

Jere Räsänen

# Taloteknisten töiden valvonta ja laadunvarmistus rakennusliikkeessä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

11.4.2017

Tekijä Otsikko	Jere Räsänen Taloteknisten töiden valvonta ja laadunvarmistus rakennusliikkeessä
Sivumäärä Aika	28 sivua + 1 liite 11.4.2017
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka
Ohjaajat	lehtori Jyrki Viranko talotekniikan kehityspäällikkö Timo Nieminen
<p>Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui taloteknisten töiden valvonta ja laadunvarmistus rakennusliikkeessä. Työ tehtiin rakennusliike Fira Oy:lle ja sen tavoitteena oli yhtenäistää yrityksen taloteknisten töiden valvonnan laadunvarmistusmenettelyä ja toimintamalleja sekä luoda talotekniikan laadunvarmistustoimenpiteitä koskeva ohjemateriaali työmaalle työnjohtajien ja talotekniikan työnjohtajien käyttöön. Työssä luotiin ohjemateriaali, jossa kuvataan rakennushankkeen toteutusvaiheen aikana tehtävät ja dokumentoitavat talotekniikan laadunvarmistuksen eri toimenpiteet sekä niissä huomioon otettavat seikat laadukkaan lopputuloksen varmistamiseksi.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin käyttäen aineistona alan ammattikirjallisuutta ja ohjekortteja sekä hyödyntäen kirjoittajan omaa kokemuspohjaa. Työ rajattiin koskemaan rakennushankkeen toteutusvaihetta ja eritoten LVI-järjestelmiä.</p> <p>Lopputuloksena syntyi rakennushankkeen toteutusvaiheen kattava taloteknisten töiden laadunvarmistusaiheinen valvonta- ja ohjemateriaali työmaakäyttöön sekä tarkastusasiakirja, jonka avulla tarvittavien laadunvarmistustoimenpiteiden tekeminen ja seuranta oli tarkoitus saada yhtenäiseksi kaikilla eri työmailla.</p>	
Avainsanat	talotekniikka, LVI, laadunvarmistus, tarkastusasiakirja

Author Title	Jere Räsänen Supervision and quality assurance of building services engineering in a construction company
Number of Pages Date	28 pages + 1 appendix 11 April 2017
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructor(s)	Timo Nieminen, Development Manager in Building Services Jyrki Viranko, Senior Lecturer
<p>The aim of the thesis was to standardize the quality assurance procedure and operating models in building services engineering at a company. Furthermore, an aim was to create a guide about the quality assurance measures in building services on construction sites, to be used by the construction site managers. For the guide, the different quality assurance procedures to be done during the construction phase of a construction project for ensuring a high quality outcome were collected. In addition, professional literature and guides, as well as the author's own experience in the field was used. The focus was on the construction phase of a construction project, and especially on HVAC systems.</p> <p>The end result is a comprehensive guide for monitoring the installations of building services on a construction site and an inspection document for ensuring all the necessary quality assurance measures to be done in a standardized way on all work sites.</p>	
Keywords	building services, HVAC, quality assurance

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Laatu	1
2.1	Käsitteenä	1
2.2	Laadunvarmistus	2
2.3	Laatujärjestelmä	3
3	Tuotannosuunnittelu	4
4	Tarkastus- ja laadunvarmistustoimenpiteet	4
4.1	Laite- ja materiaalihyväksynät	4
4.2	Malliasennukset	5
4.3	Asennustapatarkastukset	6
4.3.1	Lämmitys-, jäähdytys- ja käyttövesiputket	6
4.3.2	Viemärit	8
4.3.3	Ilmanvaihto	12
4.4	Painekokeet	13
4.5	Tiiviyskokeet	14
4.6	Verkostojen huuhtelut	15
4.7	LVI-laitteiden ja -järjestelmien vastaanottomenettely	16
4.8	Urakoitsijoiden väliset toimintatarkastukset	17
4.9	Toimintakokeet	18
4.10	Mittaus- ja säätötyöt	19
4.10.1	Vesivirtojen mittaukset	19
4.10.2	Ilmavirta- ja äänitasomittaukset	20
4.11	Tarkistusmittaukset	21
4.12	Käytönopastus	21
5	Tarkastusten sijoittuminen rakennustyövaiheisiin nähden	22
5.1	Maanrakennus ja perustukset	22
5.2	Runko	22
5.3	Vaippa umpeen	23

5.4	Sisätyöt	23
5.5	Käyttöönotto	23
6	Takuuaika	24
7	Yhteenveto	26
	Lähteet	27
	Liitteet	
	Liite 1. Tarkastusasiakirja	<b>Liite vain tilaajan käyttöön</b>

## Lyhenteet

HST	Haponkestävä teräs
LTO	Lämmön talteenotto
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132
RST	Ruostumaton teräs
RYL	Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset
YSE 1998	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot

## 1 Johdanto

Tämän päivän rakennuksissa talotekniikka on jatkuvasti yhä suuremmassa roolissa. Vaatimukset ja määräykset talotekniikan suhteen kiristyvät koko ajan ja niiden saavuttamiseksi laadunvarmistuksen merkitys korostuu entisestään. Talotekniikan kehittyessä asiakkaalle toteutetaan entistä haastavampia järjestelmiä, jotka edellyttävät jatkuvaa ja systemaattista toimintaa laadunvarmistuksen osalta.

Opinnäytetyö tehdään rakennusliike Fira Oy:lle ja sen tavoitteena on selkeyttää ja yhtenäistää yrityksen taloteknisten töiden valvonnan laadunvarmistusmenettelyä ja toimintamalleja sekä saada luotua työnjohtajien ja talotekniikan työnjohtajien käyttöön ohjeistava materiaali työmaalle. Tavoitteiden saavuttamiseksi työssä perehdytään aluksi laadun käsitteeseen ja laadunvarmistukseen, käydään läpi rakennushankkeen toteutusvaiheen aikana tapahtuvia talotekniikan tarkastuksia ja laadunvarmistustoimenpiteitä sekä kuvataan tärkeimmät näissä huomioon otettavat seikat laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi.

Lisäksi yrityksen käyttöön luodaan tarkastusasiakirja, joka kattaa kaikki työmaan etenemisen aikana suoritettavat talotekniikkaan liittyvät tarkastukset ja laadunvarmistustoimenpiteet. Tarkastusasiakirja luodaan siten, että tarkastus- ja laadunvarmistustoimenpiteet listataan kronologisessa järjestyksessä työmaan etenemisen suhteen ja siitä ilmenee helposti niiden sijoittuminen rakennustyövaiheisiin nähden. Tarkastusasiakirjaan kirjataan kaikkiin tehtäviin liittyvät toiminnot ja merkintä niiden suorituksesta, minkä avulla voidaan varmistaa ja seurata tehtävien toteutumista.

## 2 Laatu

### 2.1 Käsitteenä

Laadun voi käsittää useilla eri tavoilla ja sitä voidaankin tarkastella monesta eri näkökulmasta, minkä vuoksi laatua ei ole helppo määritellä yksiselitteisesti. Vaikka laatu voidaan

ymmärtää monella eri tapaa, yksittäisen organisaation kannalta olennaisinta on kuitenkin, että kaikilla organisaation jäsenillä on yhteneväinen käsitys laadusta sekä laadukkaasta tuotteesta ja toiminnasta.

Kirjallisuudessa on esitetty runsaasti erilaisia määritelmiä laadun suhteen, mutta pääosin esille tulee kaksi asiaa: asiakkaan tarpeiden täyttyminen ja asetettuihin tai asiakkaan olettamiin vaatimuksiin vertaaminen. Laatu käsittää sekä tuotteen tai palvelun laadun että toiminnan eli prosessin laadun. Tuotteen tai palvelun laatua voidaan pitää hyvänä silloin, kun asiakkaan kokema laatu vastaa hänen odotuksiaan. Odotettu laatu muodostuu yhdessä tuotteen tai palvelun ominaisuuksista, asiakkaan ennakkokäsityksistä sekä tuottajan imagosta.

Tuotteen laatu syntyy toiminnan kautta ja toiminnan laatu lähteekin siitä ajatuksesta, että kaikissa laatuketjun osissa tuote tehdään ilman korjauksia ja virhesuorituksia kerralla valmiiksi. Laadukkaaseen toimintaan päästäkseen toimintaa on mitattava ja tämän kautta ohjattava ja suunniteltava niin, ettei toiminnassa ole epätäydellisyyttä tai virheitä. [1, s. 5–7.]

