000	63,0	2500	63	1400	600	63	1500
80	4000	76,1	3000	75	1500	600	75	1500
100	5000	88,9	3000	90	1600	700		
120	5000	108,0	3000	110	1700	700		

<sup>1)</sup> ei koske hehkutettua kupariputkea

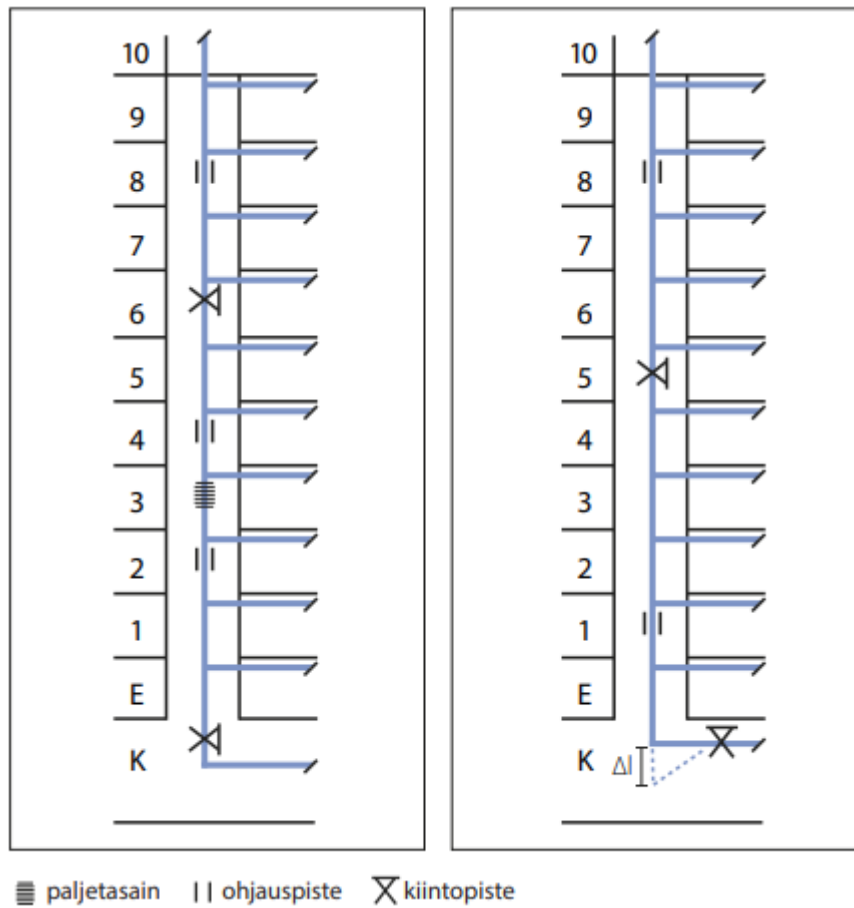
<sup>2)</sup> d<sub>u</sub> 8...15 mm putkien kannatusvälit pinta-asennuksessa lämmitysputkille 400...500 mm ja käyttövesiputkille 600 mm

<sup>3)</sup> pinta-asennuksessa putkien kannatusväli 500...800 mm

KUVA 4. Vaakaputkien suurimmat sallitut kannatusvälit (7, s. 14)

Vesi-, lämpö- ja jäähdytysputkien kannakoinnissa tulee huomioida myös lämpötilan vaihtelusta johtuva laajeneminen ja supistuminen. Lämpöliikettä kompensoidaan käyttämällä paljetasaimia, liukumuhveja tai paisuntalenkkejä. Kiintopisteillä ja liukupisteillä ohjataan putkiston liike sopivaan paikkaan, esimerkiksi paisuntalenkkiin. Kiintopisteiden tulee olla kiinnitettynä tukevaan rakenteeseen, joka kestää liikkeen rajoittamisesta aiheutuvan kuormituksen. (7, s. 10.)

Kuiluissa pystyputket kannakoidaan niin, että putkien painon aiheuttamat voimat kohdistuvat kannatuspisteeseen eivätkä vaakaputkien liitoskohtiin. Kuiluissa lämpölaajenemisen lisäksi on otettava huomioon kannakoinnissa, ettei pystyputkien alaosaan kohdistu painon aiheuttamaa kuormaa. Kuilujen huoltotasosta ei saa kannakoida putkia, ellei huoltotasoa ole nimenomaan mitoitettu tätä varten. Kuilukannatuksen periaate on esitetty kuvassa 5. (7, s. 11–12.)



KUVA 5. Periaatteellinen esimerkki kiintopisteiden sijoittamisesta kuilukannatuksessa paljetasaimella ja ilman paljetasainta (7, s. 11)

## 4 VIEMÄRÖINTI

### 4.1 Viemäreiden asennus

Vaakaviemäreiden suunnanmuutokset tehdään kahdella 45°:n kulmayhteellä tai muhvikulmalla. Vaakaviemärit kiinnitetään toiseen vaakaviemäriin 45°:n muhvihaaralla tai haarayhteellä, sekä 45°:n muhvikulmalla tai kulmayhteellä. 32 mm:n putkissa tulee käyttää 45°:n tai loivempia yhteitä, sekä putki tulee kannakoida huolellisesti. Liitokset tehdään valmiilla osilla tai hitsaamalla. Puhdistusyhteet asennetaan jokaiseen pystylinjan alaosaan sekä 20 metrin välein vaakakokoojaviemäreihin. Puhdistusyhteen kansi kiinnitetään niin, ettei kansi irtoa padotus tilanteessa. Valuun jäävä viemäri tulee olla joko täysin irti valusta tai kokonaan sen sisällä sekä viemäriin ympärillä tulee olla vähintään 15 mm betonia. Kaikki piiloon jäävät viemärit tarkastetaan ja valokuvataan ennen peittämistä. Viemäreille tulee suorittaa myös painekoe ennen asennuksen peittämistä. (10, s. 7.)

