



Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden
korkeakoulu

Greete Ani

Toiminnanvarmistus keskeisenä osana taloteknistä valvontaa ja laadunvarmistusprosessia

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 24.5.2019

Valvoja: Professori Markku J. Virtanen

Ohjaaja: DI Juhani Aalto

Tekijä Greete Ani

Työn nimi Toiminnanvarmistus keskeisenä osana taloteknistä valvontaa ja laadunvarmistusprosessia

Maisteriohjelma Sustainable Energy in Buildings and Built Environment**Koodi** ENG3068

Työn valvoja Professori Markku J. Virtanen

Työn ohjaaja DI Juhani Aalto

Päivämäärä 24.5.2019**Sivumäärä** 74+15**Kieli** Suomi

Tiivistelmä

Rakennuksissa käytetty talotekniikka (TATE) lisääntyy ja monimutkaistuu jatkuvasti, sillä rakennuksien toimivuuden ja energiatehokkuuden vaatimukset ovat yhä tiukempia. Valitettavan usein rakennuksen toimivuudessa on kuitenkin puutteita. Rakennuksen ominaisuudet, kuten sisäilmasto ja energiatehokkuus eivät saavuta niille asetettuja tavoitteita. Tässä tutkimuksessa syvennytään toiminnanvarmistusprosessiin (ToVa, Cx), jonka tarkoituksena on varmistaa, että rakennus toimii tilaajan hankkeen alussa asettamien tavoitteiden mukaisesti. Työssä keskitytään erityisesti TATE-järjestelmiin ja niiden toimivuuden varmistamiseen. Tutkimuksen aihe syntyi tarpeesta luoda laatutyökalu, jonka avulla toiminnanvarmistus toteutetaan keskeisenä osana TATE-valvontaa ja laadunvarmistusprosessia. Näin ollen, tässä työssä syvennytään kattavasti toiminnanvarmistusprosessiin, TATE-valvonnan ja laadunvarmistuksen tehtäviin, sekä selvitetään sopeva toimintamalli Suomen olosuhteisiin. Rakennuksille myönnettävät ympäristösertifikaatit ovat keskeisessä roolissa toiminnanvarmistuksen käyttöönotossa, joten niiden asettamat vaatimukset on otettava toimintamallissa huomioon. Ympäristösertifikaateista tarkasteluun valittiin suosituimmat LEED- ja BREEAM-luokitukset, sekä kotimainen RTS-ympäristöluokitus. Toimintamallien, ohjeiden ja vaatimusten, sekä hyötyjen selvittämisessä tutkimusmenetelmänä oli kirjallisuuskatsaus.

Kansainvälisten tutkimusten mukaan toiminnanvarmistus on yksi tehokkaimmista keinoista vähentää rakennuksen energiankultusta. Tärkeäksi hyödyksi nousivat myös hankkeen sujuvuus, parempi sisäilmasto ja takuuajan ongelmien väheneminen. Toiminnanvarmistusprosessin takaisinmaksuaika oli korjaushankkeissa keskimäärin yksi vuosi ja uudisrakennuksissa neljä vuotta. Toiminnanvarmistusprosessin kustannustehokkuus korreloi voimakkaasti hankkeen suuruuden kanssa, etenkin korjaushankkeissa. Teknisesti monimutkaisissa rakennuksissa ToVa-prosessi todettiin olevan erityisen kannattava. Ilmeisistä hyödyistä huolimatta, toiminnanvarmistus ei ole standardi käytäntö Suomessa. Syitä prosessin hitaaseen käyttöönottoon selvitettiin haastatteleamalla alan asiantuntijoita. Suurimpana syynä hitaaseen käyttöönottoon pidettiin ohjeistuksen ja standardien puuttumista, osapuolten tietämättömyyttä ja rakennusalan hidasta kehitystä. Vallitseva mielipide on, että toiminnanvarmistus on laadunvarmistusprosessi, jonka hyötypotentiaali on ilmeinen monissa hankkeissa. Tutkimuksen tuloksena syntyi Cx-laadunvarmistusprosessi, jossa ToVa, TATE-valvonta ja laadunvarmistus on yhdistetty yhdeksi toimintamalliksi.

Avainsanat Toiminnanvarmistus, toimivuuden varmistus, ToVa, TATE-valvonta, laadunvarmistus, vastaanottomenettely, ympäristösertifikaatit, LEED, BREEAM, RTS

Author Greete Ani

Title of thesis Building commissioning as an essential part of HVAC supervision and quality control process

Master programme Sustainable Energy in Buildings and Built Environment**Code** ENG3068

Thesis supervisor Professor Markku J. Virtanen

Thesis advisor Juhani Aalto M.Sc. (Tech.)

Date 24.5.2019**Number of pages** 74+15**Language** Finnish

Abstract

The complexity of building systems and technologies used in modern buildings are constantly increasing as the demand for the functionality and energy efficiency of buildings are ever-increasing. Unfortunately, the desired performance of the building and actual functioning has often a considerable performance gap. This thesis studies the process of building commissioning (Cx), which is practice that ensures buildings are delivered according to the Owner's Project Requirements (OPR). The work focuses on the commissioning of the building systems (HVAC). The subject of the thesis was developed by the need to create a quality tool to include building commissioning to HVAC supervision and quality control process. The study will provide extensive description of the processes related to building commissioning, HVAC-supervision and quality control. The aim is to create an applicable operation model for Finnish conditions. In Finland, building environmental certificates are the key contributor of the use of building commissioning. Therefore, the study reviews the commissioning requirements of the leading international systems LEED and BREEAM, and the Finnish RTS environmental rating. The research method used to study the operating models, instructions and requirements, as well as the benefits of commissioning was a literature review.

According to international research Cx is one of the most effective ways to increase energy efficiency of a building. Another important finding was that building commissioning clarifies the project, improves thermal comfort and indoor air quality, and reduces warranty claims. The payback time for the Cx-process was approximately one year for existing building projects and four years for new construction projects. The cost-effectiveness of the Cx is strongly correlating with the commissioned floor area, especially in existing building projects. In technically complex buildings the commissioning was found to be particularly cost-effective. Despite of the obvious benefits of the process, Cx is not yet a standard practice in Finland. The reasons for the slow implementation of the process were studied by interviewing leading experts in the field. The main reason for the slow adoption was the absence of guidance and standards, lack of knowledge and slow development of the construction industry in Finland. The general opinion among the professionals is that there is a need for Cx and the process results great benefits in most projects. The study resulted a Cx-quality tool in which Cx, HVAC supervision and quality control process are combined into a single operation model.

Keywords Building commissioning, Cx, CxA, HVAC commissioning, building quality control, HVAC supervision, environmental certificates, LEED, BREEAM, RTS

Alkusanat

Tämä diplomityö on toteutettu opinnäytteenä diplomi-insinöörin tutkintoa varten Aalto-yliopiston insinöörیتieteiden korkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan laitokselle. Diplomityön tilaaja on Granlund Oy korjausrakentamisen yksikkö. Diplomityö on toteutettu osana Granlundin valvonnan ja laadunvarmistuksen kehityshanketta. Diplomityön aiheen valinta on aloitettu syksyllä 2018 ja kirjoitustyö on toteutettu keväällä 2019.

Erityisen suuri kiitos kuuluu työni ohjaajalleni Juhani Aallolle ja kehityshankkeen vetäjälle Harri Nyyssölälle. Juhanille suuri kiitos työn kokonaisuuden tarkastamisesta ja kannustuksesta työn viimeistelyn loppuun viemiseksi. Ilman Harrin ammattitaitoa ja laajaa kontaktiverkostoa työni kokonaisuus olisi jäänyt puutteelliseksi. Harrin paneutuminen työn kokonaisuuteen ja aktiivinen ohjaus mahdollistivat sen, että diplomityölle asetetut tavoitteet saavutettiin. Kiitän myös kaikkia haastattelun antaneita asiantuntijoita.

Haluan kiittää työni valvomisesta professori Markku J. Virtasta. Joustava, itsenäiseen työhön kannustava asenne ja rakentava palaute kannustivat ahkeraan ja tavoitteelliseen työskentelyyn.

Diplomityö toteutettiin töiden ohessa, mikä on vaatinut paljon joustavuutta esimieheltä ja kollegoilta. Haluankin erikseen kiittää esimiestäni Jaakko Raikaata ja koko tiimiä; teidän ansiosta minulla on ollut mahdollisuus keskittyä opinnäytetyön kirjoittamiseen.

Viimeiseksi haluan kiittää puolisoani Anttia, perhettä ja ystäviäni. Kiitos rakas Antti kaikesta tuesta ja kannustuksesta näiden vuosien aikana. Erityiskiitos kuuluu myös siskolleni Kaylinille diplomityön oikolukemisesta ja kannustuksesta. Opintojen suorittaminen on ollut pitkä ja vaativa taival, enkä olisi selvinnyt siitä ilman mahtavia koulukavereita, kiitos teille!

Espoo 24.5.2019



Greete Ani

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo.....	1
Lyhenteet.....	2
1 Johdanto.....	4
1.1 Tutkimuksen tausta.....	5
1.2 Aikaisemmat tutkimukset.....	6
1.3 Tutkimusongelmat.....	7
1.4 Tutkimusmenetelmät ja työn kulku.....	8
1.5 Tutkimuksen rajaaminen.....	9
1.6 Tutkimuksen tavoitteet.....	10
2 Toiminnanvarmistuksen nykytilanne.....	11
2.1 ToVa-toiminnan tarjoamat hyödyt.....	11
2.2 ToVa-prosessin käyttöönoton haasteet.....	18
3 Toiminnanvarmistusprosessi.....	22
3.1 Hallinta ja vastuunjako.....	23
3.2 Tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheen toiminnanvarmistus.....	24
3.3 Suunnitteluvaiheen toiminnanvarmistus.....	27
3.4 Rakentamisvaiheen toiminnanvarmistus.....	33
3.5 Luovutuksen ja takuuajan toiminnanvarmistus.....	40
3.6 Jatkuva toiminnanvarmistus.....	41
4 Ympäristösertifikaattien ToVa-vaatimukset.....	43
4.1 LEED.....	44
4.2 BREEAM.....	50
4.3 RTS-ympäristöluokitus.....	56
5 Laajennettu laadunvarmistuksen toimintamalli.....	61
5.1 Taloteknisen valvonnan tehtävät.....	61
5.2 Ympäristösertifikaattien ToVa-vaatimusten vertailu.....	65
5.3 Cx-laadunvarmistusprosessi.....	65
6 Johtopäätökset.....	71
6.1 Jatkotutkimustarpeet.....	72
6.2 Tutkimuksen luotettavuus.....	72
7 Yhteenveto.....	73
Liitteet	

Lyhenteet

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Yhdysvaltalainen LVI lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtoinsinöörien yhdistys.
BD+C	LEED 4.1 version luokitusjärjestelmä uudisrakennuksille ja kattaville korjaushankkeille. (Building Design and Construction)
BCA	Yhdysvaltain toiminnanvarmistusyhdistys. (The Building Commissioning Association)
BOD	Suunnitteluperusteet (Basis of Design) on asiakirja, johon on kirjattu hankkeen konsepti, laskelmat, tehdyt päätökset, sekä materiaalivalinnat, joiden avulla hanke voidaan toteuttaa tilaajan esittämien vaatimusten mukaisesti, sekä varmistaa että hankkeessa noudatetaan asetettuja vaatimuksia ja ohjeita.
BREEAM	Iso-Britanniassa kehitetty rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmä. (British Research Establishment Environmental Assessment Method)
CA, CxA	Toiminnanvarmistusvastaava, ToVa-vastaava (Commissioning Authority) on hankkeen tilaajan nimeämä henkilö/organisaatio, joka johtaa, suunnittelee ja koordinoi toiminnanvarmistusprosessia läpi koko hankkeen. Suomessa TATE-valvonnan ja ToVa-tehtävien kokonaisuudesta voidaan käyttää termiä CxA.
CD	Urakka-asiakirjat (Construction Documents) on suunnittelu- perusteiden pohjalta laadittu suunnittelukokonaisuus, mikä pitää sisällään alustavat TATE-suunnitelmat, järjestelmäkuvaukset ja hankkeen toteutussuunnitelman.
CP	Toiminnanvarmistussuunnitelma (Commissioning Plan) on suunnitelma, jossa esitetään hankkeen toiminnanvarmistuksen organisointi, resurssit, sekä allokoidaan toimintoihin käytettävissä olevat resurssit.
ID+C	LEED 4.1 version luokitusjärjestelmä sisätiloille ja toimitilamutoksille. (Interior Design and Construction)
ND	LEED 4.1 version luokitusjärjestelmä uusien ja olemassa olevien alueiden kehittämishankkeille. (Neighborhood Development)
NIBS	National Institute of Building Science. Yhdysvaltalainen rakennustieteellinen yhdistys.

O+M	LEED 4.1 version luokitusjärjestelmä korjaushankkeille tai olemassa oleville rakennuksille. (Building Operations and Maintenance)
OPR	Tilaaajan tavoitteet (Owner's Project Requirements) on asiakirja, joka pitää sisällään tilaaajan asettamat vaatimukset ja tavoitteet hankkeen toteuttamiseksi. Asiakirjaan on merkitty hankkeen tavoitteet, rakennuksen mitattavien toimivuuden parametrien tavoitearvot, budjetti ja muut oleelliset ohjeet tilaaajan mahdollisista vaatimuksista.
TATE	Lyhenne talotekniikasta, johon kuuluvat kaikki rakennuksen tekniset järjestelmät.
ToVa, Cx	Toiminnanvarmistus (Building Commissioning) on laadunvarmistusprosessi rakennuksen toimivuuden ja energiatehokkuuden varmistamiseksi. Toiminnanvarmistusprosessissa dokumentoidaan tilaaajan asettamat vaatimukset, rakennuksen järjestelmien toimivuus- ja energiatehokkuusvaatimukset, sekä hankkeen osapuolien laatimat suunnitelmat ja toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi.
ToVa/TATE-valvoja	Toimintamallissa käytetty lyhenne tilaaajan nimeämästä henkilöstä, joka vastaa hankkeen toiminnanvarmistajan (CA) tehtävistä ja perinteisen TATE-valvojan tehtäväluettelon mukaisista tehtävistä.

1 Johdanto

Kestävä rakentaminen huomioi rakentamisen ja rakennuksen taloudelliset, ekologiset, kulttuuriset ja sosiaaliset vaikutukset. Tavoitteena on tuottaa kestäviä, energiatehokkaita, sekä ympäristöystävällisiä rakennuksia. Hyvin suunniteltu ja toteutettu rakennus on turvallinen, viihtyisä, muuntojoustava, helppohoitoinen ja hyvin arvonsa säilyttävä.¹ Yhtenä merkittävänä tekijänä rakennuksen energiatehokkaan toimivuuden kannalta on sen talotekniset järjestelmät ja niiden toimivuus. Kuvassa 1 on kiteytetty kestävä rakentamisen osiot ja niiden keskeiset sisällöt.



Kuva 1. Kestävän rakentamisen osa-alueet²

Valitettavan usein rakennusten toimivuudessa on kuitenkin puutteita, suunnitellut ominaisuudet kuten sisäilmasto ja energiatehokkuus eivät saavuta niille asetettuja tavoitteita.^{3,4} Jopa uudistuotannossa havaitaan merkittäviä virheitä, joista voi aiheutua monenlaista haittaa omistajalle sekä käyttäjille. Haitat voivat olla taloudellisia tai laadullisia. Pahimmassa tapauksessa rakennuksen sisäilmasto on käyttäjien terveydelle haitallinen. Tällaisten virheiden estämiseksi yksi toimiva menettely on toiminnanvarmistusprosessi

¹ RT Kestävä rakentaminen, <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/>

² SYKLI 2013 Näkökulmia kestäväan rakentamiseen

³ de Wilde, P. 2014 The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation, Automation in Construction s.40-49

⁴ Demanuele, C. Tweddell, T. & Davies, M. 2010. Bridging the Gap Between Predicted and Actual Energy Performance in Schools

(ToVa, Cx). Tällä prosessilla varmistetaan tilaajan tavoitteiden dokumentointi, suunnittelutavoitteiden määrittely ja se, että rakennus toimii suunnitellusti ja vastaa asetettuja tavoitteita.

Taloteknisen (TATE) valvonnan tärkein tavoite on rakennusten teknisten järjestelmien laadun ja toimivuuden varmistaminen. ToVa on menetelmä, jolla varmistetaan hankkeen alussa asetettujen tavoitteiden toteutuminen, sekä rakennuksen toimivuus parhaimmillaan koko sen elinkaaren ajan. Näin ollen ToVa-toiminta varmistaa sen, että jo rakennushankkeen suunnitteluperusteista lähtien projektin tavoitteet ovat selkeät ja vaatimukset on esitetty kirjallisessa muodossa. Talotekninen valvonta, joka sisältää toiminnanvarmistusprosessin parantaa merkittävästi rakennuksen elinkaaren aikaista energiatehokkuutta sekä rakennushankkeen mutkatonta etenemistä, ja näin ollen tuo lisäarvoa tilaajalle ja rakennuttajalle. Rakennuksen käyttökustannusten laskun lisäksi toiminnanvarmistusprosessi selkeyttää hankkeen kulkua ja varmistaa laadunvarmistuksen toteutumisen. Jatkuvan toiminnanvarmistamisen ansiosta järjestelmät toimivat optimaalisesti ja mahdolliset ongelmat järjestelmien toimivuudessa huomataan varhaisessa vaiheessa. Keskeisenä osana ToVa-prosessia on käyttöhenkilökunnan koulutus, mikä edesauttaa rakennuksen ja sen järjestelmien pitkää käyttöikä ja energiatehokasta käyttöä.

1.1 Tutkimuksen tausta

Toiminnanvarmistus on yksi tehokkaimmista tavoista varmistaa, että rakennus vastaa sille asetettuja energiatehokkuustavoitteita ja toimii tavoitteiden mukaisesti läpi sen elinkaaren⁵. Toiminnanvarmistuksen käyttöönotto on toteutunut eri maissa vaihtelevalla menestyksellä. Yhdysvalloissa ja Iso-Britanniassa toiminnanvarmistaminen on melko yleinen käytäntö, kun taas Suomessa toiminnanvarmistusta pidetään enemmän osana ympäristösertifikaattihankkeita, ei niinkään yleisenä käytäntönä rakentamisessa. Tutkielman tavoitteena on kerätä kansainvälisistä lähteistä hyvä kokonaiskuva toiminnanvarmistusprosessista ja sen toimenpiteistä. Toisena tavoitteena on selvittää, millaisia haasteita toiminnanvarmistuksen käyttöönottoon liittyy ja miksi se ei ole saanut Suomen rakentamisteollisuudessa ansaitsemaansa huomiota. Kolmantena tavoitteena on selvittää, millaisia hyötyjä toiminnanvarmistus tarjoaa hankkeen tilaajalle ja käyttäjille, sekä projektin muille osallisille.

Talotekninen valvonta, laadunvarmistus ja vastaanottomenettely ovat hyvin ohjeistettuja, ja niiden suorittamiseen on julkaistu rakennustiedon RT-kortit⁶. Toiminnanvarmistuksesta on julkaistu ToVa-käsikirja 2007⁷, mutta muuta virallista kansallista ohjeistusta, puhumattakaan virallisesta tehtäväluetteloista, ei aiheesta ole julkaistu. Energiatehokkaiden rakennusten ja ympäristösertifioitujen hankkeiden määrä on kasvussa, joten toiminnanvarmistus prosessina tulee väistämättömästi myös Suomessa yleistymään. Yleisesti voidaan sanoa, että ympäristöluokituksen saanut rakennus on käynyt läpi vähintään perustason toiminnanvarmistusprosessin. Tämä diplomityöaihe syntyi tarpeesta kehittää yhtenäinen toimintamalli, jossa talotekninen valvonta, laadunvarmistus ja toiminnanvarmistus yhdistyvät yhdeksi prosessiksi. Toiminnanvarmistamisen lisääminen osaksi jokapäiväisten hankkeiden laadunvalvontaa, tuo lisäarvoa rakennuksen omistajalle, käyttäjälle ja

⁵ Mills, E. 2009 Building Commissioning: A Golden Opportunity for Reducing Energy Costs and Greenhouse Gas Emissions s. 429-435

⁶ Rakennustieto 2013 RT16-11123, 2018 RT10-11301, 2018 RT10-11302

⁷ VTT 2007 ToVa-käsikirja

muille hankkeen osallisille. Taloudellisten etujen ja hankkeen selvyuden lisäksi toiminnanvarmistus tekee rakennuksesta ympäristöystävällisemmän.

1.2 Aikaisemmat tutkimukset

Suomessa toiminnanvarmistus ei ole hyvän rakentamistavan mukainen standardoitu käytäntö ja tutkimustietoa aiheesta on saatavilla melko suppeasti. Yksi kattava teos on julkaistu vuonna 2007; VTT:n julkaisema ToVa-käsikirja, joka kuvaa hyvin koko toiminnanvarmistusprosessin energiatehokkuuden ja sisäilmaston näkökulmasta. Tässä työssä ToVa-käsikirja on keskeisessä roolissa Suomen ToVa-käytäntöjen selvittämisessä. Kyseinen teos on yli 10 vuotta vanha tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa, joten sen ajantasaisuutta pitää arvioida kriittisesti. Mäkelä Ilkka⁸ tutki diplomityössään ympäristöluokitusjärjestelmän mukaisen toiminnanvarmistuksen soveltamista suomalaisessa uudisrakentamisessa. Työn rajauksena oli LEED ympäristösertifikaatti ja toiminnanvarmistusprosessi uudisrakentamisessa.

Kansainvälisellä tasolla toiminnanvarmistus on laajemmin käsitelty aihe, ja etenkin viimeisen vuosikymmenen aikana on julkaistu useita tutkimuksia, jotka käsittelevät toiminnanvarmistamisen tarjoamia hyötyjä. Toinen keskeinen aihe julkaistuissa tutkimuksissa on toiminnanvarmistuksen edut rakennuksen energiatehokkuuden ja päästöjen näkökulmasta.^{9,10} Myös jatkuvan käytönaikaisen toiminnanvarmistuksen kannattavuutta on tutkittu.^{11,12} Yksi keskeisimmistä kysymyksistä toiminnanvarmistuksen saralla on sen todelliset vaikutukset rakennuksen energiatehokkuuteen, ja sen seurauksena vaikutukset pitkäaikaisiin kustannussäästöihin. Coyner ja Kramer¹³ tarkastelivat toiminnanvarmistamisen tarjoamia hyötyjä pitkällä aikavälillä. Tutkimus osoitti, että voimakas kilpailutilanne rakennusteollisuudessa on vaikuttanut toiminnanvarmistusprosessin hitaaseen implementaatioon. Hitaasta käyttöönotosta huolimatta tutkimus osoitti, että erityisesti tietyn tyyppisissä rakennuksissa toiminnanvarmistus voi tarjota huomattavia etuja.

Mills E.¹⁴ tutkimuksen mukaan toiminnanvarmistus on kiistatta kustannustehokkain ratkaisu rakennuksen energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Mills myös korosti, että vaikka toiminnanvarmistus ei ole saanut ansaitsemaansa huomiota, on prosessilla valtavasti potentiaalia. Wang et al.¹⁵ tutkivat LVI-järjestelmien toiminnanvarmistuksen tarjoamia hyötyjä. Tutkimuksen mukaan toiminnanvarmistamisella

⁸ Mäkelä I. 2018 Diplomityö: Ympäristöluokitusjärjestelmän mukaisen toiminnanvarmistuksen soveltaminen suomalaisessa uudisrakentamisessa

⁹ Mills E. 2011 Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States.

¹⁰ Lord S-F et al. 2016 Comparative review of building commissioning regulation: a quality perspective.

¹¹ Wang L. et al. 2013 Monitoring-based HVAC commissioning of an existing office building for energy efficiency

¹² Djuric N. ja Vojislav N. 2009 Review of possibilities and necessities for building lifetime commissioning.

¹³ Coyner R. C. ja Kramer P. W. 2017 Long Term Benefits of Building Commissioning: Should Owners Pay the Price?

¹⁴ Mills E. 2009 Building commissioning: A golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse-gas emissions.

¹⁵ Wang L. et al. 2013 Monitoring-based HVAC commissioning of an existing office building for energy efficiency.

voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä optimoimalla LVI-järjestelmien toimivuutta jatkuvalla monitoroinnilla. Ferretti et al.¹⁶ käsittelevät artikkelissaan kansainvälisen energiajärjestön (IEA) julkaisemien annex 40 ja annex 47 vaikutuksia toiminnanvarmistustyökalujen ja kansainvälisten ohjeiden laadintaan. Tutkimuksessa arvioitiin myös toiminnanvarmistuksen tämänhetkinen tilanne, käyttöönoton haasteet sekä tuotiin ilmi prosessin tarjoamat hyödyt. Kim ja Altan¹⁷ laatiman artikkelin mukaan LVI-järjestelmien toiminnanvarmistus on yksi tehokkaimmista prosesseista minimoida rakennuksen energiankulutus ja pienentää suunnitellun ja todellisen energiankulutuksen välisiä eroja. Tutkimus osoitti, että rakennuksen energiankulutusta on mahdollista vähentää jopa 20-40%. Toiminnanvarmistuksen avulla voidaan havaita ja korjata mahdolliset puutteet taloteknisissä järjestelmissä jo aikaisessa vaiheessa.