## 2.2 Laadunvarmistus

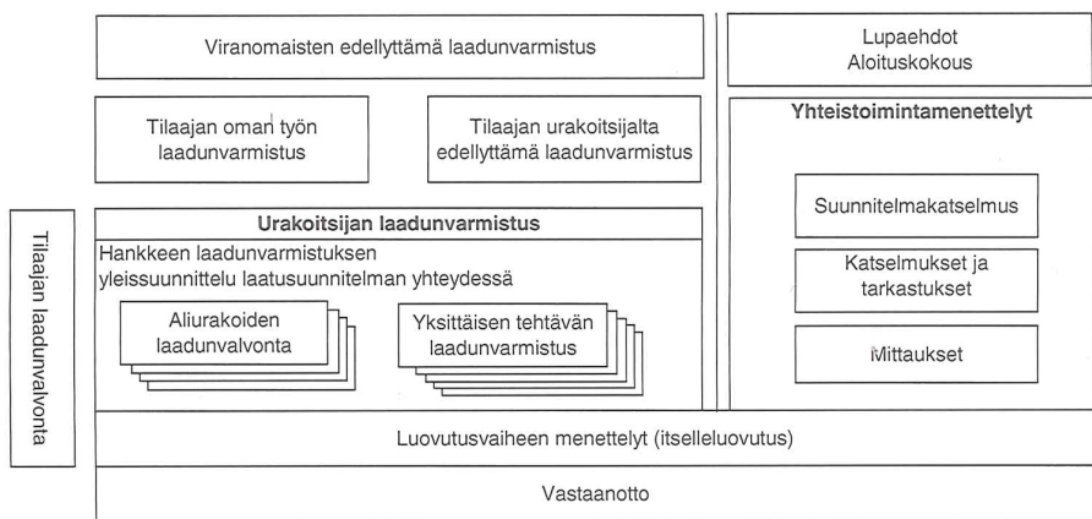
Rakennustyömaan laatu näkökulmana on valmistuskeskeinen laatu eli laatuvaatimukset täytetään, kun rakennus on yhteneväinen kaikkien suunnitelma-asiakirjojen ja laadunvarmistusta ohjaavien lakien, asetusten ja rakentamismääräysten kanssa. Laadunvarmistus pitää sisällään kaikki tarvittavat systemaattiset ja suunnitellut toimenpiteet, joilla saadaan riittävä varmuus siitä, että tuotteille ja järjestelmille asetetut vaatimukset laadun suhteen täyttyvät. Laadunvarmistuksen tavoitteena on myös riittävän varmuuden aikaan saaminen siitä, että hankkeen laatuvaatimukset ja muu informaatio kulkevat systemaattisesti ja virheetä kaikkien hankkeen osapuolten välillä. [1, s. 36–39.]

Suomen laissa ja asetuksissa määritetään rakentamiseen liittyvät vähimmäistason vaatimukset, ja Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on lähinnä näihin liittyvät tarkemmat tekniset määräykset. Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää rakennustyön suoritettavaksi lain ja sen nojalla säädettyjen asetusten ja määräysten sekä hyvän rakennusta-



van mukaisesti. Hyvän rakennustavan mukaiset tavat on määritelty pääosin rakennustyön osalta Rakennustöiden yleisissä laatuvaatimuksissa (RYL) ja taloteknisten töiden osalta Talotekniikan rakentamisen yleisissä laatuvaatimuksissa. [1, s. 39.]

Laatuvaatimusten toteutumiseksi tulee tilaajan ja urakoitsijan tehdä erilaisia laadunhallintatoimenpiteitä. Tilaajan laadunhallinta käsittää urakoitsijoiden valvonnan lisäksi oman toimintansa suorittamisen laatujärjestelmän tai hankekohtaisen laatusuunnitelman mukaisesti. Urakoitsijan laadunhallinnan lähtökohtana ovat viranomaisten ja tilaajan edellyttämät laadunvarmistustoimenpiteet (kuva 1). [1, s. 38–39.]



Kuva 1. Työmaan laadunhallinnan osatekijät [1, s. 39].

### 2.3 Laatujärjestelmä

Laatujärjestelmässä on kuvattu organisaation yhteiset säännöt ja parhaat toimintatavat sekä menettelytavat mahdollisissa ongelmatilanteissa, ja sen tavoitteena on varmistaa tuotteiden vaatimusten mukaisten ominaisuuksien jatkuva toistettavuus, kasvattaa asiakkaiden luottamusta yritystä kohtaan sekä tuotannossa toimittavan hyväksi todettujen tapojen mukaisesti. Jotta laatujärjestelmä olisi hyödyllinen ja toimiva, tulee sen kehittämisessä lähteä liikkeelle asiakkaiden sekä yrityksen omista tarpeista. Laatujärjestelmien dokumentoinnille on olemassa erilaisia standardeja kuten ISO 9000 -standardit, jotka edellyttävät laatujärjestelmän kirjallista kuvaamista. Näissä järjestelmille on asetettu joukko erilaisia vaatimuksia ominaisuuksista, jotka hyväksyttävällä laatujärjestelmällä tu-

lee vähintään olla. Standardeissa ei ole esitetty ratkaisuja valmiina, vaan niiden eri elementtien suhteen on selvitettävä yrityksen kannalta asianmukainen toimintatapa. Olettaessa laatujärjestelmä käyttöön organisaation keskeisten prosessien ja toimien parhaiksi tunnetut suoritustavat vakioidaan ja kuvataan systemaattisesti sekä toimitaan niiden mukaisesti. [1, s. 15–16.]

Laatujärjestelmä on erilainen eri organisaatioissa, mutta perinteisessä mallissa sen muodostavat yhdessä laatukäsikirja, menettely- ja toimintaohjeet sekä viiteaineisto. Yksittäisissä projekteissa laatujärjestelmästä muodostetaan hankekohtainen laatusuunnitelma. Laatukäsikirja osoittaa laatujärjestelmien eri osien yhteensopivuuden, laadun elementit organisaation markkinoilla menestymiseen sekä antaa omalle organisaatiolle ja asiakkaille johdon vision laadusta. Sen tulee vakuuttaa asiakas yrityksen hyvästä laaduntulokyvystä sekä lisätä yrityksen henkilöstön ymmärrystä omaa työtään kohtaan. [1, s. 17.]

### **3 Tuotannosuunnittelu**

Tuotannosuunnittelun onnistuneella toteutuksella varmistetaan hankkeelle asetettujen tavoitteiden ja vaatimusten täytyminen. Se on jatkuvasti hankkeen aikana tarkentuva ja järjestelmällisesti etenevä ketju, jota tehdään ajallisesti neljässä eri vaiheessa: tarjousvaiheessa, toteutusta aloittaessa, yksittäisen tehtävän alkaessa ja työnaikaisten ongelmien ratkaisemisessa.

Tuotantoa suunnitellaan kokonaisuutena vertailemalla eri toimialojen suunnitelmia keskenään ja tarkistamalla, että ne eivät ole keskenään ristiriidassa sekä korjaamalla mahdolliset ristiriidat ja puutteet ennen töiden aloitusta. Siihen kuuluu muun muassa hankinnat, työmaa-alueen käyttö, työmaalogistiikka, tuotantomenetelmien valinta, aikataulujen, kustannusten ja resurssien suunnittelu, suunnittelun ohjaus sekä työ- ja ympäristöturvallisuus. [2, s. 13.]

### **4 Tarkastus- ja laadunvarmistustoimenpiteet**

#### **4.1 Laite- ja materiaalihyväksynät**

Suomessa rakentamista ohjaa ja määrittää muun muassa maankäyttö- ja rakennuslaki.

Rakennustuotteiden kelpoisuudesta MRL:n 152 § määrää seuraavaa:

Rakennustuotteen, joka on tarkoitettu käytettäväksi pysyvänä osana rakennuskohdeessa, tulee olla turvallinen ja terveellinen sekä ominaisuuksiltaan sellainen, että rakennuskohde asianmukaisesti suunniteltuna ja rakennettuna täyttää tässä laissa säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset tavanomaisella kunnossapidolla taloudellisesti perustellun käyttöajan ajan. [7.]

Urakoitsijan tulee esittää kaikista käyttämistään tuotteista muun muassa,

- CE-todistus
- tyyppihyväksyntätodistus
- muu kelpoisuustodistus.

Suunnitelma-asiakirjoissa on määritelty eri osille ja laitteille esimerkituotteet. Urakoitsijan esittäessä käytettäväksi vaihtoehtoisia tuotteita, sen tulee toimittaa rakennuttajalle erillinen materiaalien hyväksytystaulukko kyseisistä laitteista, materiaaleista ja toimittajista. Rakennuttaja pyytää suunnittelijalta lausunnon tuotteen teknisten ominaisuuksien ja vaatimusten täytymisestä, mutta päättää kuitenkin viime kädessä itse, hyväksytäänkö tuote käytettäväksi kohteessa. Suunnittelija ei voi sopia näistä urakoitsijan kanssa keskenään rakennuttajan ohitse. [3, s. 2.]

#### 4.2 Malliasennukset

Malliasennuksien perusteella kirjataan millaista asennustapaa ja asennustyön laatua noudatetaan urakassa toistuvissa eri LVI-asennuksissa. Tarvittavat mallit ja malliasennukset sovitaan ja määritellään erikseen suunnitelma-asiakirjoissa. [4, s. 46.]

Malliasennuskatselmuksissa todetaan, että käytetyt materiaalit ja asennustavat ovat suunnitelmia vastaavia sekä näkyviin jäävien asennusten kohdalla, että asennus on myös visuaalisesti miellyttävä. Malliasennuksia on hyvä tehdä muun muassa alakattojen

yläpuolelle, valuihin, kuiluihin ja muualle piiloon jäävistä asennuksista sekä urakan aikana useasti toistuvista työvaiheista, kuten eristys ja kannakointi. Malliasennuksista laaditaan pöytäkirja, johon kirjataan myös mahdolliset huomiot ja sovitut muutokset tai korjaustoimenpiteet ennen mallin hyväksymistä.