### 4.2 Lattiakaivot

Lattiakaivo kiinnitetään tukevasti ja liikkumattomaksi asennettavaan alustaan. Korokerenkaan, vedeneristeen sekä vedeneristyslaipparenpään asennuksessa noudatetaan valmistajan ohjeita ja käytetään vain saman valmistajan osia, jotka on hyväksytty kyseiselle mallille. (2. s 124.) Lattiakaivo asennetaan lattiakaatosuunnitelmassa annettujen korkotietojen mukaisesti sekä korko merkitään lattiakaivon suojakanteen tai palaan teippiä. Valuun jäävät lattiakaivot tuetaan asianmukaisesti käyttämällä valmiita valutukia ja tarvittaessa lisäksi esimerkiksi viemäriputkesta leikatuilla tukipaloilla. Kiinnityksessä voidaan käyttää sidoslankaa tai reikänauhaa. Lattiakaivoon liitetyt viemärit kiinnitetään niin, etteivät liitokset irtoa iskusta. Lattiakaivot suojataan rakentamisesta aiheutuvalta roskalta ja lialta mukana tulevilla suojakansilla tai muovipeitteellä. (14, s.1–2.) Kuvassa 6 on esitettyä esimerkki lattiakaivon asennuksesta paikallisvaluholvissa.



*KUVA 6. Lattiakaivon ja viemäriin asennus paikallisvaluholviin (15, s. 14)*

### **4.3 Pohjaviemäriin videokuvaaminen**

Pohjaviemärit ja viemärien pystylinjat kuvataan viemärikameralla, näin voidaan varmistua, ettei viemäreissä ole muodonmuutoksia, painumia tai saostumia. Kaikissa kohteissa viemäreiden kuvaamista ei kuitenkaan vaadita vaan tämä riippuu kohteen rakennusvalvonnan vaatimuksista. (10, s. 7.)

Viemärikuvauksesta tehdään pöytäkirja, johon kirjataan kuvauksessa ilmenneet painumat, muodonmuutokset ja saostumat. Pöytäkirjan lisäksi viemärikuvauksesta tehdään viemärinkuvauskartta, johon merkitään kuvatut viemäriin ja kuvauksessa havaittujen puutteiden sijainnit. Kuvattavien viemäriin tulee olla kasteltuja ja ne kuvataan virtauksen suuntaisesti. (10, s. 7.)

## **5 MALLIASENNUSKATSELMUKSET JA ASENNUSTARKASTUKSET**

### **5.1 Malliasennuskatselmus**

Malliasennuskatselmus on kokous, jossa katselmoidaan toistuvien urakkasuoritusten yhteinen toteutustapa. Tavoitteena on sopia yhtenäisestä asennustavasta muille vastaaville järjestelmille tai niiden osille. Malliasennuskatselmukseen kutsutaan koolle pääurakoitsijan edustaja, valvoja, suunnittelija ja rakennuttajan edustaja. Malliasennuskatselmuksesta urakoitsija tekee pöytäkirjan, johon kirjataan kaikki malliasennukseen liittyvät huomiot ja kommentit sekä liitetään mahdolliset valokuvat asennuksesta. Mallikatselmuspöytäkirjaa voidaan käyttää myöhemmin apuna, kun suoritetaan asennustarkastuksia. (16, s. 4.)

### **5.2 Asennustarkastus**

Asennustarkastus on tarkastus, jonka tarkoituksena on varmistaa, että asennustyöt toteutuvat määräyksien, suunnitelmien ja malliasennuskatselmuksen mukaisesti. Työvaiheen tai työvaiheen osan valmistuttua suoritetaan asennustarkastus. Asennustarkastuksia työmaalla suorittavat rakennuttajan edustajat, pääurakoitsijan edustajat sekä urakoitsijoiden edustajat. Tarkastuksia tehdään jatkuvasti asennustöiden edistymisen mukaan. Asennustarkastuksessa kiinnitetään huomiota asennuksien suunnitelmiin ja asennusohjeisiin sekä malliasennuksiin. (16, s. 5.)

## 6 TOIMINTAKOKEET

Toimintakokeet ovat kriittinen osa rakennusprojektin laadunvarmistusta, jossa testataan kaikkien laitteiden ja järjestelmien toiminta perusteellisesti ennen rakennuksen luovutusta. Toimintakokeiden avulla varmistetaan, että jokainen laite ja järjestelmä toimii odotetulla tavalla ja että mahdolliset virheet tai puutteet voidaan korjata hyvissä ajoin ennen kohteen luovutusta. Tämä on erityisen tärkeää, koska se varmistaa, että rakennuksen käyttö sujuu ongelmitta heti ensimmäisestä päivästä lähtien. (17.)

Toimintakokeiden aloittaminen edellyttää, että kaikki rakennuksen tekniset tilat, kuten konehuoneet ja sähkötilat, ovat täysin valmiita ja siivottuja. Toimintakoevalmiudessa olevien tilojen tulee olla selvästi merkittyinä, ja ne osastoidaan tarvittaessa muista tiloista. Lisäksi on tärkeää, että kaikki säätö- ja mittaustyöt on suoritettu ennen toimintakokeiden aloittamista, jotta laitteiden ja järjestelmien toimivuutta voidaan testata todellisessa suunnitellussa tilanteessa. Ennen toimintakokeiden aloittamista LVIAS-urakoitsijoiden omat ja yhteiset toimintatarkastukset tulee olla suoritettuina ja niissä havaitut mahdolliset virheet ja puutteet korjattuna. Automaation osalta on lisäksi huomioitava, että ennen toimintakokeiden aloittamista on alakeskusten ja valvomon välisen yhteyden sekä valvomon grafiikkoineen oltava toimintakunnossa. (17.)