1.3 Tutkimusongelmat

Taloteknisen valvonnan ja laadunvarmistuksen suorittamiseksi Suomessa sovelletaan ympäristöministeriön laatimia asetuksia, rakennusurakan yleisiä sopimusehtoja (YSE 1998) sekä Rakennustiedon julkaisemia ohjeistuksia. Taloteknisen valvonnan ohjeistukset ovat kattavia ja niitä tulee noudattaa hyvän rakentamistavan mukaisessa rakentamisessa. Toiminnanvarmistusprosessi on melko tunnettu Suomessa, vaikka sen ohjeistuksessa on vielä runsaasti puutteita. Suomessa ei ole kansallista käytäntöä toiminnanvarmistusprosessin suorittamiseksi, mikä on keskeinen syy siihen miksi toiminnanvarmistus ei ole rakennusalalla vakiintunut toimintatapa. Ensimmäinen tutkimusongelma on selvittää, voidaanko TATE-valvonnasta, laadunvarmistuksesta ja toiminnanvarmistuksesta koota yksi yhtenäinen toimintamalli. Toimintamallin tarkoituksena on laajentaa perinteisen TATE-valvonnan kokonaisuutta ja samalla parantaa rakennushankkeen laadunvarmistusta. Tutkimuskysymys on: Voidaanko eri laadunvarmistusprosessit yhdistää yhteen toimintamalliin?

Toiminnanvarmistus on edellytyksenä, tai siitä saa lisäpisteitä ympäristösertifikaattihankkeissa. Tässä työssä käsitellään toiminnanvarmistuksen näkökulmasta ympäristösertifikaatit LEED, BREEAM ja RTS-ympäristöluokitus. Jokaisella näistä on useampia tasoja luokituksissa ja niiden saavuttamiseksi on täytettävä eri vaatimukset. Tässä osiossa tutkimusongelmana on se, miten eri luokkien ja sertifikaattien väliset erot saadaan lueteltua niin, että vaatimukset olisivat esitettynä selkeästi ja niitä voisi vertailla. Tutkimuskysymys on: Voidaanko eri ympäristösertifikaattien toiminnanvarmistusvaatimukset esittää vertailukelpoisessa muodossa?

Kansainvälisellä tasolla toiminnanvarmistus on saavuttanut vakiintuneen aseman rakentamisessa. Edelläkävijämaina voidaan pitää Yhdysvaltoja ja Iso-Britanniaa, joissa ToVa-toiminnan tueksi on perustettu järjestöjä ja ohjeistuksia. VTT julkaisi ToVa-käsikirjan 2007, mutta toiminnanvarmistus ei ole edelleenkaan Suomessa yleinen käytäntö. Tämän työn keskeinen tutkimuskysymys onkin, miksi toiminnanvarmistus ei ole saavuttanut Suomessa ansaitsemaansa huomiota?

Tieteelliset tutkimukset ovat osoittaneet, että ToVa-prosessin avulla voidaan tehostaa rakennuksen energiankulutusta ja näin ollen laskea ylläpito ja -käyttökustannuksia. Yhtenä

¹⁶ Ferretti M. et al. 2018 A retrospective on the impact of Annex 40 and Annex 47 research on the international state of building commissioning.

¹⁷ Kim K. Y. ja Altan H. 2018 Analysis of energy reduction through HVAC commissioning: A case study of a LEED certified new building.

tavoitteena on koota hyvä kokonaiskuva millaisia energiasäästöpotentiaaleja, sekä ylläpitokustannusvähennyksiä toiminnanvarmistuksella voidaan saavuttaa. Tähän osaan liittyy olennaisesti myös ToVa-prosessin kustannusten arvioiminen. Kustannuksien ja säästöjen rinnakkain asetelun tarkoituksena on esittää selkeällä tavalla toiminnanvarmistuksen edut rakennushankkeissa. Aineiston tarkoituksena on edistää toiminnanvarmistuksen asemaa osana rakennushankkeiden laadunvarmistusprosessia.

Tämän diplomityön tarkoituksena on toimia perustana toimintamallille, jossa toiminnanvarmistus on osansa taloteknistä valvontaa ja laadunvarmistusprosessia. Toimintamallia sovelletaan uudistuotannon ja korjaushankkeiden valvonnan ja laadunvarmistuksen toteuttamisessa tilaajayrityksessä. Toimintamallin käytön tueksi laaditaan malliasiakirjoja, lomakkeita ja tarkastuslistoja. Näiden työkalujen sisältövaatimukset ja laadintaprosessi jäävät tämän diplomityön ulkopuolelle.

1.4 Tutkimusmenetelmät ja työn kulku

Ensimmäisen johdantoluvun jälkeen tutkitaan toiminnanvarmistusprosessin hyötyjä ja käyttöönottoon liittyviä haasteita. Vallitsevan käsityksen mukaan ToVa-prosessilla voidaan saavuttaa monia hyötyjä rakennushankkeessa. Luvun ensimmäisessä osassa syvennytään kansainvälisiin tutkimuksiin, jotka käsittelevät prosessin hyötypotentiaaleja. Toiminnanvarmistus on otettu käyttöön eri maissa vaihtelevalla menestyksellä, joten on tärkeää selvittää, mitkä ovat toiminnanvarmistuksen suurimmat haasteet. Luvun toisessa osassa keskitytään erityisesti prosessin käyttöönoton haasteisiin kansallisella tasolla. Tältä osin ei juurikaan ole saatavilla Suomessa julkaistua aineistoa, joten tilannetta arvioidaan haastatteleamalla alalla pitkään toimineita asiantuntijoita.

Kolmannessa luvussa käsitellään toiminnanvarmistusprosessia ja sen eri vaiheita. Prosessikuvauksessa on hyödynnetty kansainvälisiä toiminnanvarmistusohjeistuksia ja muuta tieteellistä kirjallisuutta aiheesta. Ensisijaisena aineistona tässä kappaleessa on käytetty ToVa-käsikirjaa, ASHRAE-käsikirjaa¹⁸ ja NIBS Ohjetta 3-2012¹⁹. Tämän luvun tarkoitus on esittää toiminnanvarmistusprosessin pääkohdat ja keskeisimmät toimenpiteet. Prosessikuvauksessa pyritään antamaan kattava kuva ToVa-vastaavan roolista ja vastuista osana hankkeen laadunvarmistuksen työryhmää.

Neljännessä luvussa selvitetään kirjallisuuskatsauksen avulla eri ympäristösertifikaattien toiminnanvarmistusta koskevat vaatimukset ja keskeiset erot. Ympäristösertifikaateista tutkimukseen sisällytettiin kansainvälisesti tunnetuimmat ja käytetyimmät LEED ja BREEAM, ja kotimainen RTS-ympäristöluokitus. Jokaisella ympäristöluokituksella on useampia luokituksia ja tasoja, joiden pisteytyksissä on eroja. Tässä työssä käsitellään uudis- ja korjausrakentamista koskevat toiminnanvarmistuksen osiot. Työn laajuuden takia muilta osin ympäristösertifikaattien vaatimuksia ei käsitellä.

Viidennessä luvussa muodostetaan pohja toimintamallille, jossa talotekninen valvonta ja toiminnanvarmistus ovat keskeisenä osana rakentamisen laadunvarmistusprosessia. Toimintamallin rakenne on kronologinen. Prosessi alkaa hankesuunnitteluvaiheesta ja päättyy käytönaikaiseen jatkuvaan toiminnanvarmistamiseen. Luvun ensimmäinen osa kes-

¹⁸ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning s. 43.1-43.12

¹⁹ NIBS 2012 Guideline 3-2012 Building Enclosure Commissioning Process BECx

kittyy taloteknisen valvonnan prosessiin ja siihen liittyviin tehtäviin. Toisessa osassa arvioidaan ympäristösertifikaattien vertailukelpoisuutta ja sisällyttämistä osaksi laadittavaa toimintamallia. Kolmannessa osassa yhdistetään valvonnan, laadunvarmistuksen ja toiminnanvarmistuksen tehtävät, niin että prosessista saadaan toiminnanvarmistuksen vaatimukset täyttävä laadunvarmistusprosessi. Merkittävä osa toimintamallin laadintaprosessissa on asiantuntijahaastattelut. Taloteknisen valvonnan toteuttaminen vaatii syvää teknistä osaamista, joten eri alojen asiantuntijoiden arviot ja mielipiteet toimintamallista ovat välttämättömiä. Työn aikataulusta johtuen, toimintamallin toimivuutta ei päästä pilotoimaan todellisessa projektissa, joten asiantuntija-arviot toimivat myös toimintamallin validoinnin perusteena.

Kuudennessa luvussa esitetään tutkimustyön tulokset ja niiden pohjalta laaditut johtopäätökset. Luvussa esitetään toimenpiteet, joiden avulla toiminnanvarmistuksen suosiota voitaisiin parantaa kotimaisessa rakentamisessa. Tärkeää on myös tuoda ilmi riippumaton näkemys prosessin kustannustehokkuudesta ja tarpeellisuudesta. Luvun lopussa esitellään vielä tarpeellisia jatkotutkimusaiheita. Viimeisessä luvussa on tiivis yhteenveto diplomityön keskeisestä sisällöstä ja tuloksista.

1.5 Tutkimuksen rajaaminen

Tutkimusalue koostuu kolmesta asiakokonaisuudesta;

- Rakennustiedon julkaisemat ohjeet ja ympäristöministeriön asetukset koskien taloteknistä valvontaa ja laadunvarmistusta,
- ToVa-käsikirja, kansainväliset standardit, tieteelliset artikkelit ja opinnäytetyöt toiminnanvarmistamisesta,
- ja ympäristösertifikaattien LEED, BREEAM ja RST-ympäristöluokituksen ohjeet.

Tutkimusaineisto on laaja, joten osa kokonaisuuksista käsitellään melko suppeasti. Rakennustiedon ohjeistukset ja ympäristöministeriön asetukset, käsitellään siltä osin, kun se on työn kokonaisuuden kannalta olennaista. Taloteknisen valvonnan tehtävien yksityiskohtiin tai järjestelmävaatimuksiin ei syvennyttä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on antaa hyvä yleiskuva toiminnanvarmistusprosessista ja sen soveltuvuudesta suomalaisessa rakentamisessa, sekä selkeyttää ympäristösertifikaattien asettamia toiminnanvarmistusta koskevia vaatimuksia. Koska Suomessa ei ole yhtenäistä ohjeistusta toiminnanvarmistusprosessista, on prosessikuvaus esitettävä mahdollisimman kattavasti. Laajaa tietämystä prosessista tarvitaan, jotta lopputuloksena laadittava toimintamalli olisi mahdollisimman käyttökelpoinen. Tarkoituksena on hyödyntää jo olemassa olevaa ohjeistusta taloteknisen laadunvarmistuksen ja valvonnan suorittamisesta.

Ympäristösertifikaatit ovat keskeinen toiminnanvarmistusprosessin implementaatiota edistävä tekijä, joten niiden käsitteleminen on kokonaisuuden kannalta olennaista. Ympäristösertifikaatit ovat tänä päivänä tarkasti määriteltyjä prosesseja ja eri tyyppisille hankkeille on asetettu erilaisia vaatimuksia. Yksistään ympäristösertifikaateista voisi kirjoittaa erillisen diplomityön, joten työn laajuus huomioon ottaen ympäristösertifikaatit käsitellään melko pintapuolisesti. Tutkimuksessa esitellään valikoitujen sertifikaattien

uudis- sekä korjausrakentamishankkeiden toiminnanvarmistusohjeet. Hankkeeseen ryhtyvän, on kuitenkin aina tarkastettava kyseistä hanketta ja sertifikaatti-tasoa koskevat ohjeet sertifikaatin tarjoajalta.

1.6 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen aihe syntyi tarpeesta luoda laatutyökalu, jonka avulla toiminnanvarmistus toteutetaan keskeisenä osana taloteknistä valvontaa ja laadunvarmistusprosessia. Tutkimuksen aikana selvitetään toiminnanvarmistuksen nykytilanne, haasteet sekä mahdollisuudet, joiden pohjalta laaditaan paras mahdollinen toimintamalli rakennusprojektien laajennetun valvonta- ja laadunvarmistustehtävien suorittamiseksi. Tavoitteena on koota monikäyttöinen ja kattava toiminatamalli, joka huomioi ympäristösertifikaattien asettamat vaatimukset. Tilaajayrityksessä toimintamallin pohjalta laaditaan tarvittavat asiakirjat, tarkastuslistat ja työkalut prosessin suorittamiseksi.

Toiminnanvarmistuksen päätavoitteet, jotka tulisi täyttää laajennetussa valvonnan ja laadunvarmistuksen toimintamallissa.

- Varmistetaan tilaajan ja käyttäjien tarpeiden toteutuminen
- Laadunvarmistustoimenpiteet, -suunnitelmat ja -ohjeet sekä toimivuuden testauksesta saadut tulokset kirjataan ja arkistoidaan hankkeen dokumentointikäytäntöjen mukaisesti.
- Varmistetaan yksittäisten laatu järjestelmien toiminta yhdessä jo suunnitteluvaiheessa, jolloin havaittuihin ongelmiin voidaan puuttua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.
- Räätelöity ja oikeanlainen tiedonkulku ilman katkoksia. Varmistetaan, että tilaajan, toteuttajan, suunnittelijoiden, valvojen, TATE-urakoitsijoiden ja viranomaisten välinen kommunikointi on saumatonta ja palvelee hankkeen tavoitteita.
- Palvelee kiinteistöä myös käytön aikana seuraamalla ja monitoroimalla rakennuksen toimintaa ja energiankulutusta.

Toimiva ja ympäristöystävällinen rakennus tuo lisäarvoa omistajalle ja käyttäjille, minkä lisäksi se pienentää ympäristölle aiheutuvaa kuormitusta. Tavoitteena on laatia kattava teos, jossa syvennyttään toiminnanvarmistukseen ja talotekniseen laadunvarmistukseen, niin että lukija saa hyvän kokonaiskuvan prosessista ja sen tarjoamista hyödyistä. Tietoisuuden lisäämisellä pyritään edistämään prosessin vakiintumista luonnollisena osana taloteknistä laadunvarmistusta Suomessa.

2 Toiminnanvarmistuksen nykytilanne

Toiminnanvarmistus on ollut prosessina käytössä jo usean vuosikymmenen ajan. Suomeksiakin toiminnanvarmistus on mukana yhä useammassa hankkeessa. Tässä luvussa syvennytään saatavilla olevaan tieteelliseen aineistoon toiminnanvarmistuksen todennetuista hyödyistä sekä prosessin vakiinnuttamisen suurimmista haasteista. Ensimmäinen osio perustuu täysin kirjallisuuskatsaukseen, jotta todennetuista hyödyistä voidaan antaa mahdollisimman kattava kuva. Toinen osio keskittyy toiminnanvarmistuksen käyttöön-oton haasteisiin ja tässä osiossa lähteenä on käytetty alan asiantuntijoiden haastatteluja. Tämän tutkimuksen kannalta on erityisen olennaista selvittää mahdolliset ToVa-prosessin haasteet, joita esiintyy kotimaisessa rakentamisessa. Toiminnanvarmistuksen tilasta, saati haasteista ei ole kotimaista tutkimustietoa saatavilla, joten asiantuntijahaastattelut on luotettavin tutkimusmenetelmä tämän aiheen selvittämiseen.

2.1 ToVa-toiminnan tarjoamat hyödyt

Toiminnanvarmistus on prosessi, jonka keskeisinä tavoitteina on varmistaa rakennuksen tehokas käyttö, tilaajan asettamien vaatimusten toteutuminen ja rakennustyön laatu. ToVa-prosessin ansiosta rakennuksen energiatehokkuus paranee, joka puolestaan laskee käyttökustannuksia pitkällä aikavälillä. Toiminnanvarmistuksen myötä varmistetaan, että rakennuksen käyttäjät sekä huoltohenkilökunta ovat saaneet sopimusasiakirjojen mukaisen käyttökoulutuksen ja tarpeelliset tiedot rakennuksen energiatehokasta ylläpitoa varten.

Syyt miksi rakennushankkeessa on päätetty käyttää toiminnanvarmistusprosessia vaihtelevat hankekohtaisesti. Esimerkiksi teknisesti vaativien ja monimutkaisten kohteiden kuten tuotantolinjojen tai data-keskusten tavoitteena on minimoida toiminnan keskeytykset. Toisinaan omistajalle on tärkeää, että rakennus toimii hyvin ja sen huoltamisesta koituu mahdollisimman vähän vaivaa. Usein omistajan ja käyttäjän tavoitteet liittyvät rakennuksen energiatehokkuuteen ja hyvään sisäilmastoon. Karkeasti voidaan sanoa, että seuraavat tavoitteet ovat tyyppillisesti vaikuttaneet siihen, että rakennushankkeessa on toteutettu toiminnanvarmistusprosessi: ²⁰

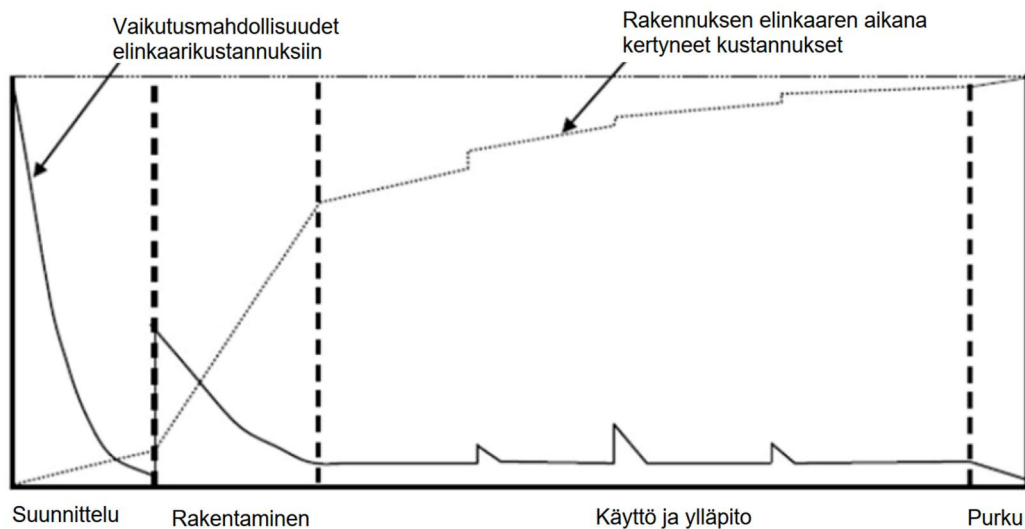
- tilaajan vaatimus
- teknisesti toimiva rakennus
- energia ja vesitehokkuus
- ympäristösertifikaatti tai -luokitus
- rakennushankkeen selkeys
- kustannustehokas ja vähän resursseja vaativa ylläpito
- sisäiset ympäristöystävällisyshankkeet
- tarve varmistaa tilaajan vaatimusten toteutuminen

Yksi merkittävimmistä toiminnanvarmistusta edistävästä tekijöistä on rakennusten ympäristöluokitukset. Ympäristösertifikaattien tarkoituksena on varmistaa, että rakennus on mahdollisimman energiatehokas, ympäristö- ja käyttäjäystävällinen sekä teknisesti toimiva. On siis ymmärrettävää, että toiminnanvarmistus on keskeisenä osana ympäristösertifioitua rakennushanketta. Tilaajan kannalta on ensisijaisen tärkeää, että hintavat ja

²⁰ Whole Building Design Guide NIBS Drivers <https://www.wbdg.org/building-commissioning>

monimutkaiset talotekniset järjestelmät on suunniteltu ja toteutettu hyvää rakentamista-paa noudattaen. Laadunvarmistus voi yksistään olla riittävä argumentti investoida toiminnanvarmistukseen.²¹

Kuvassa 2 on kuvattu rakennuksen elinkaarikustannusten kertyminen ja vaikutusmahdollisuudet kustannuksiin. Mustalla viivalla on havainnoitu vaikutusmahdollisuudet rakennuksen elinkaarikustannuksiin hankkeen eri vaiheissa. Pisteviivalla on havainnoitu kuinka rakennuksen elinkaarikustannukset kertyvät rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa. Kuten kuvasta voimme todeta, rakennuksen elinkaarikustannuksien kannalta merkittävimmät ratkaisut tehdään aivan hankkeen alkumetreillä. Tästä syystä suunnittelun laatu ja tilaajan tavoitteiden varmistaminen heti hankkeen alussa on erittäin merkittävä tekijä rakennuksen elinkaarikustannusten kannalta.



Kuva 2. Rakennuksen elinkaarikustannukset²²

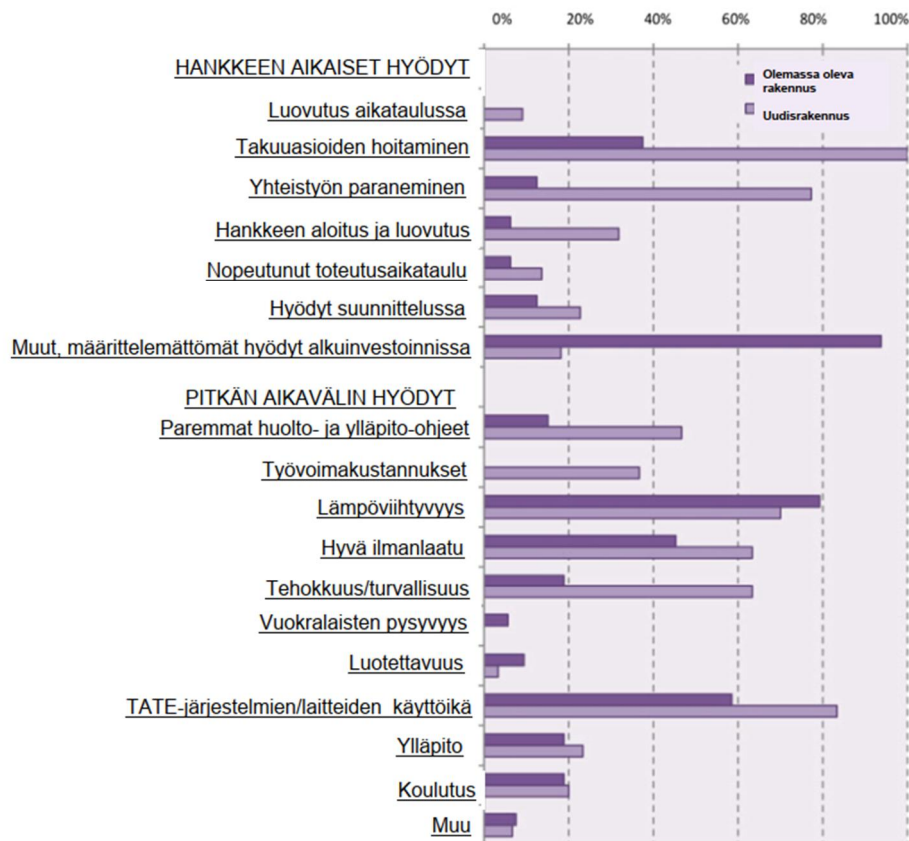
Rakennushankkeessa on tyypillisesti paljon osallisia, joten hankkeen käytäntöjen määrittäminen on tärkeää hankkeen onnistumisen kannalta. Kunkin osallisen rooli, vastuut ja valtuudet on määriteltävä mahdollisimman tarkasti, jotta ristiriidat ja väärinkäsitykset voidaan minimoida. Yksi vähän puhuttu, mutta erittäin tärkeä osa toiminnanvarmistusta on hankkeen dokumentointikäytäntö, jolla varmistetaan hankkeen selkeä toteutus. Toiminnanvarmistusdokumenttien avulla kaikki tarpeelliset vaatimukset, tehtävät ja vastuut on kirjattu ja osoitettu tietyille taholle. Hankkeen edetessä ja mahdollisten epäselvyyksien ilmetessä, voidaan sovitut asiat tarkastaa hankkeen alussa laadituista asiakirjoista. Selkeä tehtävien ja vastuiden määrittäminen varmistaa myös sen, ettei osa toiminnanvarmistukseen liittyvistä toimenpiteistä ja toimintakokeista jää tekemättä, sillä vaatimukset ovat urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden tiedossa jo ennen urakkatarjouksen antamista. Samalla vältetään tilanteelta, jossa aikataulupaineet menevät laadunvarmistuksen edelle.