### 4.3 Asennustapatarkastukset

Laite- ja asennustapatarkastukset tehdään toteutuksen edellyttämässä järjestyksessä, ja ne ovat läpi koko hankkeen toteutusvaiheen tapahtuvia niin sanottuja jatkuvan toden-tamisen tarkastuksia sekä näin ollen tärkeä osa talotekniikan laadunvarmistusta. Rakennustarkastusviranomaisen tai muu osapuoli, kuten rakennuttajan LVI-valvoja, jonka hyväksynnän asennustyö edellyttää, ilmoittaa aloituskokouksessa tai sen jälkeen riittävän ajoissa ennen tarkastusta kaikki ne tarkastukset, joihin hän aikoo hankkeen aikana osallistua. [4, s. 48.]

Tarkastusten tavoitteena on varmistaa, että kaikki kohteeseen asennetut laitteet, osat ja tarvikkeet täyttävät niille asetetut vaatimukset niin asennustavan, materiaalin kuin mitoitusarvojenkin osalta. Erityishuomiota tulee kiinnittää rakenteiden taakse piiloon jäävien asennusten kohdalla. [3, s. 2.]

#### 4.3.1 Lämmitys-, jäähdytys- ja käyttövesiputket

Lämmitys-, jäähdytys- ja käyttövesiputkien tulee olla materiaalien, putkikokojen ja -osien sekä -eristeiden osalta suunnitelma-asiakirjoissa ja hyväksytykslistalla esitettyjen mukaisia. Lisäksi erityistä huomiota tulee kiinnittää oikein tehtyyn ja tukevaan kannakointiin, läpivienteihin, laitteiden ja venttiileiden huollettavuuteen ja vaihdettavuuteen sekä erilaisten mittareiden luettavuuteen. [3, s. 3.] Umpinaisten alakattojen ja LVI-kuilujen taakse piiloon jäävien asennusten kohdalla tulee venttiileiden ja laitteiden huollettavuuden ja vaihdettavuuden takaamiseksi tehdä riittävä määrä selkeästi merkittyjä, irrotettavia tai avattavia luokkuja. [6, s. 11]

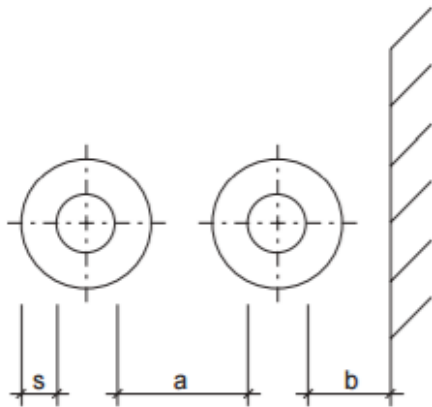
Lämmitys-, jäähdytys- ja käyttövesijärjestelmiä tarkasteltaessa tulee kiinnittää huomiota siihen, että kaikki eristettäväksi määrätty putkiosuudet tulee eristetyksi ja eristys on huolellisesti tehty. Lisäksi tulee varmistaa, että putkiasennusten yhteydessä jätetään riittävät eristysvarat asennusten ympärille (kuva 2, taulukko 1).

Putkien eristyspaksuus  $s$  ja asennusväli  $a$  ja  $b$  eristystilat huomioon ottaen. Mitat  $s$ ,  $a$  ja  $b$  on esitetty kuvassa 1.

Putken Halkaisija $d_u$ mm	Sarja 21			Sarja 22			Sarja 23			Sarja 24			Sarja 25			Sarja 26		
	$s$ mm	$a$ mm	$b$ mm	$s$ mm	$a$ mm	$b$ mm	$s$ mm	$a$ mm	$b$ mm	$s$ mm	$a$ mm	$b$ mm	$s$ mm	$a$ mm	$b$ mm	$s$ mm	$a$ mm	$b$ mm
10 ... 49	20	90	60	30	110	70	40	130	80	50	150	90	60	170	100	80	210	120
50 ... 89	30	110	70	40	130	80	50	150	90	60	170	100	80	210	120	100	260	140
90 ... 169	40	130	80	50	150	90	60	170	100	80	210	120	100	260	140	120	300	170
170 ... 324	50	150	90	60	170	100	80	210	120	100	260	140	120	300	170	140	340	190
325 ... 714	60	170	100	80	210	120	100	260	140	120	300	170	140	340	190	160	380	210

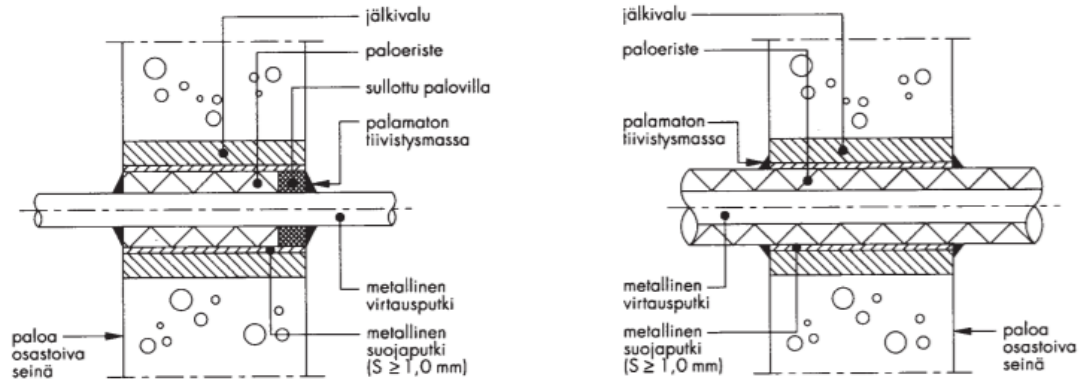
$s$  = eristyspaksuus,  $a$  = eristettävien putkien väli,  $b$  = eristettävän putken ja rakenteen väli

Taulukko 1. Eristevarat eri putkille ja eristesarjoille. [8, s. 2]



Kuva 2. Putkien asennus- eristysväli. Etäisyydet  $a$ ,  $b$  ja  $s$  saadaan taulukosta 1. [8, s. 2]

Eristysmateriaalit ja -paksuudet, eristettävien putkistojen laajuus sekä läpivientien ohjeistus on määritelty yleensä hankkeen suunnitelma-asiakirjoissa [4, s. 47]. Putket eivät saa olla kiinteässä yhteydessä rakenteisiin, ja läpivientikohdissa putkieristyksen tulee olla yhtenäinen koko rakenteen matkalta. Läpivientien tulee olla tiiviydeltään ja rakenteeltaan sellaisia, että ne täyttävät läpäistävälle rakenteelle asetetut ääni-, tiiviys-, palo- ja kosteusvaatimukset. Läpivientikohdissa tulee huomioida mahdolliset palo- ja äänitekniset seikat ja niiden vaikutus läpiviennin eristyksen materiaaliin ja rakenteeseen. Palo-osastoidun rakenteen läpiviennissä putki tulee olla eristetty palamattomalla eristeellä rakenteen matkalta ja lisäksi tiivistetty joustavalla sekä palamattomalla massalla kaasutiiviiksi (kuva 3). [4, s. 46.]



Kuva 3. Metalliputken läpivienti palo-osastoidussa betonivälipohjassa tai -seinässä.

Kannakoinnin tulee kestää putken, putkivarusteiden, eristeiden ja mahdollisten ulkoisten kuormitusten paino sekä nesteiden virtauksen ja lämpöliikkeen aiheuttama rasitus. Pystynousuissa tulee olla välipohjan läpiviennin lisäksi ainakin yksi kannake jokaista kerrosta kohden. Pystynousun ollessa niin pitkä, että se edellyttää lämpölaajenemisen kompensoimista, asennetaan keskelle nousua kiintokannake ohjaamaan lämpölaajenemisen aiheuttama liike tasaisesti sen ylä- ja alapuolille. Haara- ja mutkakohtien välittömään läheisyyteen asennetaan aina kannake tai kiintopiste. Myös kahden eri materiaalin kuten muovin ja kuparin liitoskohdan molemmin puolin asennetaan kiintopiste. Lisäksi kiintopiste tulee asentaa samasta materiaalista tehdyn putkiliitoksen molemmin puolin, mikäli kyseinen liitostapa sitä edellyttää. [8, s. 2.]

Putkikannakkeet ovat pääsääntöisesti muovia tai terästä, paitsi syövyttävissä tai kosteissa olosuhteissa, kuten alapohjan alapuolella, kannakemateriaalina toimii alumiini, kupari tai ruostumaton tai haponkestävä teräs. Jos putki ja kannake ovat eri metalleja, tulee niiden väliin asentaa muovi- tai kumieriste epäjalomman metallin syöpmisen estämiseksi. Eri putkikokojen ja -materiaalien yksityiskohtaiset kannakointivälit on esitetty LVI-ohjekortissa 12-10370 *Putkistojen ja kanavien kannakointi*. [8, s. 4.]