LVI-töiden valmius toimintakokeissa muun muassa:

- Lämmitys- ja jäähdytysverkot on viritetty
- Verkot laitteineen ovat valmiit, huuhdeltu, täytetty ja ilmattu
- Nestevirtojen säätölaitteet ja putkistoihin liittyvät huonelaitteet on asennettu
- Nestevirtojen mittaus- ja säätötyöt on suoritettu
- Kylmäainetäytöt on tehty
- Ilmanvaihtokanavistot ovat valmiit
- Ilmanvaihtokoneet ovat valmiina ja pölyttömäksi puhdistettu
- Ilmavirtojen säätölaitteet ja ilmanvaihdon huonelaitteet on asennettu
- Ilmavirtojen mittaus- ja säätötyöt on suoritettu
- Eristystyöt ja laitemerkinnät ovat valmiit
- Kaikki automaatiokytkennät on tehty ja komponentit on merkattu lopullisin merkein
- Valvontalaitteiden väliset yhteydet ovat toiminnassa

- Säätö- ja valvontalaitteiden grafiikat ovat valmiit ja toimintakunnossa

Toimintakokeissa tarkastetaan kohteen vastaan- ja käyttöönottosuunnitelman mukaisesti laitteiden ja järjestelmien pakkokytkenät ja lukitukset, hälytykset ja varatoiminnot, ohjaus- ja mittausjärjestelmät sekä valvontajärjestelmän tilaindikoinnit. (17.)

Toimintakokeissa testataan muun muassa seuraavanlaiset järjestelmät ja laitteet:

- Pumppaamot
- Ilmanvaihtokoneet
- Kiertoilmakoneet- ja puhaltimet
- Jäähdytys ja lämmityslaitteet
- Varavoimakoneet
- Savunpoistopuhaltimet
- Palo- ja savunhallintapellit
- Huonesäätimet

## **7 MALLIASENNUSKATSELMUKSET JA ASENNUSTARKASTUKSET KOHTEESSA**

Kohteessa oli käytössä A-Insinöörien tuottama tarkastusasiakirja, mistä kävi ilmi kohteessa vaadittavat malliasennuskatselmuksat. Tarkastusasiakirja oli tallennettuna kohteen projektipankkiin ja urakoitsijat päivittivät tarkastusasiakirjaan aina, kun jokin malliasennuskatselmus oli pidetty. Kaikista malliasennuskatselmuksista tehtiin pöytäkirjat, jotka tallennettiin myös kohteen projektipankkiin.

Asennustarkastuksia suoritettiin jatkuvasti töiden edetessä varmistaen, että virheet havaittaisiin riittävän ajoissa ja niiden korjaamiselle jäisi riittävästi aikaa. Asennustarkastuksia tehtiin myös, kun kohteessa tehtiin virhe- ja puutelistojen tarkastuskierroksia. Virhe- ja puutelistojen havainnot raportoitiin Congrid-sovellukseen, josta urakoitsijat pystyivät lataamaan osastoittain tehdyt havainnot.

## 8 ASENNUSTARKASTUKSIEN SUORITTAMINEN

Tässä kappaleessa esittelen esimerkkitapausten avulla kohteessa suoritettuja asennustarkastuksia. Kohteessa tehdyistä tarkastuksista olen tehnyt muistiinpanoja ja luonut muistilistoja, jotka olen koonnut määräyksien, kohteessa suoritettujen tarkastuksien, työssä oppimieni asioiden ja muistiinpanojeni pohjalta. Asennustarkastuksien muistilistoja voidaan käyttää tulevaisuudessa seuraavissa kohteissa tarkastuksien apuna LVI-asennuksien laadunvalvonnan parantamiseksi. Kappaleessa esitetyt esimerkit rajaavat vain muutamaa keskeiseen tarkastukseen, jotka ovat oleellisia ja tulevat varmasti vastaan jokaisessa kohteessa. Kappaleessa esitetyt asennuskuvat ja dokumentit on otettu erilaisista kohteista ympäri Suomea.

### 8.1 Vesi-, lämpö- ja jäähdytysjohtojen eristyksien tarkistaminen

Katsotaan LVI-suunnitelmien materiaaliluettelosta suunnitellut eristeet eri putkimateriaaleille ja tarkistetaan, että ne on toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Tehdään visuaalinen tarkastus, ettei eristeen halkaisija ole liian pieni tai suuri kyseiselle putkikoolle. Katsotaan suunnitelmista määrätty eristepaksuus ja tarkistetaan, että se on oikea. Eristeen sauman tulee olla liimattu tai teipattu tiiviiksi kauttaaltaan. Eristepintojen tulee olla ehjät, eikä paljaita villapintoja saa olla näkyvissä (kuva 7). Paljaat villapinnat voivat heikentää sisäilman laatua, sillä niistä voi irrota hiukkasia, jotka pääsevät leviämään huoneilmaan. Lisäksi eristeauriot kondensoivissa putkissa voivat johtaa veden tiivistymiseen ja tippumiseen, mikä puolestaan voi aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteissa ja edistää homeen kasvua. Kannakkeet ja venttiilit tulevat olla eristettyjä kondensoivissa johdoissa. Tarkastetaan, että läpivientien kohdat ovat myös eristettyjä.



*KUVA 7. Lämmitys- ja jäähdytysjohtojen eristepinnat ehjät ja kannakkeet eristetty.*

## **8.2 Pohjaviemärit**

Tarkastetaan LVI-suunnitelmista pohjaviemäreiden suunniteltu putkimateriaali, tarkasteltaessa pohjaviemäriin suunnitelmaa kannattaa kiinnittää huomiota suurkeittiöiden ja väestönsuojien putkimateriaaleihin. Suurkeittiöissä ja väestönsuojissa käytetään usein haponkestävää terästä materiaalina. Tarkastetaan visuaalisesti, että pohjaviemäri on tehty suunnitelmissa olevalla koolla sekä haarat ja pystyputket on suunnitelmien mukaisesti asennettu. Lisäksi katsotaan, että avoimissa päissä on tulpat.