Yhdysvalloissa tehdyn laajan tutkimuksen mukaan noin 90%:ssa hankkeista toiminnanvarmistuksen tärkeimpänä tavoitteena pidettiin energiatehokkuuden paranemista. Kyselyiden mukaan myös monet muut hyödyt koettiin erittäin tärkeiksi. Kyselyyn laajuus oli merkittävä; 178 korjaushanketta ja 34 uudisrakennusta. Kuvassa 3 on listattu tutkimuksen tuloksena selvitettyt keskeisimmät toiminnanvarmistusprosessin hyödyt. Uudisrakennus-

²¹ Whole Building Design Guide NIBS <https://www.wbdg.org/building-commissioning>

²² Slideplayer.fi Suomen Ympäristöopisto, Emma Mäki Elinkaariajattelu ja rakentaminen dia 27

hankkeissa energiatehokkuuden paranemisen jälkeen merkittävimpiä hyötyjä olivat takuuasioiden hoitaminen ja hankkeen osallisten välisen yhteistyön paraneminen. Samankaltaisia hyötyjä havaittiin myös olemassa olevien rakennusten korjaushankkeissa. Pitkän aikavälin, eli rakennuksen käytön aikana syntyvistä hyödyistä tärkeimpinä pidettiin sisäilmaston ja viihtyvyyden paranemista, sekä teknisten järjestelmien ja laitteiden pidempää käyttöikää.²³



Kuva 3. Tärkeimmät hyödyt ToVa-prosessista energiasäästöjen jälkeen²³

Rakennusteollisuudessa kustannukset ovat aina keskeisessä roolissa ja investoinnit on voitava perustella taloudellisesti. Tutkimusten mukaan toiminnanvarmistusprosessi laskee rakennuksen energiankulutusta ja tämän myötä käyttökustannukset alenevat. Erityisen kannattavaksi toiminnanvarmistusprosessin on todettu olevan suurissa ja teknisesti vaativissa rakennushankkeissa. Toisaalta on myös tilanteita, joissa olemassa oleva rakennus käy läpi toiminnanvarmistusprosessin ja kuluttaa sen jälkeen enemmän energiaa²⁴. Tällaisissa tapauksissa rakennuksen talotekniset järjestelmät ovat voineet olla niin huonosti mitoitettuja ja puutteellisia, että niiden tehoa on jouduttu kasvattamaan. Järjestelmien käytön tai kapasiteetin lisäyksen seurauksena rakennus on kuluttanut enemmän energiaa, mutta on toiminut paremmin ja sisäilmasto on parantunut merkittävästi. Kun vertaillaan toiminnanvarmistusprosessin tarjoamia säästöpotentiaaleja, tulee ottaa huomioon, ettei vertailukelpoisen aineiston esittäminen ole helppoa. Rakennustyypit, käyttäjämäärät ja toimintojen vaihtelevuus vaikuttavat rakennuksen kokonaiskuormiin ja energiankulutukseen, joten voidaan puhua ainoastaan keskimääräisistä kustannuksista ja säästöistä. Tämän lisäksi, on otettava huomioon, että toiminnanvarmistuksen laskennallisissa

²³ Mills E. 2011 Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States s.156

²⁴ Matti Sinisalo, Granlund Oy haastattelu 9.4.2019

tavoitteissa usein käytetään todellisesta käytöstä poikkeavia parametreja. Esimerkkinä tällaisesta on hanke, jossa todellinen käyttäjätiheys on korkeampi kuin on suunniteltu, mutta rakennuksen toimivuuden arvioinnissa käytetään suunnitelmissa määritettyä käyttäjätiheyttä. Todellinen käyttö ja olosuhteet voivat siis todellisuudessa parantaa tai heikentää testauksissa saatuja tuloksia.

Suurin ja kattavin tutkimus, joka on tehty toiminnanvarmistuksen hyötypotentiaaleista, kattoi 643 toimitila-, teollisuus-, palveluhanketta, yli 9 miljoona neliometriä ja 43 miljoonaa dollaria investointeja toiminnanvarmistukseen. Tutkimuksessa mukana olleet hankkeet sijoittuivat 26 Yhdysvaltain osavaltioon ja näin ollen erityyppisiin ilmastoihin.²⁵ Voidaan siis olettaa kyseisen tutkimuksen antavan hyvän ja luotettavan kuvan toiminnanvarmistuksen kustannuksista ja säästöpotentiaaleista. Tässä kappaleessa esitetyt kustannukset ja säästöt on esitetty vuoden 2009 USD valuuttakurssin arvon mukaisesti.

Keskimääräinen toiminnanvarmistusprosessin kustannus korjaushankkeissa oli \$49.000 ja uudisrakennuksissa \$87.000. Keskimääräinen kustannus per neliometri oli näin ollen korjaushankkeissa 3,2 \$/m² ja 12,5 \$/m². Korjaushankkeissa huomattiin, että mitä suurempi kohde oli pinta-alaltaan, sitä matalammat normalisoidut toiminnanvarmistuskustannukset olivat. Vaihtelu eri hankkeiden välillä oli huomattavan suurta. Uudishankkeiden osalta toiminnanvarmistuksen hinta korreloi hankkeen kokonaiskustannuksien kanssa. Uudiskohteissa hankkeen koolla ei todettu olevan niin suurta merkitystä toiminnanvarmistuksen neliöhintaan.²⁶ Suomessa rakentamisen laatutaso on korkea ja laadunvarmistustoimenpiteitä tehdään, vaikka hankkeessa ei olisi mukana ToVa-prosessia. Näin ollen oletettava toiminnanvarmistuksen neliökustannus on tyypillisesti pienempi. Esimerkiksi 10 000 m²:n uudisrakennuksen toiminnanvarmistuskustannus on LEED hankkeessa arviolta 3-6€ neliometriä kohden²⁷.

Kuvassa 4 on esitetty 332 korjaushankeen ja 74 uudishankeen toiminnanvarmistuksen neliökustannukset projektin pinta-alan funktiona. Koska kyseessä on yhdysvaltalainen tutkimus, tulokset on ilmoitettu muodossa (\$/ft²). Vertailun helpottamiseksi kustannukset per neliometri voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$x_{\frac{\$}{m^2}} = 10,76 \frac{ft^2}{m^2} * x_{\frac{\$}{ft^2}} \quad (1)$$

, jossa

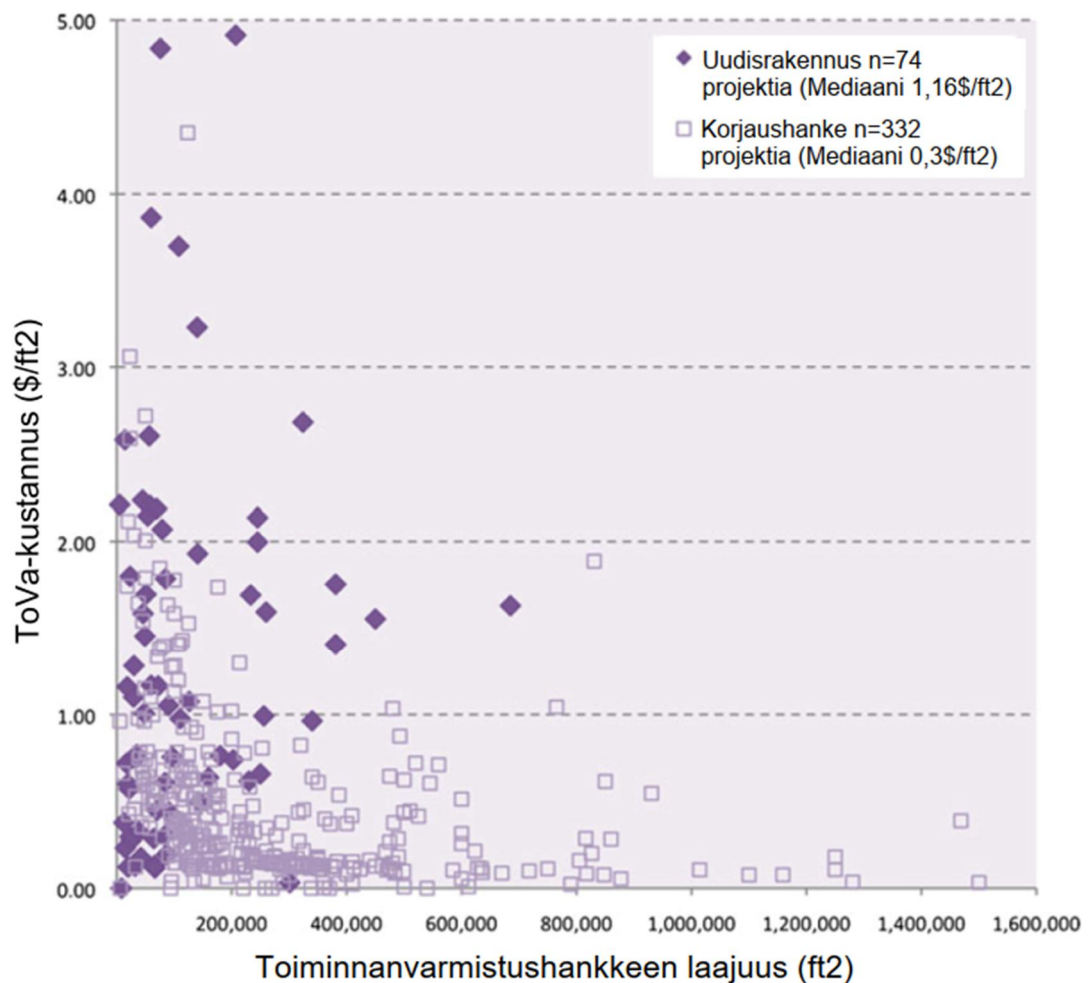
x = ToVa-kustannus per neliöjalka

$x_{\frac{\$}{m^2}}$ = ToVa-kustannus per neliometri

²⁵ Mills E. 2011 Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States s.152

²⁶ Mills E. 2011 Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States s.155

²⁷ Matti Sinisalo Group Manager Granlund Oy haastattelu 17.5.2019

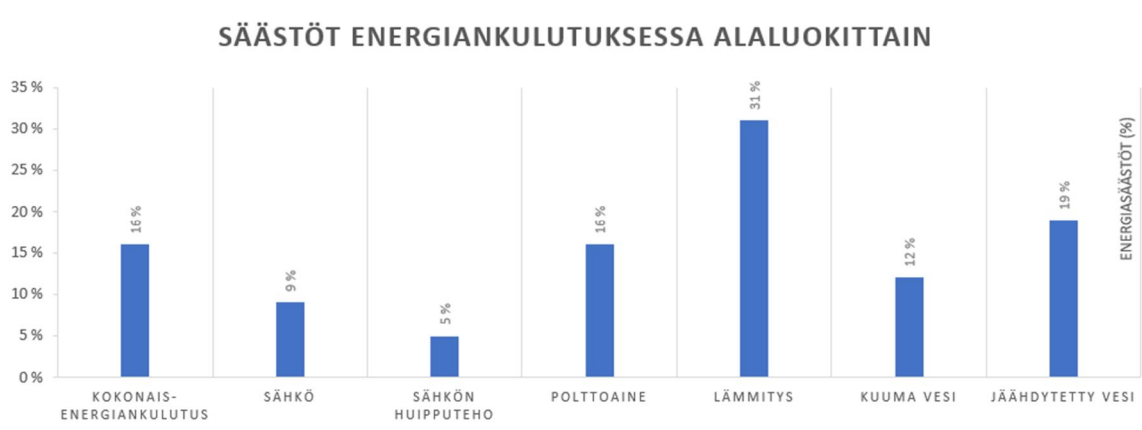


Kuva 4. ToVa-neliökustannukset hankkeen laajuuden funktiona²⁸

Korjaushankkeiden osalta energiankulutusta verrattiin ennen ja jälkeen hankkeen toteutusta. Vertailun mukaan kokonaisenergiankulutus laski keskimäärin 16%. Lämpöenergiankulutuksessa oli merkittävimmät hyödyt ja keskimääräisesti korjaushankkeiden lämpöenergiankäyttö laski lähes kolmanneksen toiminnanvarmistusprosessin ansiosta. Keskimääräinen sähkön kulutus laski 9% ja huipputehon tarve laski 5%, vaikka huipputehon tarvetta ei tietoisesti pyritty laskemaan. Uudistuotannon osalta arvioitiin ainoastaan rakennuksen kokonaisenergiankulutus. Vertailussa oli 77 uudisrakennushanketta ja laskennallinen kokonaisenergiankulutus laski toiminnanvarmistuksen myötä 13%.²⁹

²⁸ Mills E. 2011 Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States s.157 kaavio 5

²⁹ Mills E. 2011 Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States s.154-155

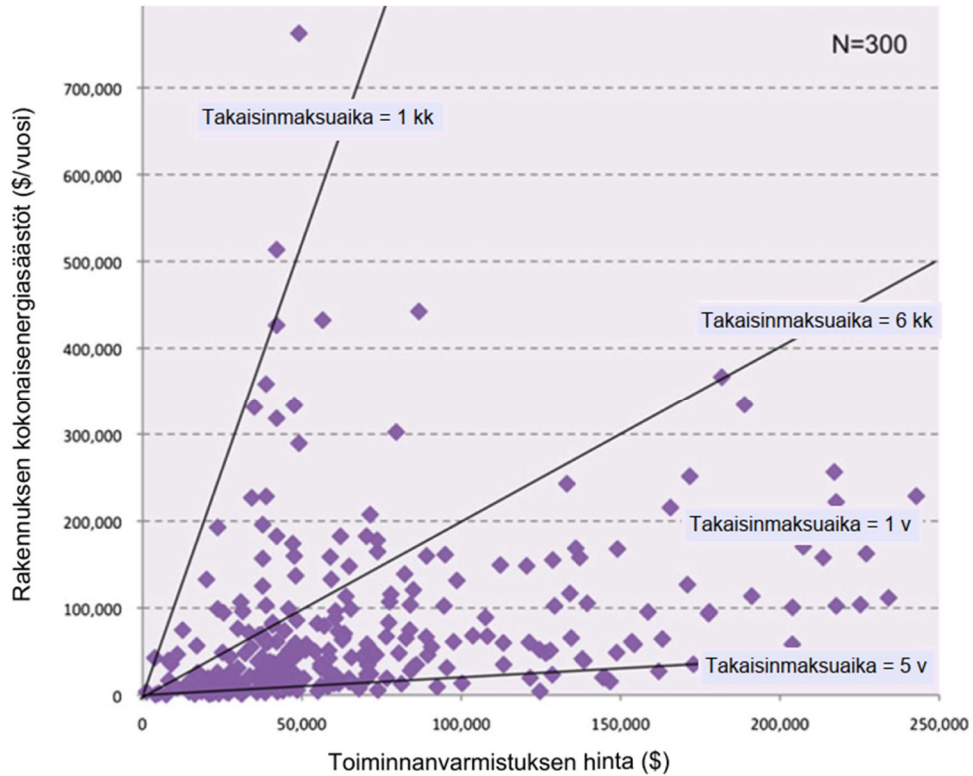


Kuva 5. Energiatohokkuuden parannus kulutusluokittain³⁰

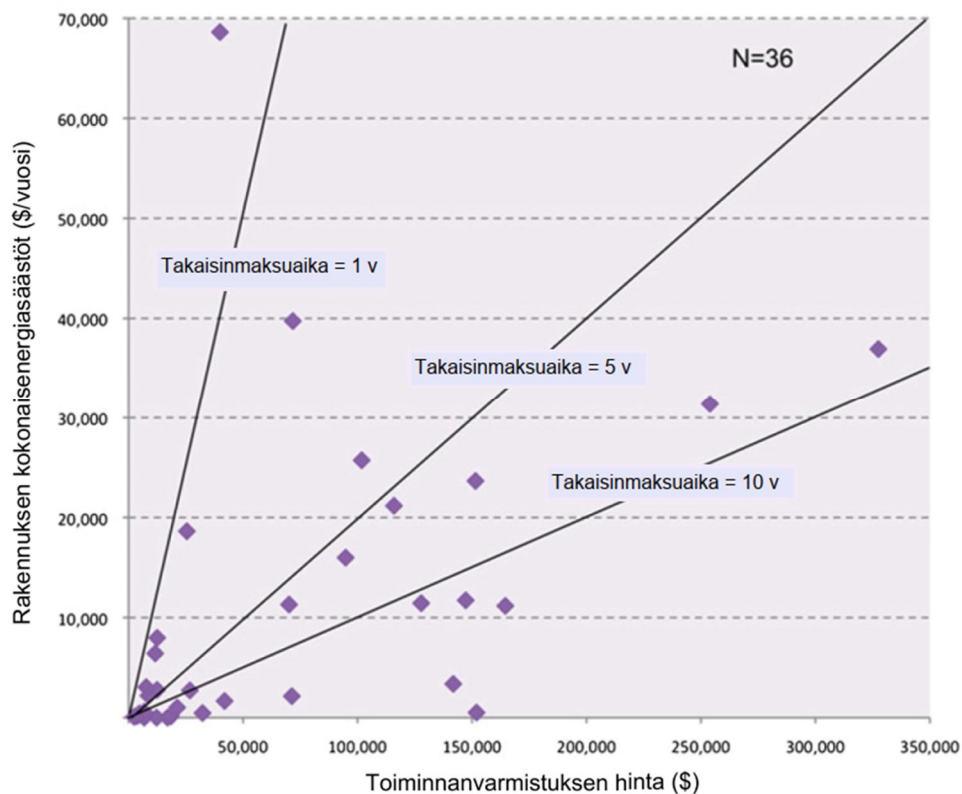
Investoinnin kannattavuuden yksi parametri on takaisinmaksuaika. Tässä tapauksessa takaisinmaksuaikaan laskettiin kaikilta energiankulutuksen osa-alueilta syntyneet säästöt ja kaikki muut ei-energia säästöt. Tällaisia säästöjä voivat olla esimerkiksi rakentamiskustannuksissa syntyneet säästöt tai suunnittelu-, korjaus- ja huoltokustannussäästöt. Hanketasolla takaisinmaksuajat osoittautuivat erittäin kannattaviksi. Tosin hankkeiden takaisinmaksuajojen variaatio oli melko suurta. Korjaushankkeiden osalta takaisinmaksuajat olivat erittäin positiivisia. Melkein kaikissa tapauksissa (n=300) toiminnanvarmistusprosessi oli maksanut itsensä takaisin alle viidessä vuodessa. Yläkvartiili asettautui noin 5 kuukauden tienoille ja alakvartiili 2,4 vuoden kohdalle. Kuten kuvasta 6 voidaan havaita, suurimmassa osassa korjaushankkeita takaisinmaksuaika oli noin vuoden luokkaa. Uudistuotannon osalta vastaavat kvartiilit olivat 1,5 vuotta ja 10,8 vuotta. Tutkimuksessa havaittiin myös, että jos toiminnanvarmistuksen investointi oli pieni suhteessa hankkeen kokonaiskustannuksiin, niin takaisinmaksuaika oli tyypillisesti pidempi. Myös hyvin pienten hankkeiden kohdalla toiminnanvarmistuksen kannattavuus heikkeni. Näin ollen, pienten hankkeiden kohdalla kannattavuus on syytä arvioida hankekohtaisesti.³¹

³⁰ Mills E. 2011 Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States s.154 taulukko 3

³¹ Mills E. 2011 Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States s.159-161



Kuva 6. Vuotuiset energiasäästöt toiminnanvarmistuskustannuksen funktiona (korjaushankkeet)³²



Kuva 7. Vuotuiset energiasäästöt toiminnanvarmistuskustannuksen funktiona (uudiskohteet)³³

³² Mills E. 2011 Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States s.161 kaavio 9

³³ Mills E. 2011 Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States s.161 kaavio 10

Toiminnanvarmistuksen pitkän aikavälin hyötyjä tutkittiin artikkelissa “Long Term Benefits of Building Commissioning: Should Owners Pay the Price?”. Tutkielman tarkoituksena oli selvittää, kuinka kannattavaa toiminnanvarmistaminen on pitkällä aikavälillä (5-15 v.). Tässä tutkimuksessa toiminnanvarmistusprosessin takaisinmaksuaika ja energiasäästöpotentiaali olivat hyvin samaa luokkaa, kuin Millsin tutkimuksessa. Tarkastelussa oli 186 korjaushanketta ja keskimääräinen energiankulutuksen määrä laski kohteissa 10-15% ja takaisinmaksuaika oli keskimäärin 1,8 vuotta.³⁴

Toiminnanvarmistuksen pitkän aikavälin hyödyistä on saatavilla paljon tilastotietoa ja tutkimuksia, mutta elinkaaren aikaisista hyödyistä ei ole juurikaan tutkimustietoa saatavilla. Näin ollen tilaajan tulee arvioida toiminnanvarmistuksen kannattavuus kohdekohtaisesti ja nähdä prosessi ennen kaikkea laatutyökaluna tilaajan tavoitteiden toteuttamiseksi. Yleisesti voidaan sanoa, että suurissa ja teknisesti vaativissa kohteissa toiminnanvarmistus on osoittautunut kannattavammaksi, kun pienissä ja teknisesti yksinkertaisissa hankkeissa. Tässä kappaleessa esitetty tutkimusaineisto on pääsääntöisesti Yhdysvalloista, sillä Suomessa ei ole julkaistu aineistoa toiminnanvarmistuksen hyödyistä tai säästöistä. Voimme kuitenkin olettaa, että prosessin ilmeiset hyödyt pätevät myös kotimaisissa rakennushankkeissa.

2.2 ToVa-prosessin käyttöönoton haasteet

Tässä tutkimuksessa on perehdytty laajasti toiminnanvarmistusta koskevaan kansainväliseen ja kansalliseen aineistoon. Prosessin tarjoamista ilmeisistä hyödyistä ja eduista on julkaistu monia tieteellisiä artikkeleita ja tutkimuksia. Verkkoaineiston laajan läpikäymisen tuloksena on todettava, että prosessin vakiinnuttamiseen liittyvistä ongelmista tai haasteista ei ole juurikaan aineistoa saatavilla. Suurin osa kaikesta saatavilla olevasta aineistosta keskittyy itse ToVa-prosessin suorittamiseen tai sen hyötyihin. Kattavan tutkimuksen tuloksena tutkijalle on kuitenkin muodostunut subjektiivinen näkemys prosessin vakiinnuttamisen haasteista.

Kirjallisten lähteiden puuttumisen takia tässä osuudessa on käytetty tutkimusmenetelmänä Survey-tutkimusta. Kyseinen tutkimusstrategia on käytännöllinen, kun halutaan kerätä tietoa standardoidussa muodossa joukolta ihmisiä. Survey-tutkimusta käytetään, kun kerätyn aineiston avulla pyritään kuvailemaan, vertailemaan tai selittämään tiettyä ilmiötä.³⁵ Tässä tutkimuksessa on olennaista tunnistaa ToVa-prosessin vakiinnuttamisen haasteet kotimaisessa rakentamisessa.

Toiminnanvarmistusprosessi on monelle alalla toimivallekin tuntematon tai epäselvä käsite. Edes prosessin nimeä ei ole standardoitu, joten ToVa, toimivuuden varmistus, toiminnan varmistaminen ja toiminnanvarmistus aiheuttavat hämmennystä. Todellisuudessa suomalaisessa rakentamisessa laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely sekä talotekninen valvonta vastaavat osittain toiminnanvarmistuksen toimenpiteitä. Ongelma on pikemmin se, ettei prosessia ole standardoitu ja näin ollen moni alan asiantuntija ei tunne prosessia tai sen käytäntöjä. Tästä syystä toiminnanvarmistukseen perehtyneiden asiantuntijoiden määrä on rajallinen. Haastattelu pyydettiin ainoastaan sellaisilta asiantuntijoilta, jotka olivat olleet mukana hankkeessa, jossa oli käytetty toiminnanvarmistusta tai

³⁴ Coyner R. S. ja Kramer P. W. 2017 Long Term Benefits of Building Commissioning: Should Owners Pay the Price?

³⁵ Hirsjärvi S. et al. Tutki ja kirjoita 2009 5.4.2 s.134

he ovat osallistuneet ToVa-käsikirjan laadintaprosessiin. Tutkimuksessa otettiin huomioon haastateltavien preferenssi ja näin ollen tutkimuksessa päätettiin käyttää strukturoitua tai puoli-strukturoitua haastattelua. Haastateltaville lähetettiin sähköpostilla yhteenveto tutkijan subjektiivisesta näkemyksestä koskien toiminnanvarmistuksen haasteita. Haastateltavat vastasivat esitettyihin väittämiin joko sähköpostilla, tai heitä haastateltiin puhelimitse tai kasvotusten.