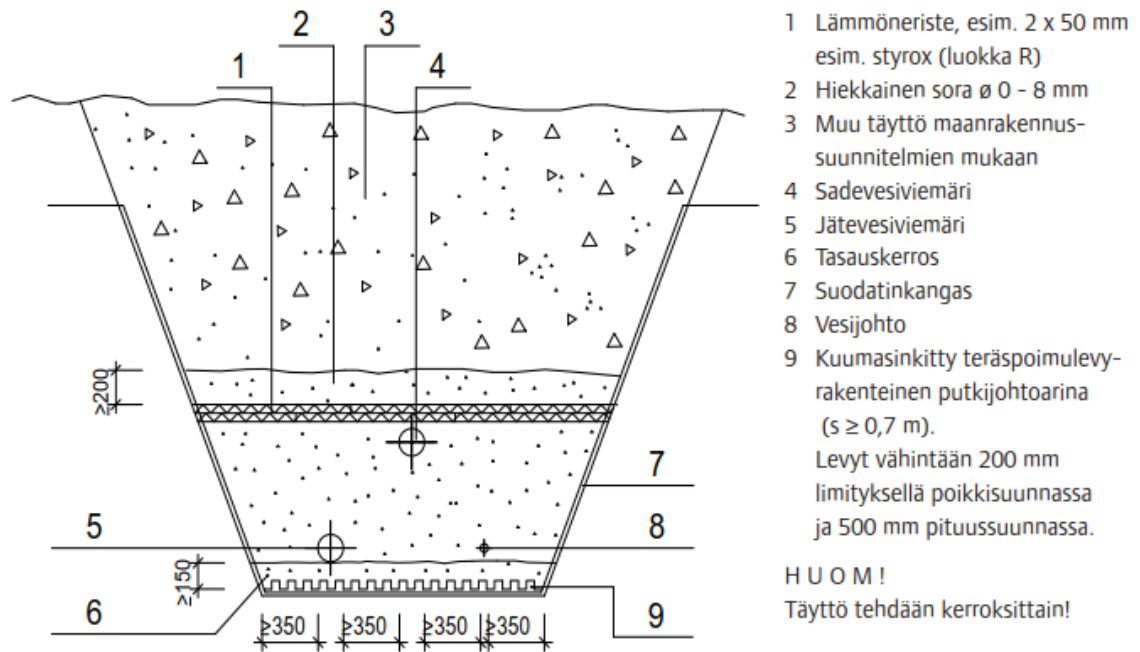
#### 4.3.2 Viemärit

Pohja- ja ulkoviemäreiden asennuksessa suunnitelma-asiakirjojen mukaisten materiaalien ja osien käytön lisäksi tulee huomioida, että viemäriarinat on huolellisesti tehty ja riittävän tukevat, maapohjat jos asennus toteutetaan maanvaraisena sekä kannakointi ja

kaadon riittävyys. Rakennuksen sisäpuolisten viemäreiden osalta suunnitelma-asiakirjojen materiaali- ja eristysvaatimusten, kannakoinnin ja riittävän kaadon lisäksi sekä ulko- että sisäpuolisista viemäreistä tulee ottaa huomioon viemäreiden puhdistettavuus ja äänitekniset asiat.

Maahan asennettavien viemäreiden liitoksien on kestettävä maanpaineesta, tärinästä ja muista ulkoisista rasituksista aiheutuvat voimat. Jos viemäri asennetaan pohjavesipinnan alapuolelle, tulee viemäriputki ankkuroida maahan tai tukea ympäröivistä rakenteista kaareutumisen estämiseksi. Viemäriarinnan alapuolinen täyttö sekä viemäriputkien yläpuolinen alkutäyttö tiivistetään huolellisesti, ja täytön tiiviyden sekä rakeisuuden täytyy olla putken ympärillä tasainen haitallisten muodonmuutosten syntymisen estämiseksi. Ennen kaivannon täyttöä maaviemäreistä tehdään katselmus, josta laadittavaan pöytäkirjaan merkitään kuka tilaajan tai urakoitsijan puolesta on tarkastanut työn. [9, s. 7–8.]

Ulkopuoliset viemärit asennetaan oikeaan kaltevuuteen tehdyn viemärikaivannon pohjalle tasauskerroksen päälle (kuva 4). Perusmaan päälle asennetaan suodatinkangas arinarakenteen, asennusalustan tai alkutäytön materiaalien perusmaahan sekoittumisen estämiseksi. Putken halkaisijan ollessa vähintään 110 mm, voidaan tasauskerroksessa käyttää murskattua kiviainesta, jonka maksimiraekoko on 16 mm. Alkutäyttö tehdään vähintään 300 mm putken laen yläpuolelle ja sen materiaalin tulee täyttää samat vaatimukset kuin tasauskerroksen. Lopputäytön osalta materiaalin tulee olla sekarakeista, ja suurin sallittu raekoko on 2/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta. [10, s. 65–66.]



Kuva 4. Arina voidaan tehdä sinkitystä profiiliteräslevystä, betonista tai maa-ainekerroksesta. [10, s. 67].

Rakennuksen perusmuurin ulkopuolella sijaitsevilla viemäreillä tulee olla vähintään koon DN 400 mm tarkastuskaivoja korkeintaan 40 metrin välein. Rakennuksen sisäpuolella ja alapohjan alapuolella voidaan käyttää puhdistusyhteitä. Alapohjan alla vaakakokoojaviemärien puhdistusyhteiden välinen etäisyys saa olla korkeintaan 20 metriä ja niiden ympärille asennetaan vähintään 600 mm halkaisijaltaan oleva suojakaivo. Rakennuksen sisäpuolisissa viemäreissä vaakakokoojaviemäreissä tulee olla puhdistusyhteitä enintään 20 metrin välimatkoin ja pystykokoojaviemäreissä jokaisen linjan alaosassa. [10, s. 56.]

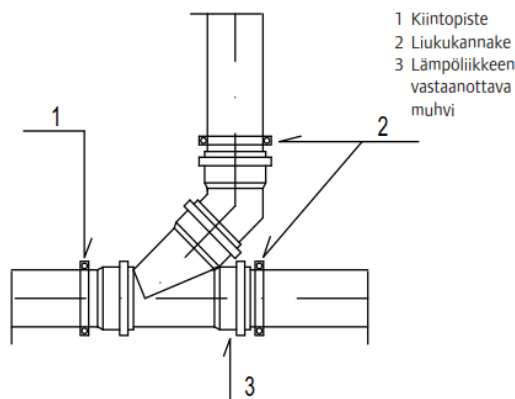
Viemärikannakkeiden materiaali on useimmiten sinkittyä terästä, mutta jos ulkoiset olosuhteet ovat syövyttäviä, kosteita yms. niin käytetään haponkestävää tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kannakemateriaaleja. Kaikki alapohjan alapuolelle asennettavat kannakkeet tulee aina olla haponkestävää terästä (HST). [8, s. 11.]

Viemäriputkien kannakoinnissa käytetään ainoastaan niille tarkoitettuja kannakkeita, jotka ympäröivät putken kokonaan ja jotka ovat säädettävissä portaattomasti oikean kaadon aikaansaamiseksi. Pystyviemärit tulee kannakoida niin, että viemäriputken oman painon, nesteen ja eristyksen sekä muiden ulkoisten rasituksen aiheuttamat voimat koh-



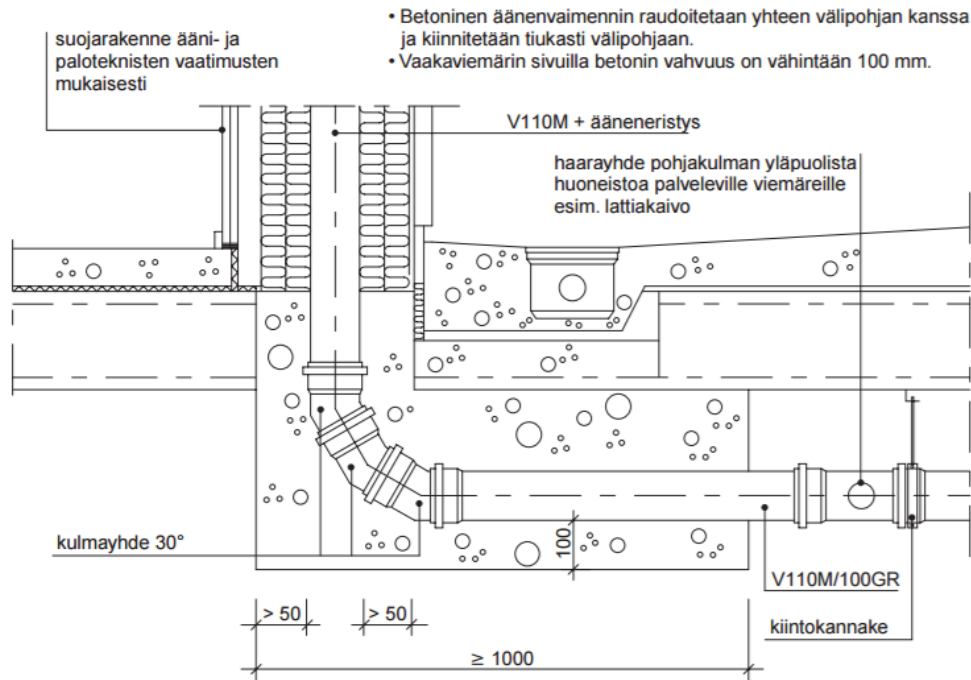
distuvat kannatuspisteeseen eivätkä vaakaviemärin liitoskohtaan. Viemärin pystylinja tulee kannakoidan jokaisen kerroksen kohdalta ja linjan alapää sekä pohjakulma tulee kannakoida kiintokannakkeella niin, että pohjakulma ei pääse irtoamaan liitoksestaan nesteen aiheuttamasta voimasta johtuen. Pääsääntöisesti jokainen valurautaviemäriosa tulee kannakoida erikseen, ja valurautaviemäreiden kannakkeet ovat aina ääntä eristäviä. [10, s. 65; 8, s.10.] Sekä muovi-, että valurautaviemäreiden tarkat kannakointivälit eri tilanteissa on esitetty yksityiskohtaisesti LVI-ohjekortissa 12-10370 *Putkistojen ja kanavien kannakointi*.