Pohjaviemäriin kaato tarkastetaan pistokoeluoontoisesti muutamasta paikasta käyttäen vatupassia. Ennen pohjaviemäreiden peittämistä valokuvataan pohjaviemärit, täyttöjen jälkeen pohjaviemärit tulee videokuvata. Tarkastetaan pohjaviemäreiden videot ja kuvausraportit, ettei viemäreissä ole painumia, saostumia tai muita ulkoisen iskun jälkiä. Mikäli viemärikuvauksessa havaitaan saos-

tumaa tai painumia, tulee ne korjata välittömästi ja kuvata uudelleen. Pohjaviemäriin kuvausmateriaalien, ja raporttien tulee olla hyväksytyitä valvojalla. Pohjaviemäriin kuvausmateriaali ja raportit esitetään valvojalle ja tehdään pöytäkirja, johon kirjataan mahdolliset kuvausmateriaalissa olleet puutteet ja niiden korjauksien ajankohdat.

### **8.3 Vesi-, lämpö ja jäähdytysputkistojen kannakointi**

Tarkastetaan, että kannakointiosat ovat suunnitelmien mukaisia ja hyväksytyjä. Suurien putkimattojen kannakoinnista tulee esittää kantavuus- ja kuormituslaskelmat, ja ne hyväksytetään rakennesuunnittelijalla.

Tarkastetaan visuaalisesti, että kannakkeiden etäisyydet ovat määräyksien mukaiset. Kupariputket < 22,0 mm 1,2 m, muut koot 2,5 m. Teräsputket DN50 asti 2,5 m, isommat koot 4–5 m. PEX-putket pienemmästä koosta suurempaan, 300–600 mm, riittävän tiheästi sekä kiinnitettävä huomiota, että PEX-putket on asennettu mutkitellen. Tarkastetaan, että kannakkeet on asennettu suunnanmuutoksien sekä materiaali muutoksien välittömään läheisyyteen.

LVV-suunnitelmista katsotaan kiinto- ja ohjauspisteiden paikat ja tarkastetaan, että ne on asennettu (kuva 8). Katsotaan kohteen suunnitelmista rakennuksen palo-osastot ja tarkastetaan, että palo-osastoinnin kannakointi on toteutettu paloluokitusta vastaavilla kannakkeilla ja niiden etäisyys on maksimissaan 300 mm palo-osastoinnin rajasta.



*KUVA 8. Tukeva kiintopiste on toteutettu RST-palkista ja liukukannakkeista hitsaamalla.*

#### **8.4 Ilmanvaihtokanaviston ja päätelaitteiden kannakointi**

Tarkastetaan LVI-suunnitelmien materiaaliluettelosta, että kannakkeet ovat suunnitelmien mukaiset ja hyväksytyjä. Katsotaan visuaalisesti, että kannakkeiden etäisyydet ovat määräyksien mukaiset. Tarkastetaan, että suunnanmuutoksien välittömään läheisyyteen on asennettu kannake ja painavat päätelaitteet on kannakoitu päätelaitteesta asianmukaisesti kattoon (kuva 9). Katsotaan kohteen suunnitelmista rakennuksen palo-osastot ja tarkastetaan, että palo-osastoinnin kannakointi on toteutettu paloluokitusta vastaavilla kannakkeilla ja niiden etäisyys on maksimissaan 300 mm palo-osastoinnin rajasta.



*KUVA 9. Ilmanvaihtokanava ja päätelaitteet on kannakoitu asianmukaisesti.*

## **8.5 Lattialämmitysputkistot ja jakotukit**

Tarkistetaan, että asennuksessa käytetty putkimateriaali on suunnitelmien mukainen ja hyväksyty. Tarkastetaan visuaalisesti asennuksesta, että lattialämmitysputkiston koko, reitti ja taivutus säde vastaavat suunnitelmia. Katsotaan, että putkisto on asennettu tasaisesti ja tukevasti, eikä se pääse vaurioitumaan ennen valua, esimerkiksi raudoituksen teräviin kärkiin. Tarkastetaan, että lattialämmitysputkeen on lisätty suojaputki liikuntasauvojen ja läpivientien kohdalle. Tarkastetaan ennen putkiston peittämistä, että putkistolle on suoritettu painekoe ja se pitää painetta. Lattialämmitysputkistot valokuvataan ennen niiden peittämistä mahdollisimman laajasti ja dokumentoidaan projektipankkiin tai verkkolevyllä huonekohtaisesti.

Tarkastetaan, että jakotukkien selustat on pölynsidontamaalattu, jos jakotukit asennetaan hyvin aikaisessa vaiheessa ennen maalauksia. Tarkastetaan, että jakotukit ja avoimet putkien päät on muistettu suojata asianmukaisesti, lisäksi jakotukilta tulee löytyä piirien pituudet ja positiomerkinät (kuva 10).



*KUVA 10. Lattialämmityksen jakotukissa piirien pituudet ja positiomerkinnot sekä piireissä koepaine*

## **8.6 Ilmanvaihtokone ja sen oheistekniikka**

Tarkastetaan ilmanvaihtokoneen suunnitelmienmukaisuus. Tarkastetaan, että ilmanvaihtokone ja sen osat ovat kunnossa kuljetuksen ja haalauksen jälkeen. Ilmanvaihtokoneen kokoamisen ja asentamisen jälkeen tarkastetaan, että ilmanvaihtokoneen huoltamiseen jää määräyksien mukainen huoltotila.