Seuraavaksi on esitelty *tutkijan näkemys* keskeisimmistä syistä, miksi toiminnanvarmistus ei ole saanut ansaitsemaansa huomiota suomalaisessa rakentamisessa. Jokaisen väitteen perässä on asiantuntijoiden ³⁶ näkemys väitteen paikkansapitävyydestä ja mahdollisista lisähuomioista. Kaikki haastateltavat asiantuntijat ovat perehtyneitä toiminnanvarmistukseen ja ovat olleet mukana hankkeissa, joissa toiminnanvarmistus on toteutettu. Kokemusta on erityisesti LEED hankkeiden toiminnanvarmistusprosessin toteuttamisesta.

1. *Kustannukset; Tilaajan on hankkeen alkuvaiheessa vaikea nähdä, miksi prosessiin kannattaa investoida. Tilaaja ei hahmota kuinka paljon toiminnanvarmistus parantaa rakennuksen energiatehokkuutta sekä selkeyttää hankkeen kulkua.*

Kansainvälistä tutkimustietoa luettaessa voisi saada sellaisen käsityksen, että kustannukset ovat perimmäinen syy siihen, miksi toiminnanvarmistus päätetään jättää pois projektista. Asiantuntijoiden näkemyksen mukaan kustannukset eivät kuitenkaan ole tärkein syy toiminnanvarmistuksen hitaaseen yleistymiseen. Hankkeissa, joissa tilaaja on tietoinen ToVa-prosessista tai on päätetty hakea hankkeelle ympäristösertifikaattia, hyväksytään toiminnanvarmistus kustannuksineen yleensä hyvin osaksi hanketta. Tärkeää on, että ToVa-pystytään kytkemään osaksi hankkeen TATE-suunnittelua ja -valvontaan, näin toiminnanvarmistuksen kustannukset nivoutuvat TATE-laadunvarmistukseen.

Kustannukset saattavat olla este toiminnanvarmistuksen käyttöönotossa, jos prosessi esitetään muussa kuin hankkeen alkuvaiheessa. Tässä tapauksessa tyypillisesti prosessi mielletään lisäkustannukseksi ja näin ollen tilaajan halukkuus prosessin käyttöönotossa on heikompi. Hankkeen alussa aloitetun toiminnanvarmistuksen kustannuksia ei nähdä lisäkustannuksina, vaan perusteltuina laadunvarmistuksen kustannuksina. Olemassa olevan laadunvarmistuksen ja valvonnan ohjeet sisältävät paljon samoja toimintoja, kun ToVa-prosessi. Näin ollen ToVa-vastaavan ja TATE valvojan tehtäviä pidetään osittain päällekkäisinä, eikä tilaaja ymmärrettävästi halua maksaa kahta kertaa samasta työstä. Jos ToVa-otetaan mukaan hankkeen alussa, ei päällekkäisyyttä synny ja koko laadunvarmistusprosessi on selkeä ja yksiselitteinen.

Muiden hyötyjen näkemisessä on tunnistettu parantamisen varaa. Rakennuksen luovutusta ja vastaanottomenettelyä pidetään erittäin tärkeänä osana hanketta, mutta ymmärrys siitä, että vastaanottomenettelyn edellytykset ja vaatimukset tulisi laatia jo hankkeen alkuvaiheilla on puutteellinen. Kaiken kaikkiaan toiminnanvarmistusprosessin muista hyödyistä tulisi keskustella tilaajan tai rakennuttajan kanssa heti hankkeen alkuvaiheessa.

³⁶ Haastattelut on toteutettu sähköpostitse, puhelimitse ja kasvotusten. Haastatteluun osallistuneet asiantuntijat: Harri Nyssölä, liiketoimintajohtaja Granlund Oy, Esa Klemetti Managing director Citron Oy, Raimo Sannikka johtava asiantuntija WSP Finland Oy, Sinisalo Matti ryhmäpäällikkö Granlund Oy

2. *Tilastotiedon puute: Suomessa ei ole yleisesti saatavilla olevia tilastoja tai tutkimustietoa toteutuneista ToVa-prosessin hyödyistä. Jokainen hanke on erilainen ja toiminnanvarmistuksen hyötypotentiaali on hankekohtainen, joten tilaaja ei näe hyötyjä tarpeeksi houkuttelevina panostukseen nähden.*

Toiminnanvarmistuksen todettiin olevan melko tuntematon käsite tilaajien keskuudessa. Prosessin hyötypotentiaali voi tulla ilmi, jos tilaajan muissa hankkeissa on käytetty toiminnanvarmistusta tai hankesuunnitteluryhmässä on mukana ToVa-asiantuntijoita, mutta yleisesti voidaan sanoa, ettei hyödystä ole saatavilla luotettavaa tilastotietoa. Haasteelliseksi hyötypotentiaalın esittämisen tekee kuitenkin se, että hyötypotentiaali vaihtelee merkittävästi eri hankkeiden välillä. Tämän lisäksi toiminnanvarmistuksen hyötyjen mittaaminen tilastoitavassa muodossa ei ole helppoa, koska rakennukset ovat niin yksilöllisiä, sekä niiden todellinen käyttö ei useinkaan vastaa suunnittelueroita. ToVa-todentamisen aikana rakennuksen käyttäjämäärät, käyttöaste ja kuormat saattavat poiketa merkittävästi suunnitteluarvoista. Silti käyttöönoton jälkeisessä toimivuuden todentamisessa käytetään suunnitteluarvoja ja tästä syystä tulosten luotettavuus on kyseenalaista.

Tärkeänä pidettiin toiminnanvarmistusprosessin muiden hyötyjen korostamista. Tilaajan tavoitteiden toteutuminen, laadukas rakennus ja toimivat tilat parantavat rakennuksen markkina-arvoa ja näin ollen tuovat tilaajalle ja käyttäjille hyötyä, jota on vaikea mitata rahassa.

3. *Ohjeiden ja standardien puuttuminen: Toiminnanvarmistusta koskevien ohjeiden ja säädösten puuttuminen tekee prosessista ns. ”lisäpalvelun”, johon suhtaudutaan enemmänkin kustannuksena kuin hyötynäkökulmasta.*

Ainut Suomessa julkaistu ohjeistus toiminnanvarmistusprosessin suorittamiseksi on ToVa-käsikirja, joka on yli 200 sivuinen. Laaja käsikirja antaa kattavan kuvan toiminnanvarmistuksesta, mutta itse prosessista olisi hyvä laatia tiivistetty versio. Rakennusalalla suunnittelijat, urakoitsijat ja valvojat noudattavat työssään yleisiä sopimusehtoja ja hyvän rakentamistavan mukaisia RT-kortteja. Voidaan karkeasti sanoa, että mikä tahansa prosessi, josta ei ole julkaistu RT-korttia ei ole yleinen käytäntö.

Toiminnanvarmistuksen vakiinnuttamisen suurimpana esteenä voidaan pitää virallisen ohjeistuksen puuttumista. Tällä hetkellä valvonnan, laadunvarmistuksen ja vastaanottomenettelyn RT-kortit pitävät sisällään monia myös ToVa-prosessissa esitetyjä tehtäviä. Keskeisenä erona on se, että tällä hetkellä laadunvarmistus nähdään prosessina, joka suoritetaan hankkeen luovutuksen yhteydessä, kun taas ToVa-prosessin perimmäinen ajatus on aloittaa laadunvarmistus hankkeen alkumetreillä. Virallinen ohjeistus on tärkeää myös vastuukysymysten näkökannasta, sillä TATE-valvojan ja ToVa-vastaavan tehtävissä on päällekkäisyyksiä. Virallisen ohjeistuksen avulla tulisi määritellä eri tahojen vastuut sellaisissa hankkeissa, joissa on nimetty ToVa-vastaava. Vastuiden ja roolien selventäminen ja kansallisten ohjeiden luominen on keskeinen edellytys prosessin laajamittaisessa käyttöönotossa.

4. *ToVa:n tarpeellisuus: Luotetaan siihen, että muut osapuolet kuten suunnittelijat, urakoitsijat, valvojat ja rakennusvalvonta varmistavat rakennuksen optimaalisen*

toimivuuden. Eikä näin ollen erillistä toiminnanvarmistusvastaavaa ja -prosessia tarvita.

Tällä hetkellä TATE-valvonta, laadunvarmistus ja vastaanottomenettely vastaavat osittain toiminnanvarmistuksen tehtävistä ja näin ollen laadunvarmistus on normaalisti osana hanketta. Laadunvarmistuksen suunnittelu tehdään hankkeen edetessä ja osa laadunvarmistustoimenpiteistä saattaa jäädä tekemättä, koska niitä ei ole suunniteltu tai aikataulutettu tarpeeksi hyvin tai ajoissa. Yhteenvetona voidaan todeta, että jos ToVa esitetään osaksi hanketta sen alkumetreillä, koetaan se hyödylliseksi. Jos taas prosessi yritetään saada mukaan hankkeeseen myöhemmässä vaiheessa, ei sitä nähdä enää niin tarpeellisena, koska muut osapuolet on nimetty vastaamaan laadunvarmistustehtävistä.

Haastateltavat asiantuntijat ovat perehtyneitä prosessiin ja ToVa-vastaavan tehtäviin. Yleinen näkemys oli, että ToVa on hyödyllinen laadunvarmistustyökalu rakennushankkeessa. Haastatteluissa tuli ilmi, että ToVa-vastaavan tehtävää pidetään erittäin merkittävänä roolina rakennushankkeessa. Toiminnanvarmistusvastaavan asema osana hanketta nähtiin samanlaiseksi, kun rakennushankkeen pääsuunnittelijalla.

5. *Epäselkeä prosessikuvaus: Tyypillisesti toiminnanvarmistusta pidetään prosessina, joka tulee hankkeeseen mukaan vasta ennen luovutusta. Todellisuudessa ToVa-prosessi alkaa jo hankkeen suunnitteluvaiheessa, mutta jostakin syystä silloin se jää usein ilman ansaitsemaansa huomiota.*

Yleinen standardien ja ohjeistuksen puuttuminen on iso ongelma prosessin implementaation kannalta. Rakennusalan hidas kehittyminen ja prosessien vakiinnuttaminen vie aikaa, mutta kaikki alkaa virallisten ohjeiden julkaisemisesta. Virallisen ohjeistuksen avulla tilaajan ja muiden osapuolien tietämys prosessista ja sen hyödyistä paranee. Kansallisten ohjeiden merkitys korostuu, sillä yhä useammassa hankkeessa tavoitellaan ympäristösertifikaatteja. Tästäkin syystä toiminnanvarmistus on pakollisena tai muuten keskeisenä osana yhä useammassa hankkeessa. Nykyinen laadunvarmistusohjeistus painottuu hankkeen loppupuolelle. Laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT-kortit ohjeistavat toimivuuden tarkastukset osaksi hankkeen luovutusta ja vastaanottomenettelyä. Tarvitaan viralliset toiminnanvarmistusohjeet, joissa painotetaan prosessin tärkeyttä hankkeen alkuvaiheessa. Virallisella ohjeistuksella ja yleisen ymmärryksen lisääntyessä ToVa-prosessi saisi huomiota yhä useamman hankkeen aloituskokouksessa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että virallisen ohjeistuksen puuttuminen ja yleinen tietämättömyys ovat merkittävimpiä hidasteita toiminnanvarmistuksen hitaaseen implementaatioon Suomessa. Olemassa olevat ohjeet painottavat laadunvarmistuksen tärkeyttä rakennusvaiheen loppupuolella, jolloin on auttamattoman myöhäistä enää vaikuttaa tilaajan tavoitteiden toteutumiseen. Seuraavassa luvussa esitetään perusteellisesti toiminnanvarmistusprosessi, kuten se on esitetty kansainvälisissä ohjeissa.

3 Toiminnanvarmistusprosessi

Viimeisten vuosikymmenten aikana rakennusten teknisten järjestelmien taso on kehittynyt merkittävästi. Useimmat nykyaikaisista rakennuksista on varusteltu lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmillä, minkä lisäksi moderneissa rakennuksissa on monia muita ylläpito- ja ohjausjärjestelmiä. Ohjausjärjestelmillä vaikutetaan rakennuksen sisäilmaston olosuhteisiin kuten ilmanlaatuun ja valaistukseen, sekä moniin muihin ominaisuuksiin kuten sähkönkulutukseen ja turvajärjestelmiin. Sähköinen valvonta ja monitorointi kasvattaa suosiotaan entisestään, sillä rakennuksiin kohdistuvat vaatimukset tiukentuvat jatkuvasti.

Lukuisat tutkimukset ovat osoittaneet, että valitettavan usein käyttöönottovaiheessa suoritettavat mittaukset osoittavat, ettei rakennus täytä suunnitteluvaiheessa asetettuja tavoitteita.^{37,38,39} Puutteet vaatimusten täyttämiseksi johtavat usein energiatehokkuuden laskuun ja käyttäjien viihtyvyyden heikkenemiseen. Pahimmassa tapauksessa sisäilmaston laatu on huono ja rakennuksen käyttökustannukset ylittävät reilusti sille asetettavat tavoitteet. van Dronkelaar et al.⁴⁰ suorittivat kirjallisuuskatsauksen, jonka tarkoituksena oli selvittää rakennuksien suunnitellun ja todellisen energiankulutuksen ero. Englanninkielinen termi ”performance gap” kuvaa prosentuaalista eroa suunnitellun ja todennetun energiankulutuksen välillä. Tutkimuksessa ilmeni, että jopa uusissa rakennuksissa todellinen energiankulutus on usein jopa kymmeniä prosentteja suunnitteluvaiheessa asetettua tavoitearvoa korkeampi. Toiminnanvarmistus on prosessi, joka on kehitetty vastaamaan tähän ongelmaan. Rakennusvaiheessa ja ennen rakennuksen käyttöönottoa, sekä käyttöönoton jälkeen suoritetaan toiminta- ja kuormituskokeita, tarkastuksia ja mittauksia, joiden tarkoituksena on varmistaa suunnitteluvaiheessa asetettujen tavoitteiden toteutuminen.

Toiminnanvarmistusprosessi jaetaan tyypillisesti kolmeen vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on suunnitteluvaihe, joka pitää sisällään hankesuunnittelun, joka tehdään ennen hankkeen aloittamista ja toteutussuunnittelun, jossa määritellään toteutettavat suunnitelmat yksityiskohtaisemmin. Toinen vaihe on rakennuttamisen aikainen toiminnanvarmistus. Viimeisessä kolmannessa vaiheessa varmistetaan rakennuksen toimivuus luovutusvaiheessa, sekä monitoroidaan rakennuksen toimivuutta takuuajana. Laajan toiminnanvarmistusprosessin mukaan rakennuksen toimivuuden varmistamista jatketaan myös takuuajan jälkeen, mahdollisesti koko rakennuksen elinkaaren ajan. Tässä luvussa esitetyn toiminnanvarmistusprosessin lähteenä on käytetty To Va-käsikirjaa, ASHREA-käsikirjaa ja NIBS Ohjeistusta 3-2012.

³⁷ de Wilde P. 2014 The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation, *Automation in Construction*. s.40-49

³⁸ Demanuele C. et al. 2010 Bridging the gap between predicted and actual energy performance in schools.

³⁹ Menezes A. et al. 2012 Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: Using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap.

⁴⁰ van Dronkelaar C. et al. 2016 A Review of the Energy Performance Gap and Its Underlying Causes in Non-Domestic Buildings.

3.1 Hallinta ja vastuunjako

Prossin kokonaiskuvan hahmottamisen kannalta on hyvä käydä läpi toiminnanvarmistusprosessin eri osalliset ja niiden vastuut hankkeen suorittamisessa, sekä lyhenteet joita toiminnanvarmistusprosessin kuvauksissa yleisesti käytetään. ASHRAE:n laatiman LVI-käsikirjan⁴¹ mukaan toiminnanvarmistuksen keskeiset osalliset ja termit ovat seuraavat.

Toiminnanvarmistuksen kannalta avainasemassa olevat osapuolet;

- Omistaja/tilaaja/rakennuttaja
- Insinöörit, suunnittelijat ja arkkitehdit
- Toiminnanvarmistusvastaava (CxA)
- Käyttö- ja huoltohenkilöstö
- Asukkaat ja käyttäjät
- Urakoitsijat ja toteuttajat
- Tavarantoimittajat
- Riippumaton toimivuuden varmistaja yritys (testaukset ja mittaukset)

Toiminnanvarmistukseen liittyy monia yleisesti käytössä olevia englanninkielisiä termejä, joiden tarkoituksena on yksinkertaistaa tekstin lukemista. Termit ovat englannin kielisiä, sillä toiminnanvarmistuksella on pitkät juuret kansainvälisesti. ASHRAE:n listatut olennaiset toiminnanvarmistamiseen liittyvät termit ovat seuraavat:

Tilaaajan projektitavoitteet Owner's Project Requirements (OPR) on asiakirja, joka pitää sisällään tilaaajan asettamat vaatimukset ja tavoitteet hankkeen toteuttamiseksi. Asiakirjaan on merkitty hankkeen tavoitteet, rakennuksen mitattavien toimivuutta kuvaavien parametrien tavoitearvot, kustannustavoitteet sekä muut oleelliset ohjeet tilaaajan mahdollisista tavoitteista.

Toiminnanvarmistusvastaava Commissioning Authority (CA, CxA) Hankkeen tilaaajan nimeämä henkilö tai taho, joka johtaa, suunnittelee ja koordinoi toiminnanvarmistusprosessin suorittamista.

Suunnittelunperusteet Basis of Design (BOD) on asiakirja, johon on kirjattu hankkeen konsepti, laskelmat, tehdyt päätökset, sekä materiaalivalinnat, joiden avulla hanke voidaan toteuttaa tilaaajan esittämien vaatimusten mukaisesti sekä varmistaa että hankkeessa noudatetaan asetettuja vaatimuksia ja ohjeita.

Toiminnanvarmistussuunnitelma Commissioning Plan (CP) on toiminnanvarmistussuunnitelma, jossa hahmotellaan hankkeen toiminnanvarmistuksen organisointi, toimitatavat, sekä allokoidaan käytettävissä olevat resurssit.

Urakka-asiakirjat Construction Documents (CD) on suunnitteluperusteiden pohjalta laadittu suunnittelukokonaisuus, mikä pitää sisällään TATE-suunnitelmat, järjestelmäkuvaukset ja hankkeen toteutussuunnitelmat.

⁴¹ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning s. 43.1-43.12

3.2 Tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheen toiminnanvarmistus

Rakennuksen energiatehokkuuden ja toimivuuden kannalta merkittävimmät päätökset tehdään jo suunnitteluvaiheessa.^{42, 43} Myös toiminnanvarmistuksen onnistumisen kannalta on välttämätöntä sisällyttää ToVa-prosessi hankkeeseen jo hankkeen alkumetreilla. Hankesuunnitteluvaiheessa määriteltyjen toiminnanvarmistuksen tavoitteiden ja vaatimusten toteutumista seurataan hankkeen edetessä. Hankesuunnitteluvaiheessa toiminnanvarmistuksen kannalta on tärkeää määrittää seuraavat asiakokonaisuudet;

- Tilaajan tavoitteiden määrittäminen (OPR, Owner's Project Requirements)
- Toiminnanvarmistuksen laajuus ja siihen käytettävä budjetti
- Alustavat suunnitteluperusteet (BOD, Basis of design)

Tilaajan ja käyttäjän kannalta rakennukselle ja sen järjestelmille voidaan asettaa neljä keskeistä vaatimusta; Tilojen toimivuus, hyvä sisäilmasto, energiatehokkuus ja muuntojoustavuus. Toimivat tilat ja hyvä sisäilmasto vaikuttavat käyttäjien jokapäiväiseen viihtyvyyteen ja työtehokkuuteen. Energiatehokkuus puolestaan varmistaa sen, että rakennus kuluttaa energiaa mahdollisimman vähän koko sen elinkaaren aikana. Alhainen energiankulutus on suoraan verrannollinen rakennuksen ylläpitokustannuksiin. Hankeselvitys-vaiheen toiminnanvarmistuksen tavoitteena on määritellä mahdollisimman tarkasti tilaajan ja käyttäjien tarpeet.⁴⁴

Hankesuunnittelu

Tilaajan ja käyttäjien vaatimukset toimivat perustana, kun rakennushankkeesta laaditaan sopimusasiakirjoja ja määritellään hankkeen budjettia. Myös suunnittelutyön aloittamista varten tulee tilaajan tavoitteet ja vaatimukset olla määritettynä. Suunnittelukriteerien määrittäminen alkaa tilaajan tavoitteista. Tilaajan tavoitteet ja vaatimukset eivät yleensä yksilöi suunnittelukriteerejä, sillä tilaaja ja käyttäjät eivät useimmiten osaa tai ehdi riittävän kattavasti määritellä tarpeitaan. Hankesuunnitteluvaiheen toiminnanvarmistustehtävien suorittamisesta voi olla vastuussa toiminnanvarmistusvastaava (CxA), tilaajan hankevalmistelija, pääsuunnittelija tai jokin muu nimetty taho, joka kantaa vastuun toiminnanvarmistusprosessista. Toiminnanvarmistuksen laajuus ja resurssit määräytyvät aina hankekohtaisesti.⁴⁵

Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään hankkeen toteuttamistarpeet ja -vaihtoehdot sekä asetetaan hankkeelle täsmälliset laajuutta, laatua, kustannuksia ja toteutusaikataulua koskevat tavoitteet. Hankesuunnitelma toimii perustana tehtävälle investointipäätökselle. Hankesuunnitteluvaiheessa asetettuja tavoitteita tarkennetaan sisäilmasto-, energiatehokkuus-, turvallisuus-, muuntojoustavuusvaatimusten ja elinkaarikustannusten näkökulmista. Rakennukseen ja sen käyttöön liittyviä tavoitteita voivat olla;⁴⁶

⁴² Azhar S. et al. 2011 Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis

⁴³ Annola J. 2016 Rakennushankkeen projektisuunnitelman kehittäminen ja projektiaikataulun laadinta

⁴⁴ VTT 2007 ToVa-käsikirja s.57

⁴⁵ VTT 2007 ToVa-käsikirja s.58

⁴⁶ VTT 2007 ToVa-käsikirja s.58-59

- tilantarpeet; koko, määrä ja laatu
- käyttäjätiheden ja käyttötarkoituksen vaihtelevuus
- rakennuksen muunneltavuus ja laajennettavuus
- saavutettavuus
- rakennusjärjestyksen ja asemakaavan asettamat vaatimukset
- ympäristövaikutukset ja -vaatimukset
- sisäilmaston laatuvaatimukset
- tilojen akustiikka ja valaistus
- käyttäjäturvallisuusvaatimukset
- rakennuksessa käytettyjen materiaalien ja tuotteiden laatuvaatimukset
- teknisen järjestelmän ja laitteiden toimivuus ja energiatehokkuus
- rakennuksen ja tekniikan takuu-aika ja käyttöikä
- energiatehokkuustavoitteet

Rakennushankkeen kulusta ja rakennuksen käyttöön liittyvistä asioista on myös laadittava tavoitteet. Keskeisiä rakennushankkeeseen liittyviä tavoitteita ovat;⁴⁷

- rakennushankkeen aikataulu ja budjetti
- toiminnanvarmistuksen laajuus ja siihen käytettävä budjetti
- dokumentointia koskevat vaatimukset
- laadunvarmistuksen dokumentointikäytännöt
- käyttöönottovaatimukset ja aikataulu
- kiinteistön käyttäjän ja huolto-organisaation perehdyttäminen
- kiinteistön kausittaiset käyttöajat
- noudatettavat ohjeistukset ja standardit
- talotekniikan ja rakennuksen käyttöohje- ja huoltokirjat

Tilaaajan asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi on tärkeää varmistaa, että toiminnanvarmistussuunnitelma pitää hankesuunnitteluvaiheessa sisällään seuraavat kokonaisuudet;

- toiminnanvarmistuksen laajuus ja tavoitteet
- yleiskuvaus hankkeesta
- yksityiskohtainen suunnitteluvaiheen toimintasuunnitelma
- yleisluontoinen hahmotelma toiminnanvarmistuksen toteutuksesta rakennus-, luovutus- ja käyttöönottovaiheessa
- hankkeen osapuolten roolit, tehtävät ja vastuut
- dokumentointi- ja viestintäkäytännöt
- tarkastuslistojen ja dokumenttien vaatimukset
- hankkeen aikataulu
- todentamis- ja hyväksymismenetelmät

Suunnittelutavoitteiden pohjalta laaditut toimivuustavoitteet tulee esittää selkeinä laatu-kriteereinä ja lukuarvoina. Vaatimusten toteutumista voidaan seurata monitoripohjaisilla seurantalaitteilla, jotka esittävät tavoitteiden toteutumisen numeraalisesti. Tavoitteiden asettamiseen voidaan käyttää hyödyksi rakennustiedon RT-kortteja, sekä ympäristöministeriön laatimia asetuksia. Tilaaajan asettamien tavoitteiden laajuus ja yksityiskohtaisuus