Muovi- ja dB-viemäriputkien kohdalla tulee ottaa huomioon lämpölaajenemisesta aiheutuva liike. Tämä tulee huomioida kannakoinnissa ja mahdollisissa paisuntamuhvien tarpeessa. Mikäli viemärin muhvin paisuntavara ei ole riittävä, tulee asennuksessa käyttää paisuntamuhvia, joka ottaa vastaan lämpölaajenemisesta aiheutuvan liikkeen. Lämpöliike ohjataan paisuntamuhviin kiintokannakkeiden avulla (kuva 5). Haarakohdat tulee kannakoida niin, että ne eivät pääse liikkumaan ja suoran putkiryhtien jonon kohdalla kannakkeet sijoitetaan joka toisen yhteen kohdalle. [10, s. 62–63.]



Kuva 5. Esimerkki muovivaakaviemärin haarayhteen kannakoinnista [10, s. 63].

Viemäreistä aiheutuvien ääniongelmien estämiseksi pystykokoojaviemärin pohjakulma tulee aina varustaa betonisella äänenvaimentimella, mikäli rakennuksessa on vähintään kaksi kerrosta kellarikerros mukaan lukien (kuva 6). Pystykokoojaviemärin sivuttaissiirtoja tulee välttää, mutta mikäli tällaisia kuitenkin löytyy, tulee niiden sivusiirto toteuttaa esimerkiksi vastaavanlaista ratkaisua käyttäen. [9, s. 9.]



Kuva 6. Muovisen pystyviemäriin ja pohjakulman kannakointi ja suojabetonointi [8, s. 11].

#### 4.3.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokanavien koot, materiaalit ja asennustavat sekä vaadittavat eristykset ja niiden laajuus valitaan ja tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Asennuksia tarkastettaessa erityistä huomiota tulee kiinnittää kanaviston ja sen varusteiden huollettavuuteen ja puhdistettavuuteen, kannakointiin ja kanaviston puhtaana pysymiseen asennustyön aikana.

Ilmanvaihtokanaviin ja -kammioihin tulee asentaa riittävä määrä puhdistusluukkuja niin, että koko kanavisto on puhdistettavissa ja tarkastettavissa niiden kautta. Puhdistusluukkujen paikat valitaan siten, että puhdistustyö on mahdollista tehdä turvallisesti ja helposti. Pääsääntöisesti puhdistusluukkuja tulee asentaa niin, että kahden puhdistusluukun välissä on korkeintaan kaksi yli 45°:n käyrää ja suorassa kanavassa kahden luukun välinen etäisyys on 10 metriä. Suorassa kanavassa luukkujen väli voi kuitenkin olla yli 10 metriä, mikäli kanava pystytään kuitenkin puhdistamaan täysin luukkujen väliseltä osuudelta. Palopeltien ja säätöpeltien välittömässä läheisyydessä tulee aina olla puhdistusluukku. Alakaton tai LVI-kuilun taakse piiloon jäävien puhdistusluukkujen sekä ilmanvaihtojärjestelmän osien tai laitteiden kuten palopeltien ja säätöpeltien kohdalle täytyy aina tehdä selkeästi merkitty avattava luukku tai ovi. [12, s. 16.]

Ennen asennusta kanavat ja osat tulee säilyttää työmaalla varastoituna siten, etteivät ne altistu sateelle, lialle tai kolhuille. Asennustyön aikana kaikki avonaiset kanavien päät pidetään tulpattuina, jotta kanavisto pysyy hankkeen edellyttämän puhtausluokituksen mukaisessa kunnossa. Suojaukset voidaan poistaa vasta kun loppusiivous on tehty eikä tiloissa tehdä enää pölyviä työvaiheita. [12, s. 15.]

Ilmanvaihtokanavien kannakoinnin tulee kestää kanavan painon lisäksi eristeiden, värähtelyn ja nuohouksen aiheuttamat rasitukset. Eristettyjen ilmanvaihtokanavien kohdalla kannakointi toteutetaan pääsääntöisesti aina suoraan kanavasta eristeen alta. Mikäli kanavalle kuitenkin on asetettu erityisvaatimuksia esimerkiksi palonkestävyyden suhteen siten, että kanavan luokka on EI 120 tai suurempi, niin kannakointi toteutetaan myös eristeiden päältä. Kannakkeiden tulee olla palotekniseltä luokitukseltaan vähintään samaa tasoa kuin kannakoitava ilmanvaihtokanava ja kannakkeen sekä ilmanvaihtokanavan ollessa eri metallia, tulee niiden väliin asettaa kumi- tai muovieriste epäjalomman metallin syöpymisen estämiseksi. Kannakkeet ovat pääosin sinkittyä terästä, mutta ulkoisten olosuhteiden ollessa kosteita tai syövyttäviä tulee kannakemateriaalin olla olosuhteet kestävä, kuten alumiinia, haponkestävää (HST) tai ruostumatonta terästä (RST). Yksityiskohtaiset kannakointivälit ja -ohjeet erilaisille kanaville on esitetty LVI-ohjekortissa 12-10370 *Putkistojen ja kanavien kannakointi*. [8, s. 17.]

#### 4.4 Painekokeet

Putkistojen painekokeet tulee suorittaa ennen mahdollista putkieristystä ja/tai putket peittävien rakenteiden ummistusta. Painekeiden aikana tulee koepainettavan järjestelmän tai putkiosuuden kaikkien liitosten olla näkyvissä ja putkien pintojen kuivia, jotta mahdolliset vuotokohdat pystytään havaitsemaan eikä verkostossa saa olla ilmaa. Mikäli painekokeissa havaitaan vuotoja, korjataan kyseiset vuotokohdat ja toistetaan painekoe uudestaan, kunnes koepaineet saadaan hyväksytysti suoritettua. Toteuttaja laatii painekoikeista aina pöytäkirjan. [4, s. 48.]

Lämmitysjärjestelmän osalta painekokeet suoritetaan vedellä, johon lisätään tarvittaessa jäätyminen estävää ainetta, ellei asiakirjoissa muuta edellytetä. Lämmitysputkistojen painekokeet tehdään suurimmalla käytössä esiintyvällä paineella koepaineajan ollessa 30

minuuttia, ellei suunnitelma-asiakirjoissa muuta edellytetä. Paisunta-astiat, automaattiset ilmanpoistimet, varoventtiilit ja muut koepainetta alemman paineenkeston verkoston osat suljetaan pois verkostosta painekokeiden ajaksi. [4, s. 60–61.]

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D1 edellyttää käyttövesijärjestelmän painekokeiden suorittamista talousvedellä yleensä 10 bar:n paineella verkoston alhaisimmasta kohdasta mitattuna koepaineen keston ollessa minimissään 10 minuuttia. [6, s. 16.]

Painekoepöytäkirjasta täytyy tulla ilmi,

- paikka ja ajankohta
- koepainettu järjestelmä
- putkisto-osuus tai alue
- koepaine ja sen kesto
- suorittaja ja allekirjoitus
- havainnot/puutteet.

#### 4.5 Tiiviyskokeet

Ilmanvaihtojärjestelmän ja sen osien tulee olla riittävän tiiviit ja lujat, ja siksi tiiviys onkin tarkistettava tiiviyskokein. Yleensä tiiviyskokeet tehdään pistokokein koepainamalla 10–25 % ilmanvaihtojärjestelmän kanaviston kokonaispinta-alasta riippuen kyseessä olevan kanaviston vaaditusta tiiviysluokasta. Mikäli kanavisto tai yli 25 %:n osuus siitä kuuluu huonompaan kuin tiiviysluokkaan C tai kanavissa kulkevassa ilmassa on myrkyllisiä tai syövyttäviä kaasuja, tulee mittaus suorittaa koko kanaviston osalta. Tiiviyskokeista laaditaan aina pöytäkirja. [12, s. 18.] Suurimmat sallitut vuotoilmamäärät eri tiiviysluokissa on esitetty kuvassa 7.

**TAULUKKO 6. ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN JA SEN OSIEN SUURIMMAT SALLITUT VUOTOILMAVIRRRAT VAIPAN PINTA-ALAA KOHTI  $q_{VIA}$  ( $\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ ) ERI TIIVIYSLUOKISSA. VUOTOYHTÄLÖ ON MUOTOA  $q_{VIA} = k p_s^{0,65}$ , MISSÄ  $k$  ON TIIVIYSLUOKKAKOHTAINEN KERROIN ( $\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2/\text{Pa}^{0,65}$ ) JA  $p_s$  ON KOEPAINE (Pa)**

Tiiviyssluokka	Sallittu vuotoilma $q_{VIA}$ $\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$
A	$0,027 \times p_s^{0,65}$
B	$0,009 \times p_s^{0,65}$
C	$0,003 \times p_s^{0,65}$
D	$0,001 \times p_s^{0,65}$
E	$0,0003 \times p_s^{0,65}$

Kuva 7. Suurimmat sallitut vuotoilmamäärät eri tiiviyssluokissa [12, s. 12].

Tiiviysskoepöytäkirjasta täytyy tulla ilmi,

- paikka ja ajankohta
- kanavisto-osuus tai alue
- tiiviyssluokka ja sallittu vuotoilmamäärä
- mittauspaine ja kanava-osuuden pinta-ala
- mitattu vuotoilmamäärä
- havainnot/puutteet.