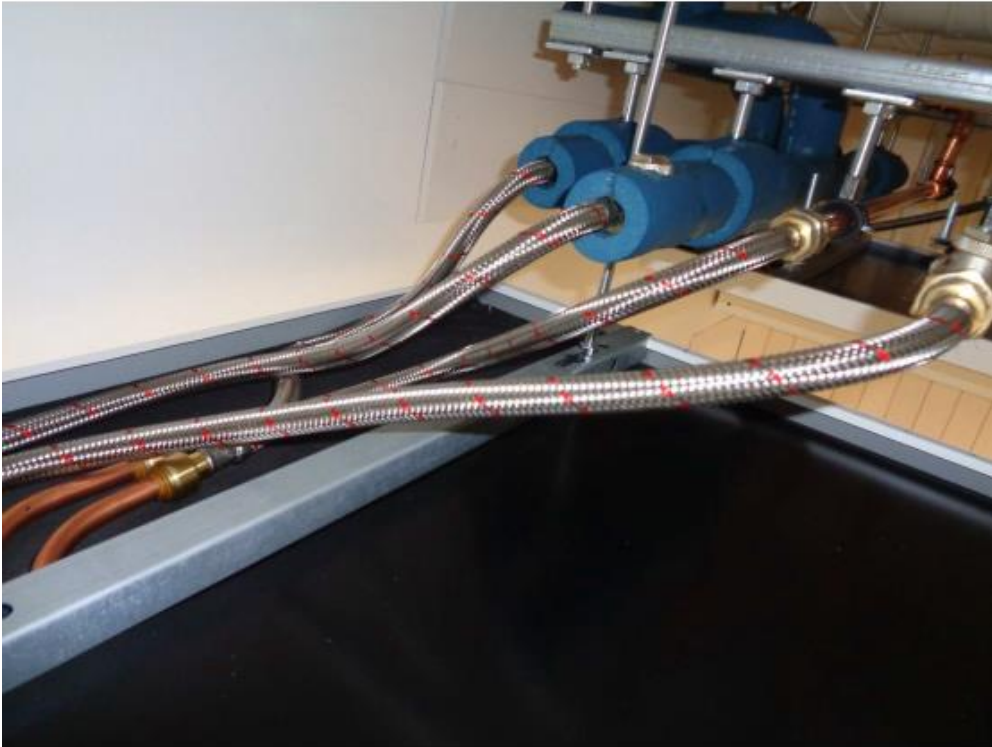
Tarkastetaan, että ilmanvaihtokoneen kammiot ovat puhtaat ja lamellit ovat kammattu, mikäli ne ovat vääntyneet asennuksen tai siivouksen aikana. Tarkastetaan ilmanvaihtokoneen lämmitys- ja jäähdytyspattereiden kytkennät. Lisäksi tarkastetaan, että pumput on asennettu oikein päin valmistajan asennusohjeiden mukaisesti ja ilmanvaihtokoneen kondenssiviemärit on asennettu hajulukkoineen (kuva 11).



*KUVA 11. Valmis ilmanvaihtokoneen ja oheislaitteiden asennus*

## **8.7 Säteilijä ja venttiilit**

Tarkastetaan, että säteilijä on visuaalisesti asianmukaisessa kunnossa. Säteilijän putkiliitokset tarkastetaan vuotojen osalta, ja ettei joustavissa liitosputkissa ole liian jyrkkiä taivutuksia (kuva 12). Venttiileistä tarkastetaan, että moottoriventtiilit ovat asennettu oikein vaaka- tai pystysuuntaisesti, ja sulkuventtiileistä, että ne on mahdollista sulkea ja aukaista. Venttiilin toimilaitteista tarkastetaan kytkennät, ja varmistetaan, että toimilaite on tukevasti kiinni venttiilissä. Kuvassa 13 esitettynä sulku- ja moottoriventtiili, sekä moottoriventtiilin toimilaite asennettuna asianmukaisesti.



*KUVA 12. Säteilijän joustavat liitosputket on asennettu asianmukaisesti*



*KUVA 13. Sulku- ja moottoriventtiili oikein asennettuna*

## 9 TOIMINTAKOKEIDEN SUORITTAMINEN

Toimintakokeilla halutaan tarkastaa toimivatko järjestelmät suunnitellusti ja halutulla tavalla. Lu-  
vussa tulen esittelemään miten huonesäätimet sekä palopellit testataan esimerkkitapauksessa.  
Esimerkkitapauksessa käytetään toimistohuoneistolle tehtyä huonesäädön periaatekaaviota, joka  
on esitetty kuvassa 14. Huonesäätimien ja palopeltien testaaminen esitellään tässä kappaleessa  
vaiheittain ja ne perustuvat muistiinpanoihin, jotka olen kerännyt tehdessäni testauksia automaa-  
tiourakoitsijan ja käyttöönottoinsinöörin kanssa.

### **HUONESÄÄDÖN PERIAATEKAAVIO 2** **TEHOSTUSPELLIT + PANEELIT**

#### **LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ**

Säätöohjelma TC 16.x.06 ohjaa lämmityslaitteiden moottoriventtiileitä 1xx FVx05 ja  
jäähdytyslaitteiden moottoriventtiileitä 4xx FVx05 siten, että huoneilman lämpötila TE 16.x.05  
pysyy asetusarvossa (ks. kuva 0x5.1).

Huoneilman lämpötilan asetusarvoa voidaan muuttaa paikallisesti (esim  $\pm 3$  °C)  
lämpötila-anturiin integroidulla asettelulaitteella TH16x05.

Rakennusautomaatiojärjestelmä muuttaa huoneilman lämpötilan perusasetusarvoa  
automaattisesti ulkolämpötilan 48h keskiarvon mukaan (ks. Kuva 0x5.2)

Huoneilman lämpötilan TE16.x.05 laskiessa alle minimirajan (esim  $+19$  °C) sulkee  
huonesäädin tulo- ja poistoilmapellit FG15x05 ja FG17x05.

Huonetta palvelevan tuloilmakoneen ollessa yötuuletuksella tai yöjäähdytyksellä tulo- ja  
poistoilmapellit FG15.x05 ja FG17x05 ovat auki.