⁴⁷ VTT 2007 ToVa-käsikirja s.58-59

vaihtelevat hankekohtaisesti. Osassa hankkeista tilaajan vaatimukset saattavat puuttua joko kokonaan tai osittain, kun taas toisissa hankkeissa vaatimukset on määritelty varsin täsmällisesti. Toiminnanvarmistus on erityisen tärkeässä roolissa, kun tilaajan tavoitteet eivät ole erityisen selkeitä. Näissä tilanteissa toiminnanvarmistusprosessin toimenpiteet varmistavat, että tilaajan tavoitteet määritellään ja dokumentoidaan riittävällä tasolla.⁴⁸

Hankesuunnitteluvaiheessa toiminnanvarmistussuunnitelma on vielä luonnosvaiheessa. Hankesuunnitteluvaiheessa listattujen tarpeiden ja vaatimusten perusteella arkkitehti luonnostelee muutaman vaihtoehdon massoittelu- ja tilaratkaisuja. Tilaaja tutustuu eri vaihtoehtoihin ja valitsee mikä suunnitelmista valitaan jatkojalostusta varten. Myös taloteknisten järjestelmävaihtoehtojen tarkastelut tulee aloittaa hankesuunnitteluvaiheessa, jotta talotekniikalle asetettujen tavoitteiden toteutuminen voidaan varmistaa. Rakennusprojektista voidaan laskea ensimmäinen kustannusarvio, kun tilaaja on valinnut alustavat luonnokset ja suunnitelmat hankkeen toteuttamiseksi.⁴⁹

Rakennusteknisten järjestelmien käytettävyyden ja huollon kannalta projektin eri suunnitelmien yhteensovittaminen on suositeltavaa toteuttaa jo luonnosteluvaiheessa. Rakennuksen talotekniset järjestelmät vaativat tilavarauksia, eli laitteistojen ja kanaviston sijoitteluun on varattava riittävästi tilaa. Mikäli suunnitteluvaiheessa teknisille järjestelmille ei varata riittävästi tilaa, tai niitä ei oteta huomioon, tulee suunnitelmia muuttaa myöhemmässä vaiheessa. Jälkikäteen tilan järjestäminen voi olla hankalaa, ja toisinaan tämä tarkoittaa sitä, että teknisten järjestelmien laadusta ja näin ollen sisäolosuhteista saatetaan joutua tinkimään. Suunnitelmien muuttaminen jälkikäteen lisää suunnittelukustannuksia ja saattaa viivästyttää hankkeen etenemistä. Luonnossuunnitelmat toimivat perustana ensimmäisille energiatehokkuuslaskelmille. Tässä vaiheessa voidaan vertailla millä ratkaisuilla rakennus saavuttaa tilaajan hankesuunnitteluvaiheessa asettamat energiatehokkuustavoitteet. Mallintamisen avulla voidaan jo alustavasti vertailla millaiset ilmastointi-, lämmitys- ja valaistusratkaisut toimivat kyseisessä projektissa.⁵⁰

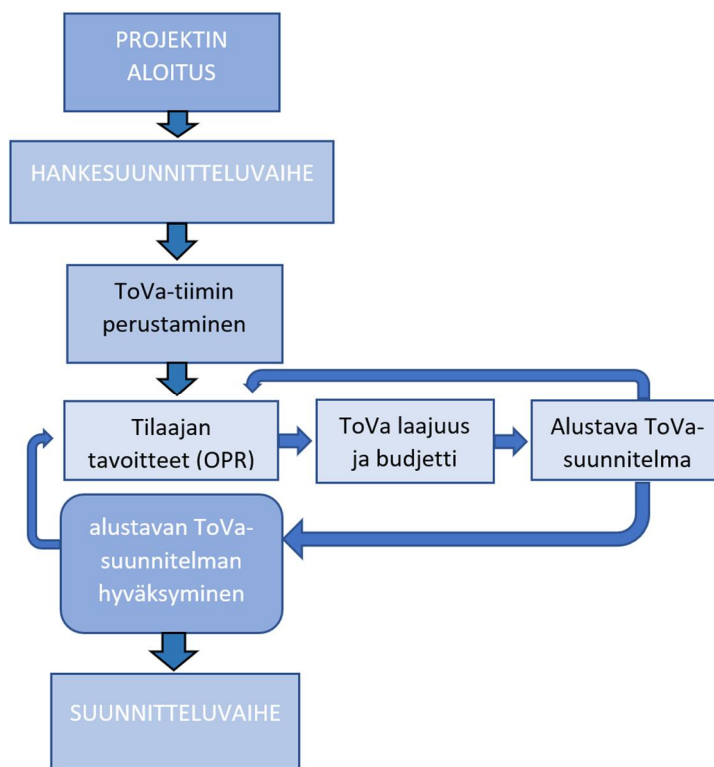
Suunnittelu- ja toteutuskilpailutusta käyttämällä tarjoajien laatimat tarjoukset ovat luonnostasoisia suunnitelmia. Mahdollisimman kattavat TATE-järjestelmäkuvaukset selkeyttävät luonnossuunnittelua. Tilaaja vertailee esitettyjä suunnitelmia ja valitsee niistä sen, mikä vastaa parhaiten asetettuja kriteereitä ja on kustannuksiltaan edullisin. Tarjoajat voivat käyttää erilaisia suunnitteluratkaisuja sisäilmasto- ja energiatehokkuustavoitteiden saavuttamiseksi, kunhan ne vastaavat tilaajan asettamia vaatimuksia ja rajauksia. Luonnossuunnittelun päätteeksi pidetään yhteenveto, jossa vertaillaan ja lopuksi hyväksytään hankkeessa käytettävät suunnitteluratkaisut. Hankkeen toteutussuunnitelmat laaditaan näiden valintojen perusteella.⁵¹

⁴⁸ VTT 2007 ToVa-käsikirja s.59-60

⁴⁹ VTT 2007 ToVa-käsikirja s.66

⁵⁰ VTT 2007 ToVa-käsikirja s.66

⁵¹ VTT 2007 ToVa-käsikirja s. 66-67



Kuva 8. ToVa esi-/tarveselvitysvaiheen prosessikaavio⁵²

Kuvassa 8 on esitetty toiminnanvarmistusprosessin ensimmäinen vaihe. Ensimmäinen tehtävä on määrittellä vastuut ja roolit prosessin suorittamista varten. ToVa-työryhmä ja tilaaja laativat alustavat toiminnanvarmistusasiakirjat. Tilaajan tavoitteiden (OPR), toiminnanvarmistuksen laajuuden, budjetin ja alustavan toiminnanvarmistussuunnitelman (CP) hyväksymisen jälkeen siirrytään toiminnanvarmistamisen seuraavaan vaiheeseen, joka on suunnitteluvaihe.

3.3 Suunnitteluvaiheen toiminnanvarmistus

Suunnitteluvaiheessa suoritetaan tarkennuksia ja päivityksiä tilaajan tavoitteisiin (OPR) ja ToVa-suunnitelmiin. Tämän vaiheen tarkoituksena on varmistaa, että tilaajan laadunvarmistussuunnitelma sisältää kattavan sekä yksityiskohtaisen kuvauksen tilaajan tavoitteista.

ToVa-suunnitelman päivitys

Ensimmäisenä tehtävänä on päivittää hankesuunnitteluvaiheessa luotu toiminnanvarmistussuunnitelma (CP). Suunnittelun edetessä tehdään päätöksiä koskien taloteknisiä järjestelmiä ja rakennuksen kokoonpanoa, joten hankesuunnitteluvaiheessa laadittu suunnitelma tulee päivittää näillä lisätiedoilla. Toiminnanvarmistusvastaavan on osallistuttava teknisten järjestelmien ja rakennesuunnittelun kokouksiin ja varmistettava, että toiminnanvarmistustarkastukset huomioidaan suunnittelussa. Tilaaja ja suunnittelijat tarkastavat

⁵² ASHRAE GL-0 2013 Commissioning Process Flowchart

päivitetyn toiminnanvarmistussuunnitelman, joka toimii ohjeistuksena läpi suunnittelu-
vaiheen.⁵³

Suunnitteluperusteet (BOD) voidaan esittää kahdessa eri muodossa, joko suunnitteluoh-
jeina tai -kriteereinä. Suunnitteluohjeet ovat kirjallisia kuvauksia suunnittelukokonai-
suuksista ja esimerkiksi järjestelmien ominaisuuksista, joiden avulla rakennus saavuttaa
tilaajan asettamat tavoitteet. Suunnitteluohjeet voivat olla myös järjestelmäkuvauksia,
joita voidaan hyödyntää käyttäjien kouluttamisessa myöhemmässä vaiheessa. Ohjeistuk-
sessa voidaan käsitellä myös sitä, että hanke täyttää vaadittavilta osin sille asetetut mää-
räykset ja standardit. Kirjallisen kuvauksen tulee olla sen verran yleisluontoinen, että
hankkeen kaikki osapuolet ymmärtävät niiden sisällön, vaikka asiakirja koskisikin yksi-
tyiskohtaisia teknisiä järjestelmiä. Kirjallisen kuvauksen on hyvä sisältää lyhyet yhteen-
vedot valituista teknisistä järjestelmistä, sekä tiedot siitä, miksi juuri kyseinen järjestelmä
on valittu hankkeeseen. Mahdolliset hylätyt tekniikat tai järjestelmät on myös hyvä kir-
jata, niin että hylkäysperusteet voidaan jälkikäteen tarkastaa. Kirjallista suunnitteluoh-
jeistusta ja järjestelmäkuvauksia tulee päivittää hankkeen edetessä.⁵⁴

Suunnittelukriteerit ovat hankekohtaista informaatiota, minkä tarkoituksena on selventää
millä perustein rakennuksen suoritusarvot ja laskelmat on toteutettu. Tyypillisesti suun-
nittelukriteerit sisältävät laskennassa tehdyt olettamukset, laskukaavat, määräykset ja oh-
jeistukset mitä on noudatettu, sekä laitteisto millä laskentatyö ja mittaukset on suoritettu.
Suunnittelukriteerit toimivat ikään kuin taustatietona ja kriteereinä, joiden perusteella
suunnitelmat on voitu toteuttaa. Tällaisia suunnittelun taustalla olevia kriteereitä ovat esi-
merkiksi;⁵⁴

- laskennassa käytetyt varmuuskertoimet
- materiaali- ja laatuluokitukset, kuten sisäilmaluokitus ja laitteiston laatustandardit
- ylimitoituskertoimet
- laskennassa käytetty tilojen käyttäjätiheys
- järjestelmien kapasiteetit ja rajoitukset
- lämmitys- ja jäähdytystarvelaskelmassa käytetty säätieto (astepäiväluku, ilman-
suunta ym.)
- vaipan ja ikkunoiden U-arvot, ikkunoiden g-arvo ja aurinkosuojat, varjostukset
ym.
- paloturvallisuuden ohjeistus
- taloteknisten järjestelmien kapasiteetin ja tarpeen laskennassa käytetyt perusteet,
kaavat ja ohjelmat

Suunnitteluperusteiden tarkentaminen ja yksityiskohtaiset järjestelmäkuvaukset ovat tyy-
pillisesti suunnittelijoiden vastuulla. Toiminnanvarmistusvastaava tarkastaa suunnitte-
luperusteet ja tarvittaessa pyytää suunnittelijoilta lisätietoja. Suunnitteluperusteiden päi-
vittäminen jatkuu läpi hankkeen. Aina kun suunnitteluperusteista julkaistaan uusi versio,
tulee tilaajan ja toiminnanvarmistusvastaavan käydä asiakirja läpi, ja hyväksyä uusi ver-
sio.⁵⁴

⁵³ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Com-
missioning: Design phase commissioning objective s. 43.5

⁵⁴ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Com-
missioning: Design phase commissioning activities s. 43.5

Toiminnanvarmistussuunnitelma (CP) on asiakirja, johon on kirjattu projektin organisaatiotiedot, aikataulut, resurssit ja niiden allokointi, dokumentointivaatimukset sekä kuvaus toiminnanvarmistuksen prosessista. Kyseessä on siis yleinen suunnitelma, jota päivitetään ja täydennetään rakennushankkeen edetessä. Toiminnanvarmistussuunnitelma sisältää työkalut, joilla projektin aikataulua ja toimenpiteitä voidaan seurata läpi hankkeen. Suunnitelmat sisältävät kuvauksen siitä, miten ja millä laajuudella toiminnanvarmistamista suoritetaan hankkeen rakennusvaiheessa, luovutuksen yhteydessä sekä käytön aikana. Asiakirja kuvaa suoritettavat toiminta- ja kuormituskokeet, testaukset sekä eri osapuolten vastuut ja roolit. Rakentamis-, luovutus- ja käyttöönoton aikaisen toiminnanvarmistussuunnitelman tulee sisältää seuraavat osiot;⁵⁵

- prosessikuvaus toiminnanvarmistamisesta
- toiminnanvarmistuksen laajuus, toiminnot ja järjestelmät
- toiminnanvarmistustoimintojen suoritusajataulu
- osapuolien roolit ja vastuut
- sopimusasiakirjat
- viestintäkäytännöt
- ohjeistus suunnitelmien ja muiden asiakirjojen jakamisesta ja tiedottamisvelvoitteista
- rakennusaikaiset tarkastukset ja vaadittavat tarkastuslistat
- toleranssi poikkeamille
- toimintaohje puutteiden korjaamiseksi
- testausmenetelmien kehittäminen ja toteutus
- huoltokirjan arviointi
- takuuajaiset toimenpiteet
- käyttäjien ja huoltohenkilöstön kouluttaminen
- järjestelmäkirjan kokoaminen
- kuvaus toiminnanvarmistuksen raporteista ja tulosten dokumentoinnista

Suunnitteluvaiheessa valitaan esitetyistä vaihtoehtoista lopulliset toteuttamiskelpoiset suunnitteluratkaisut. Valittuja asiakirjoja käytetään rakennuslupaa hakiessa ja ne toimivat perustana hankintasuunnittelun käynnistämisessä. Selkeät tavoitteet ja mahdollisimman yksityiskohtaiset suunnitelmat mahdollistavat myös kilpailukykyiset urakka-hinnat, kun hankinnat kilpailutetaan laajempina tuote- tai järjestelmäkokonaisuuksina. Tässä tapauksessa osa yksityiskohtaisesta detaljisuunnittelusta voidaan toteuttaa toimittajien kautta.⁵⁶

Suunnitteluvaihe on rakennuksen ominaisuuksia kuten sisäilmastoa ja energiatehokkuutta ajatellen tärkein vaihe koko rakennushankkeessa. Suunnittelun jälkeisissä vaiheissa pääpaino on saada valituista järjestelmistä ja ratkaisuista maksimaallinen hyöty irti ja estää suunnittelu-, asennus- ja käyttövirheet. Tässä vaiheessa taloteknisten järjestelmien yhteensovittamisella on merkittävä asema. Suunnitteluvaiheen viimeinen vaihe on järjestää katselmus, missä arvioidaan kuinka valitut suunnitteluratkaisut vastaavat tilaajan asettamia tavoitteita. Kun suunnitelmat ovat hyväksytyt, voidaan jatkaa rakennuslupa-asiakirjojen viimeistelyyn ja toteutussuunnitteluun.⁵⁶

⁵⁵ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Design phase commissioning objective s. 43.6

⁵⁶ VTT 2007 ToVa-käsikirja s.67

Seuraava vaihe on muuntaa tilaajan tavoitteet yksityiskohtaisiksi urakka-asiakirjoiksi (Construction Documents CD), jotta urakoitsijat voivat varmentaa vaatimusten täyttyminen. Urakoitsijoiden kannalta on tärkeää tietää yksityiskohtaiset vaatimukset, joiden perusteella he voivat laskea kustannukset ja arvioida toteuttamismahdollisuudet mahdollisimman luotettavasti. Toiminnanvarmistamisen toimenpiteistä tulee olla myös kirjalliset kuvaukset annettujen teknisten vaatimusten tueksi, sillä ToVa-prosessi ei ole vielä rakennusosalalla vakiintunut käytäntö. Laaditut asiakirjat ja suunnitelmat on hyvä jakaa myös niille hankkeen osallisille, joiden vastuulla kyseinen toteutus ei ole. Näin varmistetaan, että kaikki osapuolet ovat tietoisia hankkeen keskeisistä päätöksistä ja toimenpiteistä.^{57,58}

Urakka-asiakirjojen (CD) tulisi sisältää ohjeet siitä, millaisia mittauslaitteita tulee käyttää, mitkä teknisistä järjestelmistä kuuluvat toiminnanvarmistuksen alasuuteen, mitä tarkastuslistoja rakennusvaiheessa tulee noudattaa ja millaiset ovat hankkeen dokumentointikäytännöt. Toiminnanvarmistuksen laadun takaamiseksi olisi hyvä olla valmiiksi laaditut lomakkeet ja listat toiminnanvarmistamisen dokumentointia varten. Mikäli hankkeen toiminnanvarmistuksesta vastaa esimerkiksi hankkeen TATE-valvoja tai jokin muu taho, joka ei ole ainoastaan ulkopuolinen toiminnanvarmistusvastaava, tulee kyseisen vastuuhenkilön pätevyys tehtävän suorittamiseen arvioida. Mikäli hanke tavoittelee ympäristösertifikaattia ja toiminnanvarmistus on osa luokitusprosessia, tulee toiminnanvarmistusvastaavan pätevyysvaatimukset tarkastaa sertifikaatin myöntäjäyrityksestä. Hankkeen urakoitsijalle on toimitettava mahdollisimman laajasti saatavilla olevaa toiminnanvarmistusaineistoa, mukaan lukien ToVa-suunnitelma ja suunnitteluperusteet, jotta urakoitsija on tietoinen keskeisistä tavoitteista ja tehdyistä päätöksistä. Urakoitsijaa tulee myös tiedottaa koulutus, ylläpito ja huoltokirjoja koskevista vaatimuksista. Toiminnanvarmistussuunnitelmassa tulee olla selkeästi esitettynä miten tyypilliset teknisten järjestelmien mitaukset, kuten virtaus-, painehäviö- ja jännitemittaukset sisällytetään TATE-toiminnanvarmistamissuunnitelmaan.⁵⁹

Toiminnanvarmistussuunnitelmassa tulee olla myös tarkka kuvaus siitä, kenen vastuulla mittausten suorittaminen, arviointi, hyväksyminen ja raportointi ovat. Teknisissä tiedoissa tulee olla eriteltyinä mittauskohtaisesti hyväksyttävät mittaustuloksiset ja virhetoleranssit. Mikäli rakenteita tai tiloja kohtaan on asetettu tiettyjä laatuvaatimuksia, on ne erikseen mainittava. Laatuvaatimukset voivat esimerkiksi koskea rakennuksen olosuhteita kuten sisäilmaluokitusta. Kaikki nämä vaatimukset on oltava suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden tiedossa hyvissä ajoin ennen laitehankintoja ja asennuksia.

Yhtenä suunnitteluvaiheen toiminnanvarmistustehtävänä on aloittaa järjestelmiä kuvaavan käyttö- ja huoltokirjan laatimisprosessi. Suunnitteluvaiheessa käyttö- ja huoltokirja pitää sisällään suunnitteluperusteet ja tilaajan projektitavoitteet, laaditut TATE- ja rakennus suunnitelmat, sekä tekniset ohjeet. Aineistoon on hyvä koota kaikki julkaistut suunnitelmat suunnittelu- sekä rakentamisvaiheelta. Käyttö- ja huoltokirjan sisältö on laaja ja se sisältää monipuolisesti hankkeen edetessä syntynyttä aineistoa kuten;⁶⁰

⁵⁷ NIBS 2012 Guideline 3-2012 Building Enclosure Commissioning Process BECx 5.3

⁵⁸ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Design phase commissioning objective s. 43.6

⁵⁹ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Design phase commissioning objective s. 43.6

⁶⁰ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Begin of Developing System Manual s. 43.6

- teknisten järjestelmien mittauspöytäkirjoja
- toiminnanvarmistustestausten pöytäkirjoja
- laitteiston omia asennus ja huolto-ohjeita
- suunnittelukertomuksia ja -piirustuksia
- tilaajan projektivaatimukset ja suunnitteluperusteet
- järjestelmäkuvaukset
- kustannustilastot ja – laskelmat
- järjestetyt koulutukset
- vika- ja vaaratilanneohjeistukset

Teknisten ratkaisujen vahvistumisen ja huoltokirjan laadinnan jälkeen on tehtävä suunnitelma kiinteistön käyttö- ja huoltohenkilökunnan kouluttamiseksi. Järjestelmien käyttäjillä ja huoltohenkilökunnalla on oltava riittävä tietotaito ja osaaminen järjestelmien vaatimuksien mukaiseen käyttämiseen. Kiinteistön käyttäjillä on myös olennainen rooli tavoitteiden saavuttamisen kannalta, joten on tärkeää opastaa kaikki kiinteistön käyttäjät energiatehokkaisiin ja kestäviin toimintatapoihin. Käyttäjien ja huoltohenkilökunnan kouluttamisesta on laadittava suunnitelmat, ja koulutusten toteutuminen on varmistettava. Koulutustarpeen arviointiin voidaan hyödyntää käyttäjien haastatteluja, tai kyselyitä, joiden perusteella voidaan suunnitella oikeanlaiset koulutukset. Urakoitsijoita koskevat koulutusvaatimukset tulee kirjata sopimusasiakirjoihin. Koulutuksia varten on varattava riittävästi aikaa ja resursseja, jotta vaatimuksissa asetetut koulutustavoitteet täytyisivät. Tarpeen vaatiessa suunnittelijoiden ja toiminnanvarmistusvastaavan on myös osallistuttava koulutuksiin, jotta varmistetaan koulutuksen laadun ja tilaajan tavoitteiden täytyminen. Koulutusmateriaali on hyvä olla sellaisessa muodossa, että sitä voidaan käyttää myös jatkossa uusien käyttäjien kouluttamiseen. Koulutusvideot ja tietokoneavusteiset kurssit ovat erinomainen tapa pitää koulutusmateriaali helposti saatavilla ja muokattavissa.⁶¹ Koulutusmateriaalin tyypillisestä sisällöstä on laadittu luettelo sivulla 38.

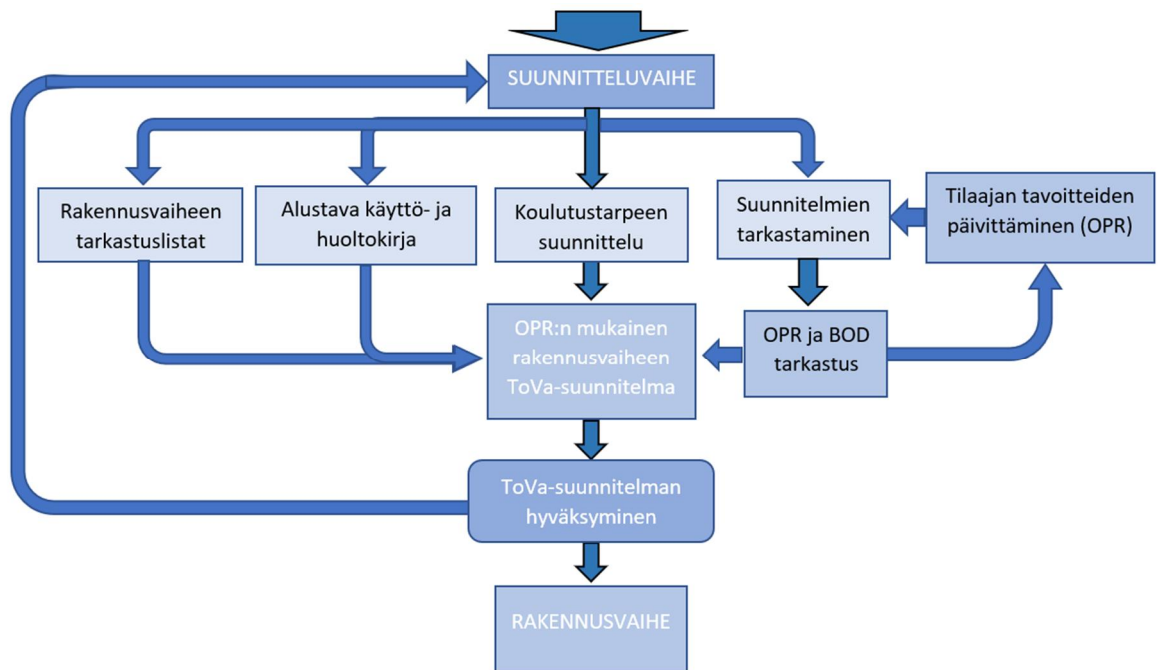
Suunnitteluvaiheen lopussa on erittäin suotavaa, että ToVa-vastaava ja TATE valvojat tarkastavat suunnitteluvaiheessa kootun aineiston ja suunnitelmat. Tarkastuksen tarkoitus on arvioida järjestelmien toimivuus, yhteensopivuus, tehokkuus ja huollettavuus, sekä muiden tavoitteiden toteutuminen. Tarkastus olisi hyvä suorittaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta mahdolliset korjaukset ja parannukset voidaan vielä helposti toteuttaa. Tarkastuksen koordinoijana voi toimia toiminnanvarmistusvastaava ja tämän lisäksi on suotavaa, että huoltohenkilökunta on mukana tarkastusten suorittamisessa. Toiminnanvarmistamisen tarkastaminen ei korvaa suunnittelijoiden sisäistä laadunvarmistusta ja tarkastusmenettelyä. Suunnittelutavoitteiden tarkastus voi sisältää esimerkiksi seuraavia osioita;⁶²

- dokumentaation laatu, laajuus, luettavuus ja suoritusaste tavoitteisiin verrattuna
- järjestelmien yhteensopivuus
- työpiirustusten tarkkuus, yhteensopivuus ja yhtenäisyys
- vahvistus siitä, että suunnitteluperusteiden olettamukset olivat kohtuullisia ja luotettavia
- järjestelmäkuvaukset on päivitetty ja ne vastaavat edelleen tilaajan projektitavoitteita ja suunnitteluperusteita.