#### 4.6 Verkostojen huuhtelut

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaan rakennuksen käyttövesiverkosto tulee huuhteltava ennen vesilaitteiston käyttöönottoa. Huuhtelun avulla poistetaan putkiston sisältä kaikki lika ja irtoaines sekä saadaan edistettyä putkien sisäpinnan suojaeroksen muodostumista. Huuhtelu tulee suorittaa talousvettä käyttäen ja mahdollisimman nopeasti putkiston valmistuttua. Yleensä tämä tehdään ensimmäisen täytön ja painekokeiden yhteydessä. Kylmä- ja lämmin- sekä lämminkierto-vesijohdot huuhdellaan kaikki erikseen. Huuhtelun aikana hanojen poresuuttimien tulee olla irrotettuna ja kertasäätöventtiilien avattuna täysin auki. [6, s. 16.]

Huuhtelu suoritetaan etenemällä veden virtaussuuntaa vastaan, verkoston kauimmaisesta vesipisteestä aloittaen. Vesipisteet asetetaan täysin auki ja kunkin pisteen lävitse valutetaan vettä ainakin 2 minuuttia ennen kuin seuraava avataan. Kun viimeiseksi avatusta vesipisteestä on valutettu vettä 2 minuuttia, ne suljetaan järjestyksessä aloittaen viimeisimmäksi avatusta pisteestä. Kuitenkin jokaista putkimetriä kohden huuhtelun tulisi kestää ainakin 15 sekuntia. [6, s. 16.] Käyttövesiverkoston lisäksi myös lämmitys- ja jäähdytysverkot huuhdellaan ennen verkostojen säätö- ja tasapainotustoimenpiteitä.

#### 4.7 LVI-laitteiden ja -järjestelmien vastaanottomenettely

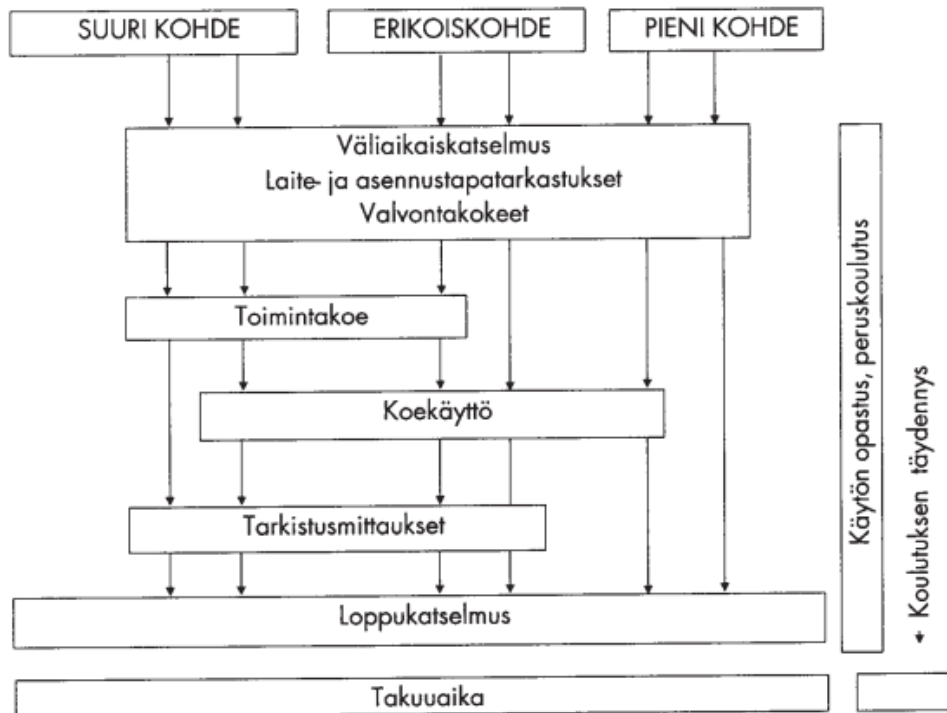
LVI-töiden vastaanottoprosessiin liittyy useita eri toimenpiteitä (kuva 8). Näiden toimenpiteiden avulla pyritään varmistamaan LVI-laitteiden ja -järjestelmien oikeanlainen toiminta ja niille asetettujen määräysten ja laadullisten vaatimusten täyttyminen kohteen luovutusvaiheessa. Eri toimenpiteiden sisällyttäminen LVI-laitteiden vastaanottomenettelyyn riippuu hankkeen ja taloteknisten järjestelmien laajuudesta [3, s. 2]. Suuressa ja erikoiskohteessa, joka sisältää esimerkiksi LVIJ- ja sprinklerijärjestelmien lisäksi erikoislaitteita kuten varavoimalaitteita tai kattilalaitoksia, vastaanottomenettely sisältää kaikki alla luetellut vastaanottoon kuuluvat toimenpiteet. Mikäli kohteessa ei ole erikoislaitteita, koekäyttöjä ei tehdä. Pienissä kohteissa, joissa LVI-järjestelmiä ei ole useita, vastaanottomenettelyn toimenpiteet jäävät erittäin suppeaksi kuvan 7 osoittamalla tavalla [3, s. 5]. LVI-laitteiden ja -järjestelmien vastaanottoon liittyvät toimenpiteet määritellään erikseen hankekohtaisessa urakkarajaliitteessä [4, s. 47].

Toteuttaja hoitaa oma-aloitteisesti yhteydenpidon rakennusvalvontaviranomaisiin ja muihin tahoihin, joiden hyväksyntää tai tarkastuksia LVI-järjestelmät ja -laitteet edellyttävät. Viranomaisen voi teettää tarkastustehtävät ulkopuolisella taholla, mikäli tämä ulkopuolinen taho ja rakennuttaja antavat siihen suostumuksen. Kaikkien viranomaistarkastusten on oltava suoritettuna hyväksytysti ennen lopputarkastustilaisuutta. [4, s. 50]

LVI-laitteiden vastaanottoon kuuluvat,

- materiaalihyväksynät ja tuotekelpoisuushyväksyntä (CE-merkintä)
- laite- ja asennustapatarkastukset
- toimintakokeet

- koekäyttö
- tarkistusmittaukset
- loppukatselmus
- käytön opastus.



Kuva 8. LVI-laitteiden ja -järjestelmien vastaanottomenettely [3, s. 2].

#### 4.8 Urakoitsijoiden väliset toimintatarkastukset

Toimintatarkastukset ovat tärkeä osa urakoitsijoiden omaa laadunvarmistusta. Niissä urakoitsija luovuttaa LVI-järjestelmät ja laitteet ensin itselleen. Toimintatarkastukset tehdään yhdessä kaikkien kyseessä olevien LVI-järjestelmien ja -laitteiden toteutukseen osallistuneiden urakoitsijoiden kesken. Näiden tavoitteena on testata systemaattisesti ja yksityiskohtaisesti kaikkien järjestelmien suunnitelma-asiakirjojen mukainen toiminta kaikissa käyttö- ja poikkeustilanteissa ennen toimintakokeita. Urakoitsijoiden välisistä toimintatarkastuksista laaditaan pöytäkirja, jota voidaan käyttää pohjana rakennuttajan toimintakokeissa. [4, s. 49.]

Toimintatarkastusvalmiuden saavuttaminen LVI-järjestelmien osalta edellyttää ainakin,

- Kanavistot, putkistot, laitteet ja koneet on asennettu.
- Putkistot on huuhdeltu ja venttiilit esisäädetty.
- Ilmanvaihtokoneet ja -kanavat on puhdistettu sisäpuolelta.
- Ilmavirtojen säätölaitteet ja ilmanvaihdon huonelaitteet on asennettu.
- Putkistojen ja ilmanvaihdon eristystyöt on pääosin tehty.
- Lämmitysverkostojen menoveden lämpötila on säädetty suuruusluokkaisesti oikealle tasolle.
- Laitteiden sähköt tulevat lopullisia kytkentöjä myöten.
- Säättö- ja valvontalaitteet ovat toiminnassa, viritetty ja ohjelmoitu.
- Tilat on siivottu pölyttömiksi. [14, s. 14.]

#### 4.9 Toimintakokeet

Toimintakokeet ovat yksi osa urakoitsijoiden ja rakennuttajan välistä laadunvarmistusta. Toimintakokeet suoritetaan urakoitsijoiden yhteisesti ehdottamana ajankohtana, kun toimintakoevalmius on saavutettu kaikkien urakoitsijoiden osalta. Tämä edellyttää, että urakoitsijoiden väliset toimintatarkastukset on suoritettu ja niissä on todettu kaikkien järjestelmien ja laitteiden olevan toimintakuntoisia ja että kaikki toimintatarkastusvalmiuteen liittyvät velvoitteet on suoritettu.

Toimintakokeet voidaan tehdä joko pistokoeluontoisesti niin, että niissä tarkastetaan vain osa urakoitsijoiden toimintatarkastuksissa tehdyistä toimenpiteistä tai sitten tekemällä kaikki jo aiemmin tehdyt toimenpiteet uudestaan rakennuttajan edustajan läsnä ollessa. Toimintakokeita ei aloiteta, mikäli kaikkia velvoitteita ei ole suoritettu hyväksytysti.

Pääurakoitsija toimittaa kirjallisesti esityksen toimintakokeiden suunnitellusta aloitusajankohdasta sekä urakoitsijoiden toimintatarkastusten tarkastuslistat, joissa on kirjattuna hyväksytyt suoritukset edellä mainituista toimenpiteistä. [14, s. 15.]