#### **HIILIDIOKSIDIPITOISUUDEN SÄÄTÖ**

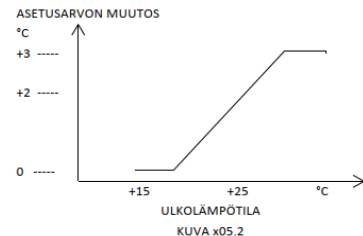
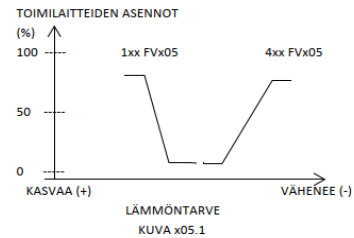
Rakennusautomaatiojärjestelmä avaa tulo- ja poistoilmapellit FG15.x05 ja FG17x05  
huoneilman hiilidioksidipitoisuuden QE16.x.05 noustua asetusarvon (esim. 1000 ppm)  
yläpuolelle tai painike HS16x05 on painettuna.

Huoneilman hiilidioksidipitoisuuden QE16.x.05 laskiessa eroalueen verran (esim. 300 ppm)  
sulkee huonesäädin tulo- ja poistoilmapellit FG15.x05 ja FG17.x05.

#### **VAROTOIMINNOT JA HÄLYTYKSET**

CO2 asetusarvoa 1000 ppm ei saavuteta 30 minuutin kuluttua.

Huoneilman asetusarvoa ei saavuteta 20 minuutin kuluttua.



### *KUVA 14. Toimistohuoneen huonesäädön periaatekaavio*

Ennen testauksen aloittamista kohteen automaatio suunnitelmiin on tutustuttava, jotta tiedetään  
mitä ollaan testaamassa. Toimintakokeiden tueksi laaditaan tarkastusasiakirja, jonka luomiseen  
käytetään apuna automaatio suunnittelijan kohteelle tekemää huonelaiteluettelo ja toimintaselos-  
tusta. Kuvassa 15 esitettyä toimistohuoneiden tarkastusasiakirja. Testauksen ajaksi on hyvä  
asettaa hälytysten ja toimilaitteiden viiveet mahdollisimman lyhyiksi testauksen nopeuttamiseksi.

Tilnumero	Lohko	Lämmitys TV	Jäähdytys TV	TE/TH	FG	QE	FG/HS	Congrid	Kommentit
12 001	1C	x	x	x	x	x	x	120	Laitemerkinnät puuttuvat.
12 002	1C	x	x	x	x	x	x		
12 033	2A	x	x	x	x	x	x		
12 015	2A	x	x	x	x	x	x		
12 102	5A	x	x	x		x		972	Tehostuspelttien toimilaitteet kytkemättä, CO2-anturi ei toimi.

KUVA 15. Huonesäätimien tarkastusasiakirja

## 9.1 Huonesäätimien ja palopelttien toiminnantarkastus toimistohuoneesta

Huonesäätimen näytöstä tarkastetaan, että huonesäätimen integroitu lämpötila-anturi toimii ja se lukee huonelämpötilan oikein. Tarkastetaan huonesäätimestä, että lämpötilan asetusarvo on muutettavissa, sekä jäähdytys- ja lämmitysventtiilien toimilaitteiden tarkastamista varten asetetaan huonesäätimestä lämpötilan asetusarvo joko mahdollisimman matalaksi tai korkeaksi. Tarkastetaan, että huonesäätimen näyttö indikoi jäähdytys- tai lämmitystilannetta näyttämällä nuolta ylös tai alas asetetun lämpötila arvon vieressä, ja muuttamalla näytön taustan väriä jäähdytystilanteessa hieman sinertäväksi (kuva 17) tai lämmitystilanteessa hieman punertavaksi. Venttiilien toimilaitteista tarkastetaan niiden positiomerkinnät sekä oikeinkytkentä. Toimilaitteista tarkastetaan myös, että ne toimivat ja liikkuvat normaalisti kiinni/auki asentoon. Kuvassa 16 on esitettynä Schneider Electricin toimilaitte, jonka kyljestä nähdään toimilaitteen liikerata.