⁶¹ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Define Training Requirements s. 43.6-43.7

⁶² ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Perform Design Reviews s. 43.7

Mahdolliset järjestelmien suorituksessa ilmenevät puutteet ja poikkeamat on hyvä dokumentoida tilaajan määrittämässä laajuudessa. Useimmiten hankkeen edetessä ilmenee ongelmia kuten, että järjestelmät eivät saavuta asetettuja tavoitteita, asentamista ei voitu toteuttaa suunnitelmien mukaisesti, tai laitteiden operointi on suunniteltua hankalampaa. On siis tärkeää pyrkiä ennakoimaan ongelmatilanteet ja ongelmien ilmetessä tulisi korjaustoimenpiteisiin ryhtyä viipymättä. Rakennushankkeissa laaditaan suuri määrä suunnitelmia ja piirustuksia, joten on hyvin tavallista, että pistokoetyyppisesti valitaan noin 10-20% piirustuksista ja suunnitelmista tarkempaan tarkastukseen. Mikäli asiakirjat ovat yleisesti ottaen laadukkaita, eikä merkittäviä virheitä löydy, voi ToVa-vastaava hyväksyä suunnitelmat. Mikäli suunnitelmissa ja piirustuksissa havaitaan merkittäviä virheitä, palautetaan koko suunnittelupaketti takaisin suunnittelijoille, tai puutteelliset kohdat käydään läpi toiminnanvarmistusvastaavan johdolla. Raportoitujen puutteiden korjauksen jälkeen ToVa-vastaava suorittaa uuden tarkastuksen. Tämä ei poista suunnittelijoiden vastuuta tai velvollisuutta suorittaa sisäisiä tarkastuksia suunnitelmille. Toiminnanvarmistusvastaavan tehtävänä on tehdä suositukset, joiden avulla rakennuksen toimivuutta voidaan edelleen parantaa, vastaava ei siis hyväksy tai hylkää suunnitelmia vaan antaa niihin kehitysehdotuksia. Ehdotetut parannukset on voitava perustella suunnittelijoille ja tilaajalle. Viimekädessä hankkeen tilaaja ja projektipäällikkö käyvät kaikki suunnitelmat ja ehdotukset läpi hankkeen osallisten kanssa ja tekevät päätöksen siitä, mitkä suunnitelmista toteutetaan. Suunnitteluvaiheen toiminnanvarmistussuunnitelma ja suunnitteluprusteet hyväksytään kirjallisesti tilaajan toimesta.⁶³ Kuvassa 9 on esitetty toiminnanvarmistuksen suunnitteluvaiheen prosessikaavio.



Kuva 9. Suunnitteluvaiheen ToVa-prosessikaavio⁶⁴

⁶³ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Perform Design Reviews s. 43.7

⁶⁴ ASHRAE GL-0 2013 Commissioning Process Flowchart

3.4 Rakentamisvaiheen toiminnanvarmistus

Rakentamisen aikaisen toiminnanvarmistuksen ensimmäiset keskeiset tehtävät liittyvät urakka-asiakirjoihin. Aikaisemmissa vaiheissa määritellyt toiminnanvarmistustavoitteet ja -velvoitteet on esitettävä selkeästi tarjouskyselyissä ja sopimusasiakirjoissa. Suunniteluasiakirjoja päivitetään sen mukaan, kun hankintoja tehdään. Rakennussuunnitelmissa ei voida vaatia tiettyjä tuotevalintoja, koska se rajoittaa tai jopa estää käytännössä toimittajien kilpailuttamisen. Perinteisen ajattelumallin mukaan rakentaminen on sitä, että toteutetaan suunnittelijoiden visio hyvää rakentamistapaa noudattaen. Tänä päivänä tilanne ei kuitenkaan ole enää niin yksinkertainen. Talotekniikan kehityksen ja monimutkaistamisen myötä laite- ja järjestelmätoimittajilla on usein tuotteisiin ja toimituksiin liittyvää erikoistietoa, jota tarvitaan suunnitteluprosessissa ja asennusvaiheessa. Vasta kun rakennusautomaation (RAU) toimittaja on valittu, päästään viimeistelemään suunnitelmat ja tarkastamaan, että eri järjestelmien integraatio on toteutettavissa.⁶⁵

Toiminnanvarmistusvastaava suunnittelee ja järjestää ToVa-aloituskokouksen rakennusvaiheen alussa. Tässä kokouksessa ovat läsnä tilaaja, toiminnanvarmistusvastaava, urakoitsijat ja suunnittelijat. Kokouksen tarkoituksena on käydä läpi asetetut vaatimukset ja esitellä hankkeen kommunikointikanavat ja -käytännöt. On erittäin tärkeää tuoda ilmi missä hankkeeseen liittyvää aineistoa säilytetään ja mitkä dokumentointivaatimukset kunkin tahon tulee täyttää. Aloituskokouksen päätteeksi päivitetään toiminnanvarmistussuunnitelma. Projektiin tulevat uudet osalliset, kuten teknisten järjestelmien asentajat ja testaajat, tulee myös perehdyttää toiminnanvarmistussuunnitelmaan ja kommunikointikäytäntöihin. Aloituskokouksen yhteydessä toiminnanvarmistusvastaava määrittää kunkin projektin osallisen roolin ja vastuualueet, määrittelee dokumentointimenettelyt sekä laatii toiminnanvarmistussuunnitelman ja -aikataulun rakentamisvaihetta varten.⁶⁶

Toiminnanvarmistusvastaava tarkastaa ja varmistaa toiminnanvarmistuksen alaisuuteen kuuluvat järjestelmät, laitteet, materiaalit ja asennukset. Tarkastukset suoritetaan ennalta laadittujen tarkastuslistojen perusteella. Tarkastuslistoja voidaan tarpeen mukaan täydentää ja tarkastuksissa havaitut puutteet tulee saattaa kuntoon viipymättä. Jatkuva toiminnanvarmistus pitää huolen siitä, että mahdolliset virheet tai puutteet rakentamisessa huomataan aikaisessa vaiheessa, ja näin ollen ne ovat helpommin korjattavissa. Laitteiston ja järjestelmien toimitusten valvonnassa suunnitteluryhmä tarkastaa, että toimitetut laitteet ja järjestelmät vastaavat suunnitelmia, ja mikäli poikkeamia löytyy, tulee ne arvioida ja hyväksyttää suunnitelmiin. Ennen hallintalaitteiston toimittamista ja asentamista toiminnanvarmistusvastaavan tulee järjestää kokous, jossa käsitellään järjestelmien suorituskykyä, käyttöä ja varatoimintoja, sekä miten järjestelmähallinta sijoitellaan. Ennen toteuttamista on hyvä päättää minne järjestelmien pääohjauskeskukset ja alakeskukset sijoitetaan, sekä ketkä pääsevät hallinnoimaan niitä.⁶⁷

Normaali käytäntö on, että järjestelmien käyttö- ja huolto-ohjeita aletaan laatimaan projektin loppupuolella, mutta ToVa-prosessin mukaan käyttö- ja huoltokirjan laatiminen on hyvä aloittaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Näissä ohjeissa on kuvaukset asennuksista, järjestelmien käyttöönotosta, tiedot laitteesta ja niiden suoritusarvot sekä käyttöohjeet. Rakennusvaiheen aikana laadittuja käyttö- ja huolto-ohjeita käytetään hyväksi

⁶⁵ VTT 2007 ToVa-käsikirja s.96

⁶⁶ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Construction Phase commissioning s. 43.8

⁶⁷ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Submittal Reviews s. 43.8

virallisen käyttö- ja huoltokirjan laadintaprosessissa, ennen hankkeen luovutusta. Aikaisessa vaiheessa laadittujen käyttöohjeiden avulla toiminnanvarmistusvastaava pääsee perehtymään paremmin järjestelmiin ja näin ollen pystyy laatimaan tehokkaammat toiminnanvarmistustoimenpiteet ja toimintakokeet laitteiden käyttöönottoa varten.⁶⁸

Rakentamisvaiheessa laaditut dokumentit kuten sopimusasiakirjat, hankkeen lähtötiedot ja suunnitelmamuutokset tulee tarkastuttaa toiminnanvarmistusvastaavalla, jotta mahdolliset toiminnanvarmistusta tai säädöksiä koskevat poikkeamat huomataan. Toiminnanvarmistusvastaava tarkastaa, että uudet asiakirjat eivät ole ristiriidassa toiminnanvarmistussuunnitelman tai tilaajan tavoitteiden kanssa. Toiminnanvarmistusvastaava kommunikoi projektipäällikön ja muiden projektin vastaavien kanssa toiminnanvarmistuksen aikataulun ja toteutuksen yhteensovittamisesta hankkeen muun aikataulun kanssa. Toiminnanvarmistusvastaavan tulee osallistua hankkeen työmaa- ja suunnittelukokouksiin, jotta hän pysyy ajan tasalla hankkeen edetessä tapahtuneista muutoksista ja tarvittaessa tiedottaa muuta työryhmää toiminnanvarmistustoimenpiteistä. Hankkeen alkuvaiheessa toiminnanvarmistusvastaava voi toimia kokouksen puheenjohtajana ja ohjata kokouksen kulua. Myöhemmässä vaiheessa ToVa-vastaavan ei tarvitse osallistua kaikkiin kokouksiin, vaan ainoastaan niihin, joissa käsitellään toiminnanvarmistukseen liittyviä toimenpiteitä tai ongelmia. Kokouksiin tulee osallistua sellaisten henkilöiden, joilla on riittävä tekninen tietotaito hallussa omasta osa-alueesta, sekä oikeus vastata omaa organisaatiota koskevista päätöksistä.⁶⁹

Toiminnanvarmistusvastaava toimittaa tilaajalle ja urakoitsijoille säännöllisin väliajoin tiedotteen ToVa-prosessin etenemisestä. Tiedotuksen tiheys tyypillisesti tihenee hankkeen loppua kohden. Raportissa käsitellään prosessin työn alla olevia vaiheita, suorituksia, tulevia toimenpiteitä sekä ilmenneitä ongelmia. Tilaajan vaatimukset (OPR) ja hankesuunnitelman (CP) tulee olla jatkuvasti ajan tasalla. Rakennushankkeen edetessä suunnitelmiin tulee lähes poikkeuksetta muutoksia. Uudet sopimukset, muutokset suunnitelmiin ja yksittäisprosesseja koskevat lisäselvitykset ja tarkennukset tulee aina päivittää tilaajan tavoitteisiin ja toiminnanvarmistussuunnitelmaan. Toiminnanvarmistussuunnitelmien päivittäminen kuuluu tyypillisesti ToVa-vastaavan vastuulle. Näiden asiakirjojen päivittäminen jatkuu tyypillisesti yli kohteen käyttöönoton ja viimeistely toteutetaan muutama kuukausi hankkeen luovutuksen jälkeen.⁶⁹

Tilaajan edustajan läsnäolosta ja valtuuksista on sovittava kirjallisesti. Toiminnanvarmistussuunnitelmassa tulee olla selvitys siitä, missä laajuudessa tilaajan edustaja tarkastaa ja hyväksyy hankkeen toimitukset, asennukset ja tarkastus- sekä testausprosessit. Toiminnanvarmistusvastaava toimii tilaajan edustajan ja urakoitsijan välillä ja toimittaa urakoitsijalle tiedon tilaajan edustajan osallistumisesta. ToVa-vastaavan tulee yhdessä valvojien ja urakoitsijoiden kanssa käydä säännöllisin väliajoin kohteessa tarkastamassa asennusten eteneminen. Toiminnanvarmistusvastaava osallistuu tarvittaessa malliasennusten ja järjestelmäsennusten tarkastukseen, sekä hyväksyy nämä ennen etenemistä seuraaviin asennuksiin. Mikäli työmaalla havaitaan mitään mikä vaikuttaa järjestelmien suorituskykyyn, toimivuuteen, tai muihin järjestelmävaatimuksiin tulee siitä raportoida viipymättä. Työmaalla tehtävät tarkastukset on hyvä kohdistaa järjestelmiin ja prosesseihin, joissa on havaittu aikaisemmin ongelmia tai ne ovat hankalissa kohdissa, sekä sellaisiin osa-aluei-

⁶⁸ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Early O&M Data s. 43.8

⁶⁹ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Construction Phase Commissioning s. 43.8

siin, jotka on määritelty tarkastuslistoissa. On melkein mahdotonta tarkastaa kaikkia asennuksia yksityiskohtaisesti, joten tarkastusten priorisointi on ongelmien havaitsemisen kannalta hyvin tärkeää. Toiminnanvarmistussuunnitelmassa on oltava ohjeistus, miten tarkastukset ja havaitut virheet kirjataan. Tyypillisesti laaditaan raportti suoritettusta toimenpiteestä ja havainnoista, tai käytetään puutelistoja ja ennakoivaa tarkastusraportointia. Valmiusaste päivitetään tyypillisesti työmaakerroksen yhteydessä.⁷⁰

Tarkastuslistojen laatiminen isoimmille laite- ja järjestelmäkokonaisuuksille aloitetaan jo suunnitteluvaiheessa. Tarkastuslistat voivat olla toiminnanvarmistusvastaavan laatimia, mutta hyvin yleistä on myös, että suunnittelija ja laitevalmistaja itse laativat laitetta ja järjestelmää koskevat tarkastuslistat. Tyypillistä on myös yhdistellä eri tahojen laatimia tarkastuslistoja ja näin saadaankin kaikista kattavin tarkastus suoritettua. Tarkastuslistojen täyttämistä vastuu määritellään projektikohtaisesti. Tyypillisesti urakoitsija täyttää tarkastuslistat asennustyötä ja käyttöönottoa suorittaessa, mutta toisinaan toiminnanvarmistusvastaava tulee suorittamaan tarkastuslistojen läpikäymisen. Urakoitsijan suorittaessa tarkastukset, tulee suorittaja toimittaa tarkastusraportit ja -listat toiminnanvarmistusvastaavalle hankkeen käytäntöjen mukaisesti. ToVa-vastaava tarkastaa dokumentit, sekä suorittaa tarpeen vaatiessa pistokoemaisesti tarkastuksia asennuksiin. Normaalityötilanteissa riittää, kun noin 10-20% asennuksista tarkastetaan. Mikäli tarkastetuissa asennuksissa huomataan puutteita, tulee urakoitsijan tarkastuttaa ja raportoida myös kaikki tarkastamattomat asennukset. Urakoitsijan toimittamissa asiakirjoissa tulee ilmetä, miten testaukset on tehty ja mihin toimenpiteisiin puutteiden korjaamiseksi on ryhdytty. Sitten kun kaikki asennukset on tarkastettu ja hyväksymisasiakirjat on arkistoitu, voidaan siirtyä järjestelmien ja laitteiden toiminatarkastuksiin.⁷¹

Isoissa projekteissa on väistämätöntä, että hankkeessa ilmenee asioita, jotka tuottavat ongelmia toiminnanvarmistamisessa. ToVa-vastaavan tulee pitää kirjaa toiminnanvarmistuksessa ilmenneistä ongelmista ja tiedottaa niistä tilaajaa, urakoitsijaa ja suunnittelijoita. Ilmenneet ongelmat tulee kirjata yksityiskohtaisesti ja niiden korjaaminen on priorisoitava tärkeysjärjestyksessä. Ilmenneiden ongelmien ratkaisemisesta ja toiminnanvarmistustoimenpiteiden muuttumisesta tulee laatia asiakirja dokumentoitavaksi. Toiminnanvarmistusvastaava jakaa päivitetyn tilanneraportin tilaajalle, projektipäällikölle, urakoitsijoille ja suunnittelijoille työmaalla sekä kokouksissa. Tilanneraportin ylläpitäminen myös sähköisessä muodossa esimerkiksi projektipankissa on suotavaa.⁷²

Jokaisen toiminnanvarmistuksen alaisuudessa olevan järjestelmän ja laitteiston toimintakokeista ja testauksista on laadittava yksityiskohtainen vaiheistettu suoritusohje. Manuaalisilla testauksilla tarkastetaan laitteen sen hetkistä toimivuutta ja monitoripohjaisilla testauksilla tarkastetaan laitteen käytönaikaisia ominaisuuksia ja kerätään dataa mitattavista suureista. Monitoroitua testausainestoa päästään analysoimaan tyypillisesti vasta viikkoja mittauksen jälkeen. Automatisoitu testausjärjestelmä kerää ja/tai analysoi järjestelmän toimivuutta sähköisesti. Tuloksien tarkastamiseen käytetään tietokoneavusteisia ohjelmistoja, jotka on suunniteltu näiden järjestelmien aputyökaluiksi. Testausmenetelmien ohjeistuksen laadinta pitää aloittaa tarpeeksi aikaisessa vaiheessa, mielellään heti

⁷⁰ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Construction Phase Commissioning s.43.8

⁷¹ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Construction check-lists and start-up s. 43.8

⁷² ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Commissioning Issues management s. 43.8

laitetoimituksen jälkeen, sillä testausmenetelmät tulee tarkastaa ja hyväksyttää ennen toimintakokeiden suorittamista. Testausmenetelmät perustuvat tyypillisesti noudatettaviin standardeihin, säännöksiin, käyttö- ja huolto-ohjeisiin, valmistajan käyttöoppaaseen sekä aikaisemmin hyväksi todettuihin käytäntöihin vastaavissa järjestelmissä. Testauksissa on tärkeää varmistaa toimivuus kaikissa olosuhteissa ja käyttötilanteissa. Testausohjeissa on kuvattu selkeästi toimintakokeen vaatimukset, testausolosuhteet, yksittäisten testien proseduurit, sekä odotettavissa olevat tulokset. Näiden lisäksi ohjeistuksen pitää käsitellä poikkeamatoleranssit, hyväksymiskriteerit sekä raportointikäytäntö toimintakokeissa saaduista tuloksista. Mikäli testin suorittamisessa havaitaan poikkeamia testaussuunnitelmaan nähden, tulee niistä mainita erikseen testausraportissa.⁷³

TATE-järjestelmien suunnittelijoiden tulee olla tarvittaessa mukana taloteknisten järjestelmien testauksen suunnittelussa ja organisoinnissa. TATE-suunnittelijat toimivat yhteistyössä testauksista vastaavan tahon kanssa ja organisoivat yhdessä käyttöönnotto-, säätö- ja tasapainotustoimenpiteet, sekä laativat testaussuunnitelman. Toiminnanvarmistusvastaava on mukana prosessin suorittamisessa ja dokumentoinnissa, sekä varmistaa että testaukset noudattavat tilaajan tavoitteita sekä toiminnanvarmistussuunnitelmaa. Lopullisessa testausprosessissa on siis yhdistetty eri osapuolien ohjeita ja tietämystä, näin ollen varmistetaan, että laitteistot ja järjestelmät testataan mahdollisimman kattavasti ja turvallisesti. Testauksessa on myös hyvä huomioida, ettei toimittajan takuu vaaranna testauksen yhteydessä. Testauksissa on aina noudatettava vallitsevia rakennusmääräyksiä ja ohjeita lain edellyttämässä laajuudessa. Vaikka hankkeessa olisi mukana toiminnanvarmistus, on tiettyjen järjestelmien toimivuus projektin suunnittelijoiden, urakoitsijan ja valvojien vastuulla. Tyypillisesti LVI-asennukset ja säätö ovat kyseisen tekniikan alan urakoitsijan vastuulla. Sama pätee sähkö-, TELE- ja muiden erityisjärjestelmien asennukseen. Yleisesti voidaan sanoa, että toiminnanvarmistuksen tarkoituksena on varmistaa tilaajan tavoitteiden toteutuminen, ei kantaa vastuuta järjestelmien toimivuudesta. Toisin sanottuna, normaali vastuunjako hankkeen eri osioiden suunnittelusta ja vastuusta säilyy edelleen suunnittelijoilla ja urakoitsijalla. Osassa projekteista toiminnanvarmistus on toteutettu enemmän keskitetysti ja toisinaan eri järjestelmien asiantuntijat varmistavat oman osa-alueensa toimivuuden. Hankekohtainen vastuunjako tulee olla kirjattuna suunnitteluvaiheessa laadittuihin laadunvarmistusasiakirjoihin.⁷⁴

Projektit ovat yksilöllisiä ja toimintatavat vaihtelevat, mutta vähintään seuraavat asiat pitää ottaa huomioon järjestelmätestauksia suorittaessa;⁷⁴

- testausmenetelmät ovat luotettavia ja kattavia
- testausten suorittajilla on riittävä ammattitaito toteuttaa testaus ja laatia raportit
- testaus suoritetaan objektiivisesti
- testaustulokset on kirjattu ja arkistoitu

Urakoitsijoiden vastuulla olevien järjestelmien testauksesta vastaa yleensä urakoitsija itse. Näiden testausmenpiteiden lisäksi toiminnanvarmistusvastaava voi laatia lisätestauksia täydennykseksi. Testaukset ovat yleensä laajempia, tai ne sisältävät sellaisia järjestelmän osia, joita ei ole testattu urakoitsijan toimesta. Toiminnanvarmistusvastaava on aktiivisesti mukana urakoitsijan suorittamisessa tarkastuksissa. ToVa-vastaaaja tarkastaa, valvoo ja dokumentoi urakoitsijan suorittamat testaukset. Testausten objektiivisuuden ja

⁷³ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Developing test procedures s. 43.9

⁷⁴ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Testing and verification s. 43.9 Responsibilities and Management

luotettavuuden kannalta voidaan testausten valvojaksi nimetä ulkopuolinen valvoja. Ulkopuolisten tarkastajien ja valvojien käyttämisellä varmistetaan myös toiminnanvarmistusprosessin onnistuminen. Mikäli asentaja itse testaa asennusten toimivuuden voi testatulosten objektiivisuus kärsiä, tästä syystä on järkevää varmistaa, että kolmas osapuoli joko suorittaa tarkastuksen tai valvoo urakoitsijan tarkastusta.⁷⁵ Suomessa ulkopuolisen tarkastajan käyttäminen on hyvin harvinaista. Ulkopuolinen tarkastaja saatetaan vaatia erityisen haastavassa kohteessa.