Toimintakokeissa tarkistetaan muun muassa seuraavat asiat:

- Pumppujen ja puhaltimien laitekilvet sekä säätimien, toimilaitteiden, säätöventtiilien, kanavien ja putkistojen merkinnät.
- Pumppujen, puhaltimien ja LTO-laitteiden pyörimissuunnat.
- Jäätymissuoja- ja palovaaratermostaattien sekä paine-, lämpötila ja paineroantureiden hälytykset.
- Kello-, käsi- ja ulkotermostaattiohjaukset sekä laitteiden väliset pakkokytkennot.
- Lämmitys- ja jäähdytyspatterien, moottoriventtiilien sarjasäätö sekä LTO/palautusilmapelien säätötoiminnot. [3, s. 4.]

#### 4.10 Mittaus- ja säätötyöt

Hyväksytyjen toimintakokeiden jälkeen tehdään käyttövesi-, lämmitys-, jäähdytys- ja ilmastointijärjestelmien osalta mittaus- ja säätötoimenpiteet. Kukin urakoitsija suorittaa mittaukset ja säädöt sekä laatii ja toimittaa mittauspöytäkirjat asentamiensa järjestelmien osalta. Oikein säädetyillä järjestelmillä taataan niiden suunnitelmien mukainen toiminta ja tällä tavoin pystytään vaikuttamaan olennaisesti koko rakennuksen laatuun. Mittauksien tulokset ja asetetut säätöarvot merkitään mittauspöytäkirjoihin ja mitattuihin laitteisiin. Mittauksien ja säätöjen osalta suunnitelma-asiakirjoissa on yleensä määritelty niiden laajuus ja suoritustapa. Näissä asiakirjoissa määrätään muun muassa,

- käytettävät mittaus- ja säätömenetelmät
- mittausten reunaehdot
- käytettävät mittalaitteet
- hyväksynnän ehdot. [4, s. 49; 15.]

##### 4.10.1 Vesivirtojen mittaukset

Lämpimän veden kiertojohton, ilmanvaihdon lämmityksen ja jäähdytyksen osalta mittaus- ja säätötoimenpiteet suoritetaan asettamalla verkostojen linjasäätöventtiilit suunnit-

telmien mukaisiin esisäätöarvoihin, minkä jälkeen virtaamat mitataan ja venttiilit säädetään vastaamaan suunniteltuja virtaamia. Patteriverkoston tasapainotus tehdään patteritermostaatit irrotettuina ja linjasäätöventtiilien esisäätöarvot asetettuina, minkä jälkeen vesivirrat säädetään suunnitelmien mukaisiksi. Huonelämpötilat tarkastetaan ulkolämpötilan ollessa alle 0 °C ja tämän jälkeen tarvittaessa säädetään venttiileiden esisäätöarvoja muuttamalla rakennuksen lämpötilaolosuhteet tasaisiksi. Mitatut virtaamat ja venttiileiden säätöarvot merkitään linjasäätöventtiileihin sekä kirjataan mittauspöytäkirjaan. [15.]

Vesivirtojen mittauspöytäkirjasta ilmenee ainakin,

- mittausten suorittaja ja ajankohta
- mitatut virtaamat
- asetetut säätöarvot
- laite- tai venttiilitunnus
- mittauslaitteet.

#### 4.10.2 Ilmavirta- ja äänitasomittaukset

Ilmavirrat mitataan ja säädetään niin, että suunnitelmissa ilmoitetut ilmavirrat saavutetaan pääkanavissa 0–10 %:n ja yksittäisissä päätelaitteissa 0–20 %:n tarkkuudella. Ilmavirrat säädetään asettamalla ilmanvaihtokoneiden puhaltimille tarvittavat painetasot todellisen tarpeen mukaan eli välttämällä turhia kuristuksia. Lisäksi tehdään tasapainotukseen tarvittavat kuristukset verkoston säätöpelleillä. Painetasot ja kertasäätöpeltien asennot kirjataan mittauspöytäkirjaan ja säätöarvo merkitään itse säätöpeltiin. [12; 15.]

Mittauspöytäkirjasta tulee ilmetä ainakin seuraavat asiat:

- mittausten suorittaja ja ajankohta
- ilmanvaihtokoneiden kokonaisilmavirrat
- säätöpeltien tunnuksot
- asetetut säätöarvot

- säätöpeltien ja päätelaitteiden mitatut ilmavirrat
- mittauslaitteet.

Kun ilmavirrat on mitattu ja säädetty suunnitelmien mukaisiksi, suoritetaan ilmanvaihtojärjestelmän osalta äänitekniset mittaukset. Mittaukset suoritetaan ilmanvaihtokoneen käydessä sillä nopeudella, jolla se käy normaali käyttötilanteessa. Tilakohtaiset suurimmat sallitut äänitasot on esitetty tarkasti Suomen rakentamismääräyskokoelma D2:ssa. Toteuttaja laatii ilmanvaihdon äänitasomittauksista mittauspöytäkirjan. [5.]

#### 4.11 Tarkistusmittaukset

Tarkistusmittaukset tekee useimmiten suunnittelija rakennuttajan edustajana. Tarkistusmittaukset tehdään urakoitsijoiden omien mittaus- ja säätötöiden jälkeen ennen loppukatselmusta, ja niiden avulla on tarkoitus saada varmuus siitä, että laitos on vastaanotokunnossa. Useimmiten urakkaohjelmissa on jo määritelty tarkistusmittausten laajuus ja ne tehdään työselityksen ja urakkarajaliitteen mukaisesti. [3, s. 5.]

Mittaukset tehdään pistokoeluontoisesti ja niiden perustana onkin urakoitsijoiden säätötöiden yhteydessä tekemät mittaus- ja säätöpöytäkirjat. Useimmiten tarkistusmittauksia tehdään ainakin kanavistojen ilmavirtojen, huonelämpötilojen, laitteiden hyötysuhteiden ja tilojen äänitasojen osilta. [3, s. 5.]

#### 4.12 Käytönopastus

Kiinteistöhoitohenkilökunnalle ja tekniselle käyttäjälle luovutetaan kiinteistön käyttö- ja huolto-ohjeet, huoltokirja sekä muut luovutusasiakirjat ennen loppukatselmusta. Lisäksi pääurakoitsija organisoii tilaajan ja käyttäjän kanssa ennalta sovittuna ajankohtana käytönopastukset kohteen LVI-järjestelmien ja -laitteiden käytöstä ja huollosta. Käyttökoulutukset pitää järjestelmän toteuttanut urakoitsija tai laitetoimittajan edustaja. Käytönopastukset ovat osa takuuajan laadunvarmistusta ja niillä varmistetaan, että toimitettuja LVI-järjestelmiä ja -laitteita osataan käyttää jatkossa oikein, mikä lisää niiden toimintavarmuutta ja käyttöikä. [4, s. 52.]

## 5 Tarkastusten sijoittuminen rakennustyövaiheisiin nähden

### 5.1 Maanrakennus ja perustukset

LVI-aloituskokous tulee olla pidettynä ennen kuin pohja- ja ulkoviemäreiden asennus alkaa. Aloituskokouksesta laaditaan pöytäkirja, ja tässä on muun muassa nimetty hankkeen IV- ja KVV-vastaavat työnjohtajat sekä muut hankkeen kannalta keskeiset osapuolet. Yhtenä tärkeimmistä asioista aloituskokouksessa on määritelty LVI-töitä koskevat toimenpiteet laadusta huolehtimiseksi ja annettu lupa LVI-töiden aloittamiseksi siihen vaadittavien edellytysten täytyessä.

Liitoskohtalausunnossa on ilmoitettu korkoasemat, materiaalit ja putkikoot tontin LVI-liitymien suhteen [11]. KVV-vastaava tarkistaa liitoskohtalausunnon tietojen oikeellisuuden. Ennen pohja- ja ulkoviemäreiden asennusta tulee viemärikaivannon asianmukaisuus tarkistaa viemäreiden painumisen estämiseksi ja paikallaan pysymiseksi [10, s. 64–66].

Viemäreiden asennuksen jälkeen ennen viemäreiden peittämistä tehdään niiden osalta asennustapatarkastukset ja näistä laaditaan pöytäkirjat laatukansioon. Pohjaviemärit kuvataan sisäpuolelta onnistuneen asennuksen varmistamiseksi ja toteuttaja laatii kuvauksista tarvittavan dokumentaation, joka liitetään laatukansioon.

### 5.2 Runko

Rakennuksen runkoa nostettaessa tehdään LVI-nousukuilujen ja pohjakerroksen runkoputki, -kanava ja -viemäriasennukset [13, s. 3]. Näiden osalta tehdään asennustapatarkastukset ja mahdolliset asennusmallit, joista laaditaan pöytäkirjat. Heti edellä mainittujen töiden valmistuttua on hyvä pitää ja dokumentoida kyseisen alueen painekokeet kohdan, jotta tarvittavat putkieristystyöt päästään tekemään mahdollisimman nopeasti ja tämän myötä päästään pois tulevien rakennustöiden edestä. Lisäksi tehdään muut tarkastusasiakirjan edellyttämät asennusmallit kuten lämpölinjojen kytkentäjohto- ja patteriasennusmallit.