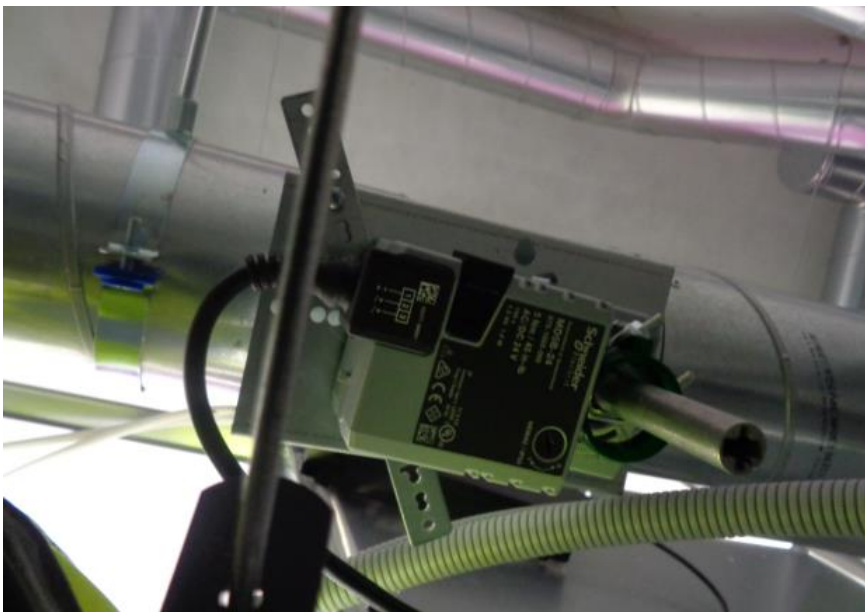


*KUVA 16. Vihreä kara toimilaitteessa osoittaa venttiilin olevan täysin auki*

Seuraavaksi tarkastetaan, että huonesäätimeen integroitu CO<sub>2</sub>-anturi toimii ja ruudussa näkyy oikeanlainen lukema (kuva 17). Ilmanvaihdon tehostuspeltien toimilaitteiden tarkastamista varten puhalletaan CO<sub>2</sub>-anturiin niin kauan, että suunnitelmien mukainen raja-arvo 1000 ppm ylittyy ja tehostuspellit lähtevät aukeamaan. Tarkastetaan, että tehostuspeltien toimilaitteet toimivat normaalisti ja menevät täysin auki sekä kiinni (kuva 18), myös manuaalisesti huonesäätimestä asettaessa ilmanvaihdon tehostus päälle- tai poisasentoon. Palopellin toimivuus tarkastetaan ajamalla palopelti kiinni testauspainikkeesta tai valvomon grafikasta, palopellin tulee sulkeutua ja avautua normaalisti. Tarkastetaan, että tehostuspelleistä ja palopelleistä löytyy positiomerkinnot, sekä niiden oikeinkytkentä.



*KUVA 17. Huonesäätimen näyttö indikoi tilan jäähtymistä, tilan CO2-arvon, ja uuden asetetun tavoitelämpötilan huoneelle*



*KUVA 18. Tehostuspellin akseli osoittaa pellin olevan kiinni*

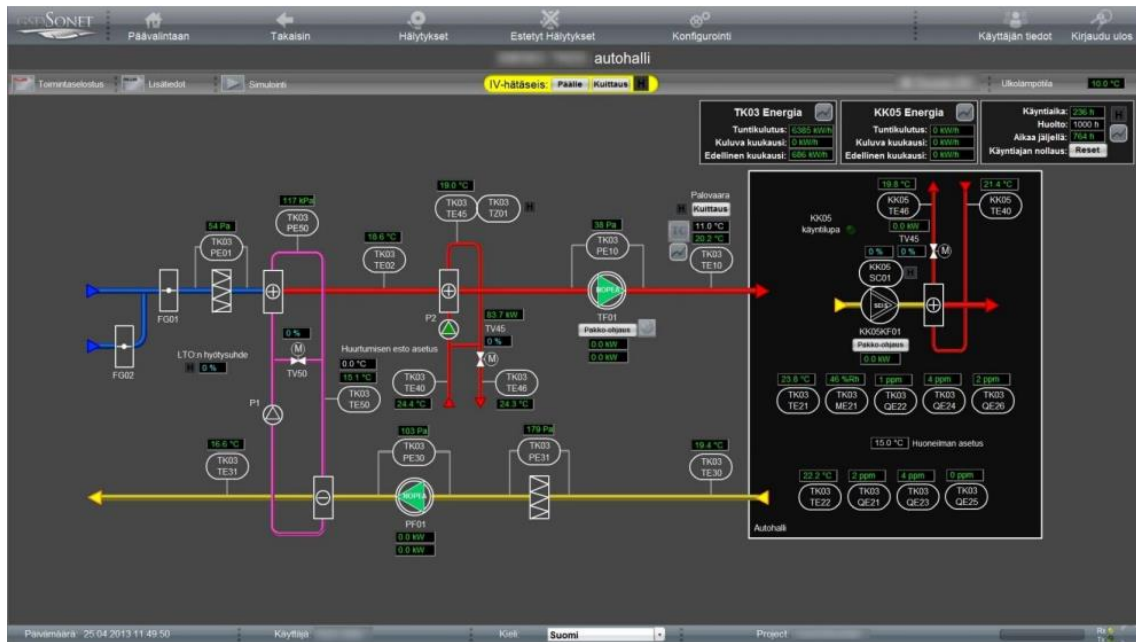
## 9.2 Valvomografiikka ja hälytykset

Toiminnantarkastuksen yhteydessä tarkastetaan valvomografiikan ja hälytyksien toimivuus. Rakennusautomaation suunnitellut hälytykset löytyvät huonesäädön periaatekaaviosta sekä hälytysluettelosta. Rakennusautomaation suunnitelmista löytyvät myös halutut indikoinnit eri järjestelmä tasoille.

Esimerkkitapauksen kohteessa tilaa koskevat valvomografiikan hälytykset ja indikoinnit olivat muun muassa seuraavanlaiset:

- Palopeltien tilatieto tulee näkyä valvomografiikalta.
- Palopeltien sulkeutumisesta tulee indikoida hälytys valvomografiikalle.
- Valvomografiikalle tulee indikoitua hälytys, mikäli tilan CO<sub>2</sub> asetusarvoa 1000 ppm ei saavuteta 30 minuutin kuluessa.
- CO<sub>2</sub>-anturin lukeman tulee indikoitua valvomografiikalle ja huonesäätimen näytölle.
- Huoneilman lämpötila asetusarvoa ei saavuteta 20 minuutin kuluessa, indikoidaan hälytys valvomografiikalle säätöpoikkeamana.
- Jäähtymis- tai lämmitystilanteessa huonesäätimen näytön ja valvomografiikan tulee indikoida tilatieto.
- Huoneen ilmanvaihdon tehostuksen ollessa päällä huonesäätimen näytön ja valvomografiikan tulee indikoida tilatieto.

Hälytysten toimivuuden testaamiseen on useita eri tapoja, eikä yhtä ainoa oikeaa menetelmää ole. Kaikkien menetelmien päämääränä on simuloida hälytyksen edellyttämät olosuhteet. Antureiden ja toimilaitteiden lukemia voidaan muokata valvomosta tai luoda tarvittavat olosuhteet fyysisesti, kuten irrottamalla anturin kaapeli tai lämmittämällä anturia. Kuvassa 19 esitettynä esimerkkikuva valvomografiikasta.