Laitteiden ja järjestelmien toimivuuden testaus on hyvä suorittaa, kun asennukset on saatettu loppuun, järjestelmät on säädetty ja ne on otettu käyttöön. Tässä vaiheessa urakoitsija on valmis luovuttamaan käyttöön otetun järjestelmän tilaajan hallintaan. Tyypillisesti projekteissa vaaditaan todistus siitä, että asennus on saatettu loppuun ja sille on tehty tarpeelliset säädöt, sekä testaukset ennen luovutusta. Ideaalituloksissa manuaaliset testaukset olisi suoritettava ennen hankkeen valmistumista, mutta todellisuudessa osa tehdään usein aikataulullisista syistä hankkeen käyttöönoton jälkeen. Monitori-pohjaiset testaukset aloitetaan tyypillisesti vasta luovutuksen jälkeen. Osa testauksista on suoritettava tiettyyn vuodenaikaan, tai maksimikäyttöasteen aikana, joten näiden testausten suorittamiseen saattaa mennä enemmän aikaa. Esimerkiksi ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tehokkuutta on syytä monitoroida eri vuodenaikoina, jotta saadaan luotettavaa tietoa järjestelmän toimivuudesta.⁷⁶

Testauksen laajuus on aina suunniteltava hankekohtaisesti. Minimivaatimus on, että järjestelmien toimivuutta tarkkaillaan ja tulokset dokumentoidaan vähintään järjestelmän normaaleissa käyttötilanteissa, hätätilanteessa, minimi- ja maksimikuormituksen alaisena, sekä eri vuodenaikoina. Mittaustuloksia tulee verrata suunnitteluvaiheessa ja rakennusvaiheessa asetettuihin tavoitteisiin. Järjestelmätestauksista saatujen tulosten perusteella arvioidaan, kuinka hyvin tilaajan tavoitteet on kunkin järjestelmän osalta toteutuneet. Tällaiset testaukset ovat nimenomaan tyypillisiä toiminnanvarmistusprosessin tehtäviä, eikä näin laajat testaukset kuulu urakoitsijan perusvastuusiin. Testaustulokset dokumentoidaan hankkeen dokumentointikäytäntöjä noudattaen. Testausten aikana on tyypillistä muuttaa järjestelmien asetuksia optimaalisen toimivuuden saavuttamiseksi. Mikäli toimivuudessa havaitaan puutteita, tulee ne kirjata ylös, korjata ja suorittaa testaus uudelleen.⁷⁷

Mikäli hankkeessa on käytetty talotekniikka-automaatiota, toimii se tyypillisesti päätyökäytönä järjestelmätestausten suorittamisessa. Ennen kuin automaatiojärjestelmää käytetään toimivuuden mittaamiseen tulee varmistaa, että automaatiojärjestelmän mittarit ja anturit on kalibroitu ja ne toimivat riittävän tarkasti. Normaali käytäntö on, että kaikki teknisten järjestelmien automaatiossa käytettävät sensorit ja mittarit tulee olla tarkastettuna urakoitsijan puolesta.⁷⁸

⁷⁵ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Testing and verification s. 43.9 Responsibilities and Management

⁷⁶ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Testing and verification s. 43.9 Verification testing scheduling

⁷⁷ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Testing and verification s. 43.9 Testing Scope

⁷⁸ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Testing and verification s. 43.9 Manual testing methods

Laajennetun toiminnanvarmistuksen suorittaminen vaatii, että rakennuksen toimivuutta monitoroidaan jatkuvasti. Esimerkiksi monitorointi on osana LEED hankkeiden laajennettua toiminnanvarmistusta⁷⁹. Monitoroinnilla saatuja tuloksia käytetään tilaajan tavoitteiden toteutumisen validoimisessa. Monitoroinnin hyvä puoli on se, että se seuraa rakennuksen toimivuutta ja esimerkiksi energiatehokkuutta vaihtelevien sääolosuhteiden aikana. Monitorointi ei kuitenkaan korvaa manuaalisesti suoritettuja testejä, jotka ovat tyypillisesti laajempia ja kattavat perusteellisesti erityistilanteet. Monitorointi antaa kuvan järjestelmien toimivuudesta, normaali-, käynnistys-, sulkemistilanteissa ja viikonloppukäytössä. Toiminnanvarmistusvastaava analysoi monitoroinnin tuottaman aineiston ja laatii siitä raportin, sekä parannusehdotukset, mikäli puutteita havaitaan.⁸⁰

Rakennushankkeissa on tärkeää ohjeistaa käyttäjiä järjestelmien oikeaoppiseen ja energiatehokkaaseen käyttöön. Toiminnanvarmistusvastaava avustaa tilaajaa suunnittelemaan ja toteuttamaan käyttäjille tarpeelliset koulutus- ja informaatiotilaisuudet. Rakennuksen käyttäjien ja huoltohenkilökunnan koulutusvaatimukset on asetettu jo hankkeen suunnitteluvaiheessa osana toiminnanvarmistusprosessia. Suurin osa koulutuksesta on hyvä järjestää jo rakennusvaiheessa, ennen rakennuksen luovutusta. On kuitenkin todettava, että osa järjestelmistä on sen verran teknisesti haastavia, että niiden käytöstä tulisi järjestää useampia koulutuksia. Osa järjestelmistä on käytössä ainoastaan tietyinä aikana vuodesta, joten näiden järjestelmien käyttökoulutus on hyvä tehdä vasta silloin kun järjestelmät otetaan käyttöön. Tarkoituksenmukainen koulutus pitää sisällään järjestelmän käyttöä ja huoltamista varten laaditut ohjeet. Sähköisessä muodossa oleva koulutusmateriaali on suositeltavaa, sillä sitä voidaan käyttää myös tulevaisuudessa uusien käyttäjien kouluttamiseen. Koulutusmateriaali pitää sisällään tyypillisesti seuraavia asiakokonaisuuksia,⁸¹

- yleinen järjestelmäkuvaus
- käyttö- ja huolto-ohjeet
- TATE-suunnitelmat ja piirustukset
- järjestelmän käynnistys, sulkeminen, kapasiteetin säätö ja muutosohjeet
- hälytys- ja vika- ja poikkeustilanteet
- järjestelmien integraatio
- järjestelmän energiatehokkuuden optimointi
- mahdolliset terveyteen ja turvallisuuteen vaikuttavat asiat
- huolto ja korjaustoimenpiteet
- takuuajan huoltokäytännöt
- käyttäjien mahdollisuus laitteen hallintaan
- ympäristönäkökannat

ToVa-vastaava kerää yhteen kaiken aineiston, mikä liittyy hankkeen toiminnanvarmistamiseen. Osa tästä materiaaleista yhdistetään käyttö- ja huoltokirjaan, jotta kokonaisuudesta saadaan mahdollisimman kattava. Lopullinen toiminnanvarmistusaineisto pitää sisällään ToVa-loppuraportin, virhelistat ja korjaukset, ToVa-suunnitelman, työvaiheil-

⁷⁹ LEED BD+C Enhanced and monitoring-based Commissioning v4.1

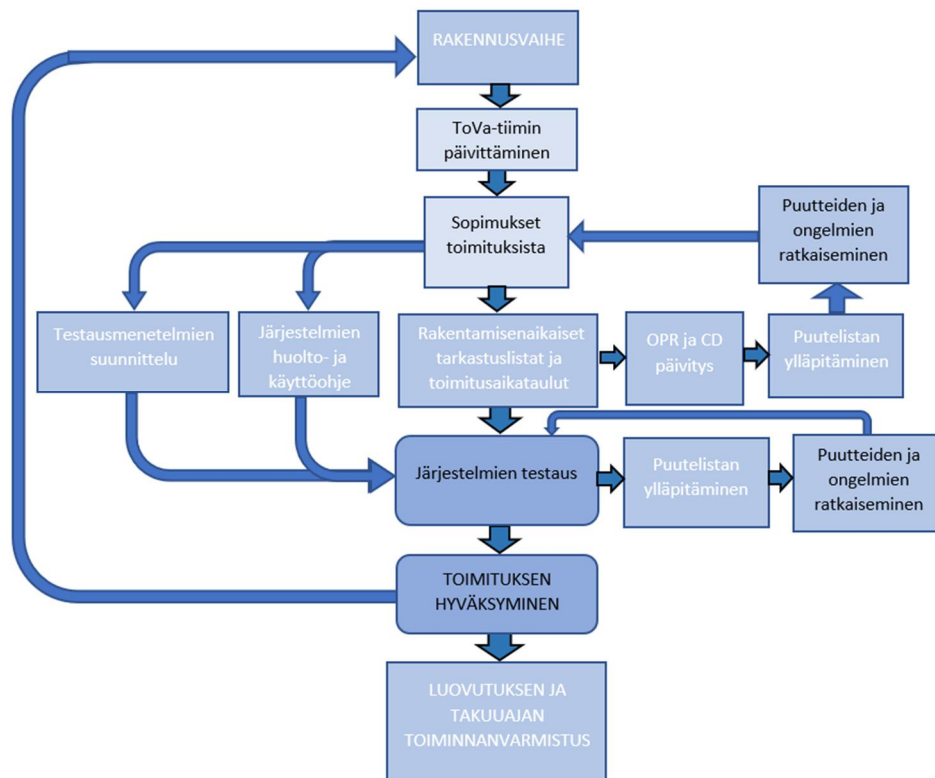
⁸⁰ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Testing and verification s. 43.9

⁸¹ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Training s. 43.10

moitukset, kaikkien järjestelmien käyttö- ja huolto-ohjeet, koulutusmateriaalin, testausaikataulun ja -tulokset, tarkastuslistat, käyttöönottoraportit, sekä mittausanalyysit. Toiminnanvarmistusvastaava laatii lopullisen toiminnanvarmistusraportin, joka kattaa kaikki toiminnanvarmistuksen alaiset laitteet ja järjestelmät. Raportissa tulee käsitellä vähintään seuraavat osiot;⁸²

- järjestelmäasennukset ja niiden testauksessa käytetyt menetelmät
- järjestelmien tehokkuus ja toimivuus testitulosten perusteella
- järjestelmien käyttö- ja huoltokirja
- käyttöhenkilökunnan koulutus
- selonteko mahdollisista poikkeamista
- tiivistetty kuvaus validointimenetelmistä
- yhteenveto testaustuloksista ja toimivuudesta
- lopulliset TATE-suunnitelmat
- mahdolliset sertifikaatit ja takuutodistukset
- raportit hankkeen aikana ilmenneistä ongelmista ja niiden ratkaisuksista
- tiedot urakoitsijoiden ja aliorakoitsijoiden toimituksista ja asennuksista
- valtuutettujen järjestelmätestaajien antamat todistukset ja sertifikaatit
- mahdolliset tilakohtaisten vaatimusten todentaminen mittauksilla

Kuvassa 10 on esitetty rakentamisvaiheen toiminnanvarmistuksen prosessikaavio. Toimituksen hyväksymisen jälkeen siirrytään rakennuksen luovutusta ja vastaanottomenetelyä koskeviin toiminnanvarmistustehtäviin.



Kuva 10. Rakentamisvaiheen toiminnanvarmistuksen prosessikaavio⁸³

⁸² ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Final Commissioning Report s. 43.10

⁸³ ASHRAE GL-0 2013 Commissioning Process Flowchart

Toiminnanvarmistusvastaava päivittää lopullista toiminnanvarmistusraporttia sen mukaan, kun käytönaikaisesta toiminnanvarmistuksesta tulee uutta aineistoa. Rakennusvaiheen päättyessä urakoitsija, suunnittelijat, tilaaja ja ToVa-vastaava varmistavat, että kaikki rakennusvaiheessa laadittu projektiaineisto arkistoidaan sovitulla tavalla.

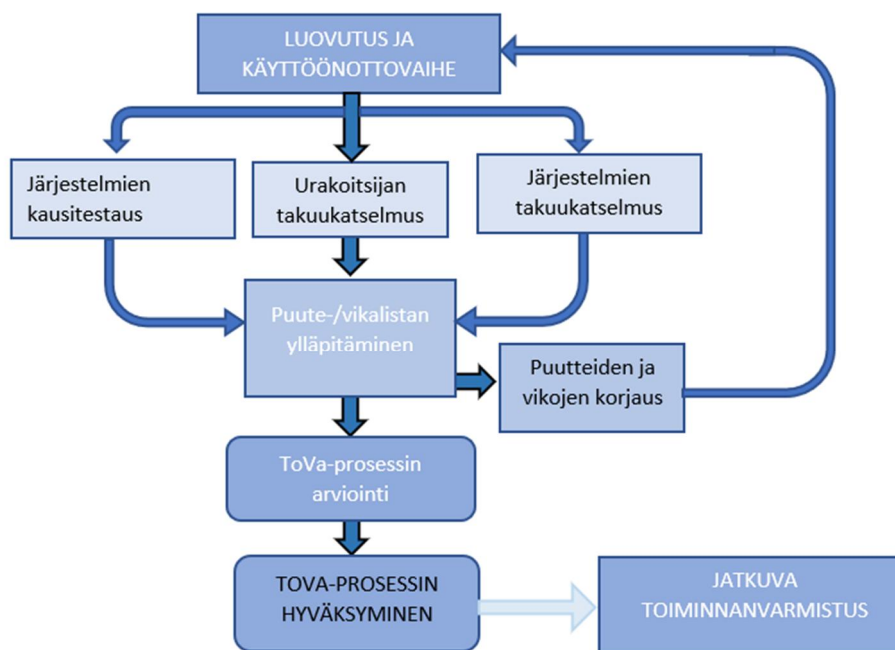
3.5 Luovutuksen ja takuuajan toiminnanvarmistus

Kuvassa 11 on esitetty luovutus ja käyttöönottovaiheen toiminnanvarmistuksen prosessi-kaavio. Luovutuksen ja takuuajan toiminnanvarmistus alkaa tyypillisesti analysoimalla ja säätämällä monitoroinnin avulla järjestelmien toimintoja. Järjestelmien optimointi tehdään tyypillisesti ensimmäisien käytönaikaisten kuukausien aikana. Hankkeesta riippuen toiminnanvarmistusta jatketaan tyypillisesti vähintään kaksi vuotta, mutta toisinaan myös pidempään. Luovutuksen ja käytönaikaisen toiminnanvarmistuksen toimenpiteitä ovat; ⁸⁴

- käyttö- ja huoltohenkilökunnan koulutuksen loppuun vieminen
- toiminnanvarmistuksen kausitestaukset
- laitteistojen ja järjestelmien epänormaalin toiminnan korjaaminen/selvittäminen ennen takuuajan päättymistä
- toiminnanvarmistusta koskevien tavoitteiden saavuttamisen arvioiminen
- toiminnanvarmistamiseen liittyneiden ongelmien selvittäminen

Toiminnanvarmistusvastaava varmistaa, että kaikki keskeneräiset koulutukset viedään loppuun sopimusten mukaisesti. Erytystä huomiota on kiinnitettävä sellaisten järjestelmien koulutuksiin, joiden käyttö on kausiluonteista. Sama pätee myös näiden laitteiden kausittaisen toimivuuden testauksessa. Laitteistojen toiminta tulee testata eri vuodenaikoina, koska järjestelmän tehokkuus ja kapasiteetti saattavat vaihdella merkittävästi. Esimerkkinä voidaan pitää tilannetta missä rakennus valmistuu talvella, joten jäädytysjärjestelmän huippukuorma on vasta keskikesällä, näin ollen järjestelmän maksimikuormituskokeet täytyy tehdä myös huippukuorman aikana. Testaukset täytyy toteuttaa valtuutetun testaajan toimesta, tai toiminnanvarmistusvastaavan valvonnan alaisena. Toiminnanvarmistusvastaava voi ennen takuuajan päättymistä tarkastaa rakennuksen toimivuuden ja esimerkiksi haastatella huoltohenkilökuntaa, jotta käytön aikana ilmenneet ongelmat tulevat esille. Tämän lisäksi eri ympäristösertifikaateilla on erikseen määriteltäviä vaatimuksia käytönaikaiseen toiminnanvarmistukseen. Toiminnanvarmistussuunnitelmaan päivitetään vastaanoton ja takuuajan toiminnanvarmistustoimenpiteet ja tiedot mahdollisista ongelmista, jotka ovat ilmenneet käytön aikana. Päivitykset tehdään toiminnanvarmistussuunnitelmaan, tilaajan tavoitteisiin ja järjestelmäohjeisiin, niin että kaikki asiakirjat ovat päivitettyinä ennen takuuajan päättymistä. Takuuajan päätteeksi toiminnanvarmistusvastaava pitää kokouksen hankkeen tilaajan ja muiden osapuolien kanssa. Kokouksessa arvioidaan toiminnanvarmistusprosessin onnistuminen. Tarkoituksena on käydä läpi koko prosessi, mikä meni hyvin ja missä on parantamisen varaa tulevaisuutta silmällä pitäen. Toiminnanvarmistusvastaava laatii kokouksesta pöytäkirjan, jonka hän jakaa osallisille. ⁸⁴

⁸⁴ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Occupancy and Operations Phase s. 43.10



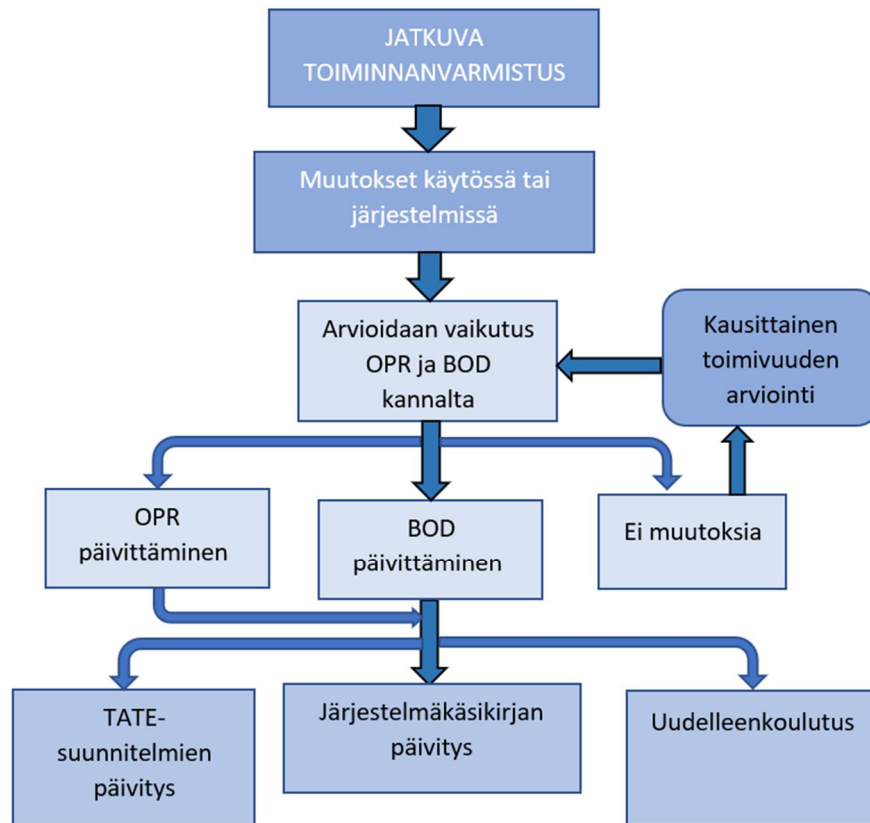
Kuva 11. Luovutuksen ja käyttöönoton aikaisen toiminnanvarmistuksen prosessikaavio⁸⁵

3.6 Jatkuva toiminnanvarmistus

Rakennuksen järjestelmien jatkuva monitorointi ja ennalta määritelty kausittainen järjestelmien uudelleen testaus on suositeltavaa, jotta rakennuksen toimivuus ei heikkene käytön aikana. Tilaajan rakennukselle asettamat tavoitteet ovat koskeneet nimenomaan rakennuksen toimivuutta normaalissa tilanteessa, joten jatkuvalla toiminnanvarmistuksella varmistetaan, että hyvin suunniteltu ja toteutettu rakennus säilyttää toimivuutensa. Englanninkielessä jatkuvaa toiminnanvarmistusta kutsutaan termillä ”recommissioning”, suomen kielessä puhutaan jatkuvasta toiminnanvarmistuksesta. Toisinaan jatkuva toiminnanvarmistus perustuu järjestelmien monitorointiin ja mitattujen parametrien analysointiin. Laajemmat jatkuvan toiminnanvarmistuksen suunnitelmat voivat myös pitää sisälleen järjestelmien uudelleen testausta ja kalibroimista ennalta määritellyin väliajoin. Tässä tapauksessa testaukseen kuuluu monitoroinnin lisäksi myös manuaalisia testausmenetelmiä.⁸⁶ Kuvassa 12 on esitetty ToVa-prosessin viimeisen vaiheen jatkuvan toiminnanvarmistuksen prosessikaavio.

⁸⁵ ASHRAE GL-0 2013 Commissioning Process Flowchart

⁸⁶ ASHRAE Handbook 2011 Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications, CH 43 HVAC Commissioning: Occupancy and Operations Phase s. 43.11 Ongoing or recommissioning



Kuva 12. Jatkuvan toiminnanvarmistuksen prosessikaavio⁸⁷

⁸⁷ ASHRAE GL-0 2013 Commissioning Process Flowchart

4 Ympäristösertifikaattien ToVa-vaatimukset

Niin sanottu ”vihreä” ekorakentaminen tai ekologinen rakentaminen terminä on Suomessa varsin laajasti käytetty. Termi ei ole yksiselitteinen ja se voidaan yhdistää monenlaisiin rakennuksen ominaisuuksiin ja tavoitteisiin, joten selvyuden vuoksi käsite on hyvä määritellä täsmällisemmin. World Green Building Councilin (WGBC) ⁸⁸ mukaan vihreä rakennus on rakennus, jonka suunnittelu, rakennuttaminen ja käyttö kuluttaa mahdollisimman vähän luonnonvaroja, vähentää tai poistaa haitallisia ympäristövaikutuksia ja luo myönteisiä vaikutuksia ilmastolle ja luonnolliselle ympäristölle. Vihreät rakennukset säilyttävät arvokkaita luonnonvaroja ja parantavat käyttäjien elämänlaatua.

Vihreän rakennuksen määritelmän täyttymiseen vaikuttaa monet ominaisuudet. WGBC listasi seuraavat ominaisuudet, jotka tekevät rakennuksesta vihreän;

- Energian, veden ja muiden resurssien tehokas käyttö.
- Uusiutuvan energian, kuten tuuli- ja aurinkoenergian käyttö.
- Saastumisen ja jätteiden vähentäminen.
- Uudelleen käytön ja kierrätyksen mahdollistaminen.
- Hyvä sisäilmanilmanlaatu.
- Myrkyttömien, eettisten ja kestävien rakennusmateriaalien käyttö.
- Ympäristön huomioon ottaminen suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä.
- Asukkaiden ja käyttäjien elämänlaadun huomioon ottaminen suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä.
- Suunnittelu, joka mahdollistaa sopeutumisen muuttuvaan ympäristöön.

Rakennuksen ympäristöystävällisyys koostuu siis monesta eri tekijästä, joka tekee rakennusten vertailemisen ja arvioimisen monimutkaiseksi. Ympäristösertifiointijärjestelmät on perustettu vastaamaan tähän haasteeseen. Ympäristösertifiointijärjestelmät on laadittu työkaluiksi kiinteistöjen ympäristötehokkuuden mittaamiseen, todentamiseen ja vertailtavuuden mahdollistamiseen. Sertifiointiprosessi varmistaa sen, että kestävä kehityksen mukainen toiminta on lähtökohtana läpi koko hankkeen. Keskeinen osa sertifiointiprosessia on kolmannen osapuolen suorittama arviointi, jolla varmistetaan, että rakennus suunnitellaan, rakennetaan ja se toimii tarkoituksenmukaisesti. Juuri ympäristösertifikaattien kautta toiminnanvarmistus on saanut ansaitsemaansa huomiota rakennus sektorilla.

Seuraavaksi tässä luvussa esitellään Suomessa yleisimmin käytetyt ympäristösertifikaatti ja niiden toiminnanvarmistusvaatimukset. Green Building Council Finland (GBCF) julkaisi tilaston ympäristösertifioitujen hankkeiden määrästä Suomessa syyskuussa 2018. ⁸⁹ Taulukossa 1 on GBCF julkaisema tilastotieto Suomessa käytetyistä ympäristösertifikaateista.

⁸⁸ World Green Building Council Green Building: About Green Building

⁸⁹ Green Building Council Finland: Tietopankki ympäristöluokitukset

Taulukko 1. Suomessa sertifioitujen hankkeiden määrä syyskuussa 2018⁹⁰

	<i>Uudisrakennukset</i>	<i>Käytössä olevat rakennukset</i>
<i>LEED</i>	109	37
<i>BREEAM</i>	73	76
<i>Joutsenmerkki</i>	3	0
<i>RTS-luokitus</i>	0	0
<i>WELL</i>	0	1

Tässä työssä käsitellään yksityiskohtaisemmin LEED-, BREEAM-, ja RTS-hankkeiden toiminnanvarmistusvaatimuksien. LEED ja BREEAM ovat luonnollisesti tarkastelussa mukana, koska nämä sertifikaatit ovat vakiinnuttaneet asemansa rakennusalalla ja ovat kansainvälisesti käytössä. Vaikka GBCF julkaiseman tilaston mukaan Suomessa ei ollut syyskuussa 2018 yhtään RTS-ympäristöluokituksen saanutta rakennusta, on luokitus tärkeä ottaa mukaan vertailuun muutamastakin eri syystä. Ensinäkin RTS-luokitus ottaa huomioon suomalaiset olosuhteet, lainsäädännön ja kiinteistökannan erityispiirteet. RTS-ympäristöluokitus pohjautuu eurooppalaisiin standardeihin (CEN TC 350 standardit) ja perustuu suurelta osin alan yhteisiin kansallisiin käytäntöihin⁹¹. Rakennustiedon julkaiseman tiedotuksen mukaan joulukuussa 2018 RTS-ympäristötyökäytäviä aktiivisia hankkeita oli 76 kappaletta⁹². Näin ollen voimme olettaa, että RTS-luokituksen käyttö on yleistymässä.