### 5.3 Vaippa umpeen

Kun rakennuksen vesikatto on vedenpitävä ja ikkunat sekä ulko-ovet paikoillaan lämmitettävän alueen osalta, odotetaan rakennusaikaisen lämmityksen hoituvan rakennuksen lämmitysjärjestelmän kautta. Lämpö päälle -valmiuden saavuttamiseksi tulee lämmitettävien alueiden putkikytkentöjen ja patteriasennusten sekä lämmönjakohuoneen asennusten olla valmiit. Lämmönoimituksen aloittamiseksi tulee energialaitoksen kaukolämpötarkastajan olla suorittanut kaukolämmön käyttöönottotarkastus hyväksytysti. Kaukolämmön käyttöönottotarkastuksesta tulee olla kaukolämpötarkastajan tekemä pöytäkirja. [13, s. 3–4.]

### 5.4 Sisätyöt

Ennen LVI-kuilujen ja alakattojen ummistamista tulee kaiken niiden sisälle piiloon jäävän LVI-tekniikan olla valmiina ja tarvittavat malliasennukset, paine- ja tiiviyskokeet, asennustapatarkastukset sekä urakoitsijoiden itselle luovutukset olla tehtynä ja dokumentoituna.

Sisätyövaiheessa painekokeita tehdään kohdan jako- ja kytkentäjohtojen osalta rakennustöiden aikataulussa etenemisen edellyttämässä järjestyksessä ja yhdessä sovituisissa osakokonaisuuksissa tai lohkoissa. Järjestelmän ollessa täysin valmis pidetään vielä kokonaispainekokeet, jotka kattavat koko järjestelmän kaikki putkisto-osuudet. Vesi- ja lämmitysverkostojen putkiasennusten valmistuttua, usein painekokeiden yhteydessä, niille tehdään verkostojen huuhtelut, joista laaditaan huuhtelupöytäkirjat. Useimmiten vesi- ja ilmanvaihtokalusteista tehdään malliasennus näiden asennusten toistuvuuden vuoksi. Kun malli on hyväksytty, voidaan kalustus tehdä noudattaen katselmoitua asennustapaa.

### 5.5 Käyttöönotto

Kun järjestelmät ovat täysin valmiit, voidaan suorittaa toimintakokeet. Hyväksytyjen toimintakokeiden jälkeen aloitetaan järjestelmien mittaus- ja säätötyöt. Ilmanvaihdon osalta tämä edellyttää, että mitattavien ja säädettävien ilmanvaihtokoneiden palvelualueet on

siivottu pölyttömiksi ja LVI-valvoja on antanut luvan ilmanvaihtokoneiden käynnistämiseksi. Kaikki mittaustulokset ja säätöarvot kirjataan talteen ja niistä laaditaan mittauspöytäkirjat [4, s. 49]. Edellä mainittujen toimintakokeiden jälkeen suoritetaan eri järjestelmien osalta rakennuttajan tarkastusmittaukset sovitun mukaisesti. Kaikki paine- ja tiiveyskokeet, mittaus- ja säätötyöt sekä hyväksytyt toimintakokeet tulee olla tässä vaiheessa dokumentoitu ja materiaali tulee osaksi hankkeen luovutusmateriaalia.

## 6 Takuu aika

Takuu aika alkaa siitä päivästä, kun urakoitsijan suoritus tai rakennuskohde on hyväksytty vastaanotetuksi. Ellei urakkasopimuksessa toisin sovita, kestää takuu aika kaksi vuotta. Takuu aikana urakoitsija on velvollinen korjaamaan urakkasuorituksessaan ilmenneet virheet, mikäli niiden ei voida osoittaa johtuvan urakoitsijasta riippumattomista syistä kuten normaalista kulumisesta, virheellisestä käytöstä tai tilaajan velvollisuuksiin kuuluvien huoltotoimenpiteiden laiminlyönnistä. Työtuloksen käyttöä vaikeuttavat, vaaraa tai rappeutumista aiheuttavat virheet tulee poistaa tai korjata viipymättä. Urakoitsijan viivytellessä tämänlaisten töiden tekemistä, on tilaaja oikeutettu teettämään työ muulla taholla urakoitsijan kustannuksella ilmoitettuaan tästä etukäteen kirjallisesti. Takuun alkamispäivästä 10 vuoden ajan urakoitsija vastaa virheistä, jotka tilaaja pystyy osoittamaan johtuvan urakoitsijan törkeästä laiminlyönnistä, sovitun laadunvarmistuksen olennaisesta laiminlyönnistä, suorituksen täyttämättä jättämisestä tai virheen ollessa sellainen, että tilaaja ei ole sitä voinut kohtuuden mukaan havaita vastaanottotarkastuksessa tai takuu aikana. [16, s. 8.]

Rakennusajan vakuus on 10 % ja takuuajan 2 % arvonlisäverottomasta urakkahinnasta, ellei urakkasopimuksessa ole toisin sovittu. Urakoitsijan tulee antaa tilaajalle takuuajan vakuus välittömästi urakoitsijan suorituksen tai rakennuskohteen hyväksytyin vastaanoton jälkeen, mutta kuitenkin ennen kuin rakennusajan vakuuden voimassaolo päättyy. Jos urakkasopimuksessa ei ole toisin sovittu, täytyy takuuajan vakuuden olla voimassa vielä kolme kuukautta takuuajan päättymisen jälkeen. Voimassaoloajan päätyttyä vakuus on palautettava viipymättä, kun urakoitsija on täyttänyt vakuuden edellyttämät velvollisuutensa. [16, s. 9.]

Takuuajan töistä laaditaan erillinen asiakirja huoltokirjan tai käyttö- ja huolto-ohjeen täydennykseksi ja liitteeksi. Tätä asiaa ylläpidetään takuuajana ja siinä esitetään sovitun mukaisesti muun muassa,

- urakoitsijoiden tiedot
- takuun alkamisen ja päättymisen ajankohdat
- järjestettyjen käyttökoulutusten ajankohdat
- takuuhuoltokäyntien aikataulu
- takuuhuoltokäyntien toimenpiteet
- tarkastusmittausten ja -säätöjen sovitut ajankohdat
- mittausten tulokset
- LVI-laitteiden käytössä ilmenneet puutteet
- huoltokirjassa tai käyttö- ja huolto-ohjeessa havaitut puutteet.

Sopimuksen osapuolten on tehtävä takuutarkastus rakennuskohteessa aikaisintaan kuukautta ennen takuuajan päättymispäivää, mutta kuitenkin viimeistään takuuajan päättymispäivänä. Jos kumpikaan osapuoli ei määräaikaan mennessä pyydä tarkastusta pidettäväksi, takuuajaksi jatkuu yhden kuukauden, jonka aikana tilaajalla on edelleen oikeus esittää urakoitsijan takuuajan vastuuseen perustuvat vaatimuksensa. [16, s. 15.]

## 7 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli luoda taloteknisten töiden laadunvarmistukseen ja valvontaan ohjemateriaali työmaalle. Ohjemateriaalissa kuvattiin, mitä erilaisia laadunvarmistustoimenpiteitä hankkeen toteutusvaiheen aikana tulee toteuttaa ja mitä niiden toteutuksessa tulee huomioida, jotta lopputuloksena saavutettaisiin laadukas ja toimiva kokonaisuus.

Työn liitteeksi luotu tarkastusasiakirja toteutettiin jäsentelemällä kaikki hankkeen toteutusvaiheen aikana suoritettavat eri laadunvarmistustoimenpiteet rakennustyövaiheiden alle kronologisessa järjestyksessä. Tarkastusasiakirjan avulla eri työmailla pystytään tekemään samat toimenpiteet ja seuraamaan niiden toteutumista sekä näin varmistamaan talotekniikan osalta hankkeen laadukas lopputulos.

Työtä voitaisiin laajentaa sekä ohjeistuksen että tarkastusasiakirjan osalta koskemaan myös sähkö-, sprinkleri- ja automaatiotöitä. Tällä tavoin se saataisiin palvelemaan tarkoitusta täydellisesti, kun kaikki talotekniset järjestelmät olisivat otettu huomioon.



## Lähteet

- 1 Kankainen, Jouko & Junnonen, Juha-Matti. 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatutoiminnot. Tampere: Rakennustieto Oy.
- 2 Rakennustöiden laatu. 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 3 Rakennusten vastaan- ja käyttöönotto. 1991. LVI 03-4000. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 4 Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. TalotekniikkaRYL. 2003. LVI 01-10355. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 5 Ilmanvaihtolaitteiden äänitekniinen suunnittelu ja äänenvaimennus asuinrakennuksissa. 2002. LVI 30-10333. Rakennustieto Oy.
- 6 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskoelma osa D1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 7 Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. 2016. Finlex. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maank%C3%A4ytt%C3%B6-%20ja%20rakennuslaki>>. Luettu 2.3.2017.
- 8 Putkistojen ja kanavien kannakointi. 2004. LVI 12-10370. Rakennustieto Oy.
- 9 Putkistojen asennus. 2004. LVI 20-10348. Rakennustieto Oy.
- 10 Uponor kiinteistöviemärintikäsikirja. 2015. Vaasa: Uponor Infra Oy.
- 11 HS-Vesi: liitoskohtalausunto. 2010. Verkkodokumentti. <<http://www.hsvesi.fi/Kiinteasivu.asp?KiinteasivuID=3943&NakymaID=237>>. Luettu 12.3.2017.
- 12 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskoelma osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 13 Lämmitys-, vesi- ja viemäryöt. 2007. Ratu G2-0296. Rakennustieto Oy.
- 14 Urakkarajaliitteen laatiminen. Talonrakennustyö. 1999. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 15 LVISA-Työselostus. 2016. Suunnitelma-asiakirja. Karavaanikuja 2. Luettu 24.3.2017.

16 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 1998. RT 16-10660. Rakennustieto Oy