KUVA 19. Autohallin ilmastointikoneen säätökaavio valvomografiikalla (18, s. 28)

## 10 POHDINTA JA YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda selkeämpi käsitys LVI-asennusvalvonnan käytännöistä ja määräyksistä, erityisesti alalla aloittaville työnjohtajille sekä muille aiheesta kiinnostuneille. Työssä pyrittiin selkeyttämään LVI-asennusten laadunvalvonnan ja toimintakokeiden suorittamista käytännön esimerkkien avulla. Tarkastuksia varten laadittiin myös muistilistoja tukemaan tarkastusten suorittamista ja varmistamaan, että kaikki tärkeät asiat tulevat tarkastetuksi.

Huolellinen asennusten ja järjestelmien tarkastus aikaisessa vaiheessa projektia edistää laatua ja toimintavarmuutta. Pienetkin virheet voivat aiheuttaa myöhemmin merkittäviä korjauskustannuksia ja vaikuttaa järjestelmien käyttöikään ja käytettävyyteen. Lähdeaineistoina opinnäytetyössäni käytettiin eri rakentamismääräyskokoelmia, LVI-ohjekortteja, valmistajien asennusohjeita, kohtien suunnitelmia sekä työn kautta opittuja asioita.

Opinnäytetyön aiheesta ja sen osa-alueista kirjoittaminen tuntui luontevalta, kun oli työn kautta työmaalla saanut käytännön kokemusta asioiden tiimoilta. Opinnäytetyöni on kehittänyt itseäni LVIA-asiantuntijan työtehtävissä, ja opinnäytetyöstäni on ollut apua työmaalla suoritettavissa tarkastuksissa. Opinnäytetyöni aikana määräykset, ohjeistukset ja asennusohjeet ovat tulleet tutuiksi. Lisäksi olen opinnäytetyön aikana voinut tarkastella omia tarkastus toimintatapojani ja parantaa niitä.

Uskon opinnäytetyöstäni olevan apua muillekin aloittaville LVI-alan työnjohtajille. Tarkastuksia varten laadituista muistilistoista hyötyvät varmasti niin alalla aloittavat kuin kokeneemmatkin työnjohtajat ja niihin on hyvä lisätä tarkastuskohtia tietämyksen karttuessa.

## LÄHTEET

1. TalotekniikkaRYL 2023. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja keskusliitto. Hakupäivä 21.4.2024. [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/talotekniikkaryl/2023\\_1/](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/talotekniikkaryl/2023_1/)
2. TalotekniikkaRYL 2002, Osa 1. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja keskusliitto. Hakupäivä 20.4.2024. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2001-10355>
3. Rakennusten paloturvallisuus 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E1. Helsinki. Ympäristöministeriö. Hakupäivä 20.4.2024. [https://ym.fi/documents/1410903/155128351/E1\\_2011-fi.pdf](https://ym.fi/documents/1410903/155128351/E1_2011-fi.pdf)
4. Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuusopas 2023. Talotekniikkainfo. Talotekninen teollisuus ja kauppa ry. Hakupäivä 22.4.2024. <https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas>
5. Hanhilahti, Ville 2012. Ilmanvaihtolaitteiden sisäinen puhtaus rakennushankkeen aikana. Metropolia -ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 21.4.2024. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/49356/HANHILAHTI.pdf>.
6. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tutkiminen. 2016. Suomen LVI-liitto. SuLVI ry. Hakupäivä 22.4.2024. <https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2017/05/IVKT-2016-Ohje-4-Ilmanvaihtoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n-puhtauden-tutkiminen.pdf>.
7. Putkistojen ja kanavien kannatus, RT 103447. 2022. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja keskusliitto. Hakupäivä 24.4.2024. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103447>.
8. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. 2023. Talotekniikkainfo. Talotekninen teollisuus ja kauppa ry. Hakupäivä 24.4.2024. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>.
9. Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus. LVI 50-10344. 2003. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja keskusliitto. Hakupäivä 24.4.2024. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2050-10344>.

10. Putkistojen asennus, LVI 20-10348. 2004. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja keskusliitto. Hakupäivä 20.6.2024. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%20-10348>
11. Vesi- ja viemärikalusteiden asennus, RT 103736. 2024. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja keskusliitto. Hakupäivä 4.7.2024. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103736>
12. Vesikiertoinen patterilämmitys, LVI 12-10343. 2002. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja keskusliitto. Hakupäivä 4.7.2024. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2012-10343>
13. Vesikiertoinen lattialämmitys, RT 52-10801. 2003. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja keskusliitto. Hakupäivä 4.7.2024. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2052-10801>
14. Asennusohje Merika-lattiakaivolle, Merika nro 198. 2023. Meriser Oy. Hakupäivä 7.7.2024. <https://meriser.fi/wp-content/uploads/2023/02/Asennusohje-FI-SE-M198-22-02-15.pdf>
15. Malila, Niko 2021. Välipohjien betonointi itsetiivistävällä lattiabetonilla. Metropolia-ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 15.7.2024. [https://www.theseus.fi/bitstream/10024/35896/1/malila\\_niko.pdf.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/10024/35896/1/malila_niko.pdf.pdf)
16. Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely, RT 10-11302. 2018. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja keskusliitto. Hakupäivä 02.08.2024. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11302>
17. Karsimus Pekka. Oulun Tilakeskuskoulutus. 2016 Taloteknisten töiden ja järjestelmien vastaanotto, tekniset mittaukset ja toiminnallisuuden toteamisen periaatteet. Verkkoaineisto. Hakupäivä 20.8.2024. <http://docplayer.fi/3199766-Taloteknisten-toiden-ja-jarjestelmien-vastaanotto-tekniset-mittaukset-ja-toiminnallisuudentoteamisen-periaatteet-tate-lvisa.html>.
18. Rantala, Tuomas 2013. GSD-Sonet valvomo. Tampereen ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 05.11.2024 [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57101/Rantala\\_Tuomas.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57101/Rantala_Tuomas.pdf)