Joutsenmerkki, WELL-standardi ja muut kansainväliset Suomessa harvinaisemmat ympäristösertifikaatit jäävät tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Joutsenmerkki ympäristösertifikaatti asettaa rakennukselle tiettyjä vaatimuksia koskien rakennusmateriaaleja, energiatehokkuutta sekä rakennuksen terveellisyyttä, mutta se ei keskity niinkään talotekniseen toiminnanvarmistusprosessiin. WELL-standardi on Yhdysvalloissa 2014 lanseerattu kiinteistöalan luokitus, joka perustuu alan johtavaan tutkimukseen⁹³. Sen tavoitteena on tuottaa tiloja, jotka tutkitusti edistävät ihmisten terveyttä ja hyvinvointia. Näin ollen, WELL-sertifikaatti on enemmänkin standardi eikä luokitus, joten se ei aseta toiminnanvarmistusvaatimuksia rakennukselle.

4.1 LEED

LEED (Leadership in Energy and Environment Design) on kansainvälisesti käytetty yhdysvaltalainen ympäristöluokitusjärjestelmä. Ympäristöluokituksen on kehittänyt U.S. Green Building Council (USGBC). LEED-sertifioinnissa riippumaton kolmas osapuoli tekee arvion siitä, onko rakennus, tila tai yhdyskunta suunniteltu ja rakennettu ympäristötehokkaasti. Ympäristösertifikaatin asettamien vaatimusten tavoitteena on pienentää rakennuksen energiankulutusta, vedenkäyttöä sekä hiilidioksidipäästöjä, ja parantaa rakennuksen sisäilmanlaatua. LEED-sertifikaatti on maailmanlaajuisesti tunnetuin sekä käytetty ympäristöluokitusjärjestelmä. Vuoden 2019 alussa LEED-ympäristösertifikaattia oli käytetty 165 maassa ja 90 000 kohteessa.⁹⁴

LEED-sertifikaatti soveltuu kaikille rakennustyypeille ja kaikille rakennusvaiheille.

⁹⁰ Green Building Council Finland: Tietopankki ympäristöluokitukset

⁹¹ Rakennustieto: RTS-ympäristöluokitus

⁹² Rakennustieto: <http://glt.rts.fi/aktiivisia-rt-ymparistotyokalua-kayttavia-hankkeita-on-jo-76-kappaletta/>

⁹³ WELL <https://www.wellcertified.com/>

⁹⁴ USGBC 2019 <https://new.usgbc.org/leed>

Järjestelmä on monipuolinen ja luokituksen voi hakea kaikenlaisille hankkeille tai ainoastaan tietyllä osalla kuten sisätilojen sovitukseen, rakenteille tai rakennuksen vaipalle. Arviointijärjestelmässä 4.1 on listattu kuusi järjestelmää, jotka pitävät sisällään useita alajärjestelmiä. Jokaisessa järjestelmässä on samat pistekategoriat, mutta vaatimukset ja pistemäärät vaihtelevat. Kaikissa järjestelmissä on pakollisia vaatimuksia, jotka tulee täyttää ja vapaaehtoisia kohtia, joista hanke ansaitsee pisteitä.

LEED-ympäristösertifikaatin pääkategoriat ja alaluokat ovat:

BD+C (Building Design and Construction) uudisrakentaminen ja korjaushankkeet luokitus on tarkoitettu kaikentyyppisille uudisrakennuksille ja suurille peruskorjaushakkeille. Tämän kategorian alaisuuteen kuuluvat seuraavat arviointiryhmät;⁹⁵

- uudisrakentaminen ja peruskorjaushankkeet (suuret talotekniset parannukset, merkittävät rakennuksen vaipan kunnostukset ja sisätilojen laajat korjaukset).
- rakenteiden, teknisten järjestelmien ja vaipan korjaus
- koulutuskeskukset kuten päiväkodit, koulut, opistot ja kampukset
- kaupalliset toimijat kuten pankit, ravintolat ja myymälät
- data-keskukset
- varastot ja jakelukeskukset
- majoitusliikkeet
- terveyskeskukset ja sairaalat

ID+C (Interior Design and Construction) Sisätilasuunnittelu ja -korjaus luokitus on tarkoitettu hankkeille, joissa rakennuksen sisätilat kunnostetaan tai muutetaan mittavassa laajuudessa. Tämän kategorian alaisuuteen kuuluvat seuraavat arviointiryhmät;⁹⁶

- julkiset rakennukset
- kaupalliset rakennukset
- majoitusliikkeet

O+M (Building Operations and Maintenance) Rakennuksen käyttö ja huolto luokitus on tarkoitettu rakennuksille, joiden toimintaa on tarkoitus parantaa korjauksen yhteydessä tai ilman. Tällainen kohde voi olla joko korjaushanke, tai pelkkä operoinnin tehokkuuden parantaminen, ilman laajoja korjaustoimenpiteitä. Tämän kategorian alaisuuteen kuuluvat seuraavat arviointiryhmät;⁹⁷

- kaupalliset rakennukset ja muut olemassa olevat rakennukset
- koulutuskeskukset
- majoitusliikkeet
- data-keskukset
- varastot ja jakelukeskukset

⁹⁵ LEED for Building Design and Construction (LEED BD+C) <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems/new-buildings>

⁹⁶ LEED for Interior Design and Construction (LEED ID+C), <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems/new-interiors>

⁹⁷ LEED for Building Operations and Maintenance (O+M), <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems/existing-buildings>

ND (Neighborhood Development) Aluekehitys luokitus on tarkoitettu uusien ja olemassa olevien alueiden kehittämishankkeita varten. LEED:in voi ottaa hankkeeseen mukaan missä tahansa hankkeen vaiheessa.⁹⁸

Näiden pääryhmien lisäksi LEED (Home) koti- sertifikaatin voi hakea pienille asunrakennuksille kuten rivitaloille tai pienelle kerrostalolle. LEED (City and Communities) Kaupungit ja yhteiskunta- sertifikaatti on puolestaan tarkoitettu hankkeille, joissa koko alueen ympäristöystävällisyys halutaan varmistaa. Näiden lisäksi sertifikaattia voidaan hakea sellaisille kohteille, joille on aikaisemmin myönnetty BD+C, ID+C tai O+M luokasta sertifikaatti.⁹⁹

LEED- luokituksen toiminnanvarmistusvaatimukset kaikista ryhmistä olisi sopiva kokonaisuus erilliseksi opinnäytetyöksi, joten käsittelyn laajuuteen täytyy tehdä rajaus. Vertailukelpoisuuden säilyttämiseksi muihin ympäristöluokitukseen nähden ja työn käyttötarkoituksen huomioon ottaen sopiva rajaus on käsitellä tarkemmin BD+C uudistuotantoa ja merkittäviä parannushankkeita koskevan luokituksen toiminnanvarmistusvaatimuksia. Jokaisen LEED hankkeen kohdalla luokitus, sen vaatimukset ja pisteytysperiaatteet on tarkastettava erikseen.

LEED-sertifikaattien jokaisessa luokassa on neljä tasoa. Pakollisten vaatimusten täyttämisen jälkeen luokituksen taso määräytyy kohteen ansaitsemien pisteiden perusteella. LEED-hankkeen kokonaispisteiden mukaan taso määräytyy seuraavan jaottelun mukaisesti;¹⁰⁰

- sertifioitu: 40-49 pistettä
- hopea: 50-59 pistettä
- kulta: 60-79 pistettä, ja
- platina: 80-110 pistettä.



Kuva 13. LEED-sertifikaattimerkit luokittain¹⁰¹

⁹⁸ LEED for Neighborhood Development (LEED ND), <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems/neighborhood-development>

⁹⁹ USGBC, LEED <https://new.usgbc.org/leed>

¹⁰⁰ USGBC, LEED rating levels

¹⁰¹ Build up EU, <http://www.buildup.eu/it/explore/links/leadership-energy-and-environmental-design-leed>

Uudisrakentamisen ja peruskorjauksen kohteissa toiminnanvarmistus on pakollinen edellytys ympäristösertifikaatin saamiseksi. Laajennetulla toiminnanvarmistamisella rakennus voi ansaita LEED 4.1 version mukaan 2-6 lisäpistettä. Kategoriassa uudistuotanto ja peruskorjaushankkeet BD+C toiminnanvarmistus on pakollisena osana kaikissa alaryhmissä koulut, liikerakennukset ynnä muut. Vaatimukset eroavat uudisrakennusten ja jo olemassa olevien rakennusten välillä. Seuraavaksi käsittelemme LEED BD+C kategorian toiminnanvarmistusvaatimukset osioissa; uudistuotannon vaatimukset, korjausrakentamisen vaatimukset ja laajennetun toiminnanvarmistuksen vaatimukset.

LEED toiminnanvarmistuksen päämääränä on tukea suunnittelua ja tilaajan tavoitteiden toteutumista energiatehokkuudessa, vedenkäytössä, sisäilmanlaadussa ja rakennuksen kestävyudessa. Pakolliset dokumentit ja teknisten järjestelmien kuten LVI, sähkö, auto-omaatio ja muut taloteknisten järjestelmien arvioinnissa noudatetaan ohjeita ASHRAE 0-2013 ja ASHARE 1.1-2007. Rakennuksen vaipan toiminnanvarmistusprosessissa tulee käyttää lisäohjeena ASTM- E2947-16 standardia.¹⁰²

Tärkeimmät ja keskeisimmät dokumentit LEED toiminnanvarmistusprosessissa ovat tilaajan tavoitteet (OPR Owner's Project Requirements) ja toiminnanvarmistussuunnitelma (BOD Basic of Design). Näiden dokumenttien laadinta alkaa hankkeen alussa ja niitä päivitetään prosessin jokaisessa vaiheissa. Toiminnanvarmistusvastaavan tehtävät LEED- ohjeistuksen mukaan ovat;¹⁰³

- Tarkastaa OPR, BOD ja projektin suunnitelmat
- Tarkastaa että projektin muiden osapuolien kuten suunnittelijoiden ja rakennuttajan suunnitelmat vastaavat tilaajan tavoitteita (OPR)
- Laatia rakennusvaiheen tarkastuslistat
- Laatia suunnitelmat taloteknisten järjestelmien testausta varten
- Puutelistan ylläpitäminen läpi koko toiminnanvarmistusprosessin
- Laatia toiminnanvarmistusraportti hankkeen loppuun
- Pitää huolta siitä, että kaikki dokumentit ja päätökset on dokumentoitu sovitulla tavalla, ja tilaaja on läpi hankkeen hyvin tiedotettu prosessin etenemisestä.

LEED-luokitus asettaa toiminnanvarmistusvastaavana (CxA Commissioning Authority) toimivalle henkilölle tiukat pätevyysvaatimukset. Uudistuotannon ja rakennusten peruskorjaus luokitusta hakevan henkilön on oltava todennettavissa olevaa kokemusta vähintään kahdesta vastaavanlaisesta kohteesta. Kohteiden toiminnanvarmistusprosessin tulee olla alkanut suunnittelun alkuvaiheessa ja jatkunut vähintään 10 kuukautta rakennuksen luovutuksen jälkeen. Toiminnanvarmistusvastaava saa olla tilaajan alaisuudessa toimiva työntekijä, ulkopuolinen konsultti, suunnittelusta tai rakentamisesta vastaavan yrittäjän työntekijä tai alihankkijan työntekijä. Tärkeintä on siis toiminnanvarmistusvastaava asiantuntemus prosessista, ei niinkään se miltä taholta vastaava nimitetään. Laajennetun toiminnanvarmistuksen suorittavalla henkilöllä on samat pätevyysvaatimukset kuin pakollisen osan vastaavalla, ja tyypillisesti molemmasta osiosta vastaa sama henkilö.¹⁰⁴

Käyttö- ja huoltosuunnitelmalla varmistetaan rakennuksen tehokas toiminta myös hankkeen valmistumisen jälkeen. Selkeä ja kattava käyttö- ja huoltosuunnitelmat varmistavat

¹⁰² USGBC, LEED v.4.1 Guide Commissioning Process Scope s.91

¹⁰³ USGBC, LEED v.4.1 Guide CxA task list s.91

¹⁰⁴ USGBC, LEED v.4.1 Guide Commissioning Authority Qualifications s.91

sen, että käyttäjät pystyvät ylläpitämään rakennuksen tehokkuutta läpi sen elinkaaren. Samalla mahdolliset ongelmat huomataan aikaisessa vaiheessa, joka puolestaan vaikuttaa järjestelmien käyttöikään ja energiankulutukseen. Seuraavassa taulukossa on esitetty olemassa olevien rakennusten LEED-ohjeistuksen vähimmäisvaatimukset käyttö- ja huoltokirjat dokumenteista;¹⁰⁵

- rakennuksen järjestelmäkuvaus
- rakennuksen käyttöaikataulu
- järjestelmien käyttöaikataulu
- järjestelmien toimintarajaukset
- valaistuksen ohjaus
- raitisilman minimilämpötila
- muutokset eri kausien, viikonpäivien ja vuorokauden aikatauluissa tai asetuseroissa
- TATE-järjestelmien ennaltaehkäisevä huoltosuunnitelma
- toiminnanvarmistussuunnitelma, joka sisältää kausittaisen toiminnanvarmistuksen vaatimukset, tehtävät sekä jatkuvat toimenpiteet kriittisten järjestelmien ylläpitämiseen.

LEED Laajennettu toiminnanvarmistus on uudistuotannon ja korjaushankkeiden luokassa oleva vapaaehtoinen osio, josta voi ansaita 2-6 lisäpistettä. Lisäpisteet on jaettu kahteen osioon; Tehostettu järjestelmän toiminnanvarmistus, josta voi ansaita 3-4 pistettä ja rakennuksen vaipan toiminnanvarmistus, josta voi ansaita 2 pistettä. Tehostetun järjestelmien toiminnanvarmistuksen kevyempi osio, josta ansaitsee 3 pistettä, koskee pääsääntöisesti toiminnanvarmistusprosessin tehostamista. Laajemmassa versiossa, josta voi ansaita 4 pistettä, vaaditaan että kohteeseen tulee monitoripohjainen jatkuva toiminnanvarmistus.¹⁰⁶

Hankkeen tavoittellessa 3 pistettä laajennetun toiminnanvarmistuksen luokasta, tulee toiminnanvarmistusvastaavan tehdä seuraavan listan mukaiset toimenpiteet. Taloteknisten järjestelmien ja uusiutuvien energiamuotojen toiminnanvarmistustehtävien suorittamisessa tulee noudattaa ohjeita ASHRAE 0-2013 ja ASHARE 1.1-2007. Ohjeen mukaisten standardien noudattamisella pyritään optimoimaan taloteknisten järjestelmien vaikutus energiatehokkuuteen, vedenkäyttöön, sisäilmastoon ja rakennuksen kestävyYTEEN.¹⁰⁷

Toiminnanvarmistusvastaavan tehtävät LEED-hankkeen laajennetussa toiminnanvarmistuksessa (3 pistettä):

- urakoitsijan toimitusten tarkastaminen
- tarkastaa, että järjestelmävaatimukset on otettu huomioon rakentamissuunnitelmissa
- tarkistaa, että käyttäjien ja huoltohenkilökunnan koulutusvaatimukset on otettu huomioon rakentamissuunnitelmissa
- käyttö- ja huoltokirjan täydennyksen ja päivittämisen varmistaminen

¹⁰⁵ USGBC, LEED v.4.1 Guide Current Facilities Requirements and Operations and Maintenance Plan s.92

¹⁰⁶ USGBC, LEED v.4.1 Guide Enhanced Commissioning s.117

¹⁰⁷ USGBC, LEED v.4.1 Guide Path 1: Enhanced Commissioning (3 points) s.117

- tarkastaa, että käyttäjien ja huoltohenkilökunnan koulutus on riittävää ja hyödyllistä
- kausitestauksen toteutumisen varmistaminen
- takuuajan katselmus 10 kuukautta hankkeen luovutuksen jälkeen
- jatkuvan ToVa-suunnitelman laatiminen

Kaikki yllä luetellut toimenpiteet, vastuut ja tehtävät tulee sisällyttää tilaajan tavoitteisiin (OPR) ja toiminnanvarmistussuunnitelmaan (BOD). Näiden asiakirjojen ylläpitäminen on toiminnanvarmistusprosessin keskeinen tehtävä.

Laajennetun (4 pisteen) toiminnanvarmistuksessa tulee täyttää kaikki aikaisemman osion (3 pisteen) tehtävät, minkä lisäksi rakennukseen on asennettava monitoripohjainen toiminnanvarmistus. Jatkuvan seurannan ”monitoroinnin” mitattavat suureet ja mittauspisteet tulee suunnitella siten, että rakennus voi toimia mahdollisimman energiatehokkaasti ja vähän vettä käyttäen. Toiminnanvarmistussuunnitelmaan tulee tämän osion täyttämiseksi lisätä vähintään seuraavat kohdat:¹⁰⁸

- roolit ja vastuut monitoroinnista
- vaatimukset koskien mitattavia suureita
- tarkat tiedot mitattavista suureista ja mittauspisteistä; mitä, mistä, milloin ja kuinka usein mitataan
- virhetoleranssit poikkeamille, sekä vertailu tavoitearvojen ja toteutuneiden välillä
- prosessit, jotka arvioivat rakennuksen toimivuutta, sekä energia- ja vedenkäytön profiileja
- toimintasuunnitelma virhe- ja poikkeamatilanteiden korjaamiseksi
- henkilökunnan koulutus virhetilanteiden välttämiseksi
- kunnossapitosuunnitelma, jonka tavoitteena on pitää järjestelmät ehjänä ja tehokkaina
- vähintään vuosikvartaaleittain suoritettu toimivuuden arviointi ensimmäisen vuoden ajalta (vähintään 4 mittausta).

Kaikki yllä luetellut toimenpiteet, vastuut ja tehtävät tulee sisällyttää tilaajan tavoitteisiin (OPR) ja toiminnanvarmistussuunnitelmaan (BOD). Näiden asiakirjojen ylläpitäminen on toiminnanvarmistusprosessin keskeinen tehtävä.

Rakennuksen vaippaa koskevan laajennetun toiminnanvarmistuksen voi lisätä hankkeeseen edellisen kohtien järjestelmien laajennetun toiminnanvarmistuksen (3-4 pistettä) lisäksi, tai yksistään ilman edellä mainittua osuutta. Vaippaa koskevan tehostetun toiminnanvarmistuksen toimenpiteiden suorittamisessa tulee noudattaa ASHRAE 0-2013 ohjetta ja E2947-16 standardia.¹⁰⁹

Toiminnanvarmistusvastaavan tehtävät rakennuksen vaipan laajennetussa toiminnanvarmistuksessa (2 pistettä) LEED-ohjeen mukaan:

- urakoitsijan toimitusten tarkastaminen
- tarkista, että käyttäjien ja huoltohenkilökunnan koulutusvaatimukset on otettu huomioon rakentamissuunnitelmissa
- käyttö- ja huoltokirja täytön ja päivityksen varmistaminen

¹⁰⁸ USGBC, LEED v.4.1 Guide Path 2: Enhanced Commissioning (4 points) s.117-118

¹⁰⁹ USGBC, LEED v.4.1 Guide Option 2. Building Enclosure Commissioning (2 points) s. 118

- tarkastaa, että käyttäjien ja huoltohenkilökunnan koulutus on riittävää ja hyödyllistä
- kausitestauksen varmistus
- takuuajan katselmus 10 kuukautta hankkeen luovutuksen jälkeen
- (Data-keskuksille lisävaatimuksia)

Kaikki yllä luetellut toimenpiteet, vastuut ja tehtävät tulee sisällyttää tilaajan tavoitteisiin (OPR) ja toiminnanvarmistussuunnitelmaan (BOD). Tässä työssä keskityttiin uudistuantoa ja korjaushankkeita koskevaan ohjeistukseen, mutta koska LEED-ympäristösertifikaatissa on useampia laatuja järjestelmiä eri tyyppisille hankkeille, on projektissa noudatettava ohje aina tarkastettava tapauskohtaisesti. Toiminnanvarmistus on tässä työssä esitellyssä sertifiointiluokassa pakollinen ja laajennetulla toiminnanvarmistuksella voi ansaita 6 lisäpistettä. LEED-sertifikaatissa suurin mahdollinen pistemäärä on 110 pistettä.

4.2 BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) on englantilainen vihreiden rakennusten ja yhteisöjen ympäristöluokitusjärjestelmä. Järjestelmän on luonut ja sitä kehittää Building Research Establishment (BRE). BREEAM-ympäristöluokitus hyödyntää tieteellisesti kehitettyjä kestävä kehityksen mittareita ja parametreja, joiden avulla voidaan arvioida hankkeen aiheuttamat ympäristövaikutukset. Luokituksessa arvioidaan rakennuksen energiatehokkuutta, veden käyttöä, terveellisyttä, saastuttavuutta, vaikutuksia maankäyttöön ja kuljetukseen, materiaaleja, jätteitä, ekologisuutta ja johtamista. BREEAM-sertifikaatti on maailmanlaajuisesti tunnistettu sekä kappalemäärältään yleisin ympäristöluokitusjärjestelmä. Vuoden 2019 alussa BREEAM-ympäristösertifikaattia oli käytetty 81 maassa ja sertifikaatteja oli myönnetty kaikista luokista yhteensä yli 550 000 kappaletta.¹¹⁰

BREEAM-ympäristösertifikaatti soveltuu kaikille rakennustyypeille ja kaikille rakennusvaiheille. Ympäristösertifikaatissa on viisi tasoa, jotka määräytyvät kohteen saamien kokonaispisteiden perusteella. Kuten LEED-luokituksessa, myös BREEAM:issa on pakollisia ja vapaavalintaisia kategorioita. Pakollisten vaatimusten täyttymisen jälkeen luokituksen taso määräytyy kohteen ansaitsemien kokonaispisteiden perusteella.¹¹¹

BREEAM-ympäristöluokitus hankkeen tasot ja vaadittavat pistemäärät ovat:

- Esimerkillinen (Outstanding): ≥ 85 pistettä
- Erinomainen (Excellent): ≥ 70 pistettä
- Erittäin hyvä (Very Good): ≥ 55 pistettä
- Hyvä (Good): ≥ 45 pistettä
- Hyväksytty (Pass): ≥ 30 pistettä

BREEAM ympäristöluokituksessa toiminnanvarmistus (Man 04 Commissioning and handover) osiosta on mahdollista ansaita 4 pistettä. Näiden pisteiden lisäksi käytön aikaisesta toiminnanvarmistuksesta (Man 05 Aftercare) on mahdollista ansaita 3 pistettä. Tämän työn kannalta on olennaista käsitellä toiminnanvarmistusvaatimukset, jotka koskevat uudistuotantoa sekä korjaushankkeita. BREEAM-luokituksista on valikoitu tarkasteluun

¹¹⁰ BREEAM 2019, <https://www.breeam.com/>

¹¹¹ BREEAM 2019 Rating benchmarks

kaksi ohjetta: BREEAM International New Construction (NC) 2016 ¹¹² ja BREEAM International Non-Domestic Refurbishment (NDR) 2015 ¹¹³. Korjaushankkeiden ja uudisrakennusten vaatimuksissa on eroja, mutta pääpiirteittäin toiminnanvarmistamista koskevat vaatimukset ovat samat. Näin ollen, alla olevissa BREEAM- toiminnanvarmistusta koskevissa vaatimuksissa, on erikseen mainittu, mikäli ne koskevat vain jompaakumpaa luokitusta, muussa tapauksessa vaatimus on sama kummassakin ohjeessa.

Ensimmäinen piste: Toiminnanvarmistuksen aikataulutus ja vastuut¹¹⁴

1. Toiminnanvarmistuksen osion (Man 04) ensimmäisen pisteen vaatimus on laatia toiminnanvarmistus- ja järjestelmätestausaikataulu, sekä määrittää hankkeen osallisten vastuut. Aikataulutuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon järjestelmien ominaispiirteet ja testaus on suoritettava järjestelmien vaatimassa laajuudessa. Mikäli kyseessä on olemassa oleva rakennus, johon tehdään merkittäviä korjauksia tai parannuksia, toiminnanvarmistus on toteutettava seuraavien toimenpiteiden yhteydessä:
 - a. Rakennuksen teknisiä järjestelmiä uusitaan.
 - b. Rakennuksen järjestelmien ohjausjärjestelmiä muutetaan tai ne asennetaan.
 - c. Rakennuksen vaippaan tehdään muutoksia, jotka vaikuttavat rakennuksen lämpöominaisuuksiin.
2. Toiminnanvarmistussuunnitelmassa tulee määrittää ohjeet ja standardit, joita noudattamalla toiminnanvarmistustoimenpiteet suoritetaan hyvää rakentamistapaa noudattaen. Rakennuksessa, jossa on järjestelmien hallintaohjelma käytössä, tulee suorittaa seuraavat toiminnanvarmistustoimenpiteet:¹¹⁵
 - a. Ilmanvaihto ja vesijärjestelmien toimivuus tulee varmistaa sen jälkeen, kun järjestelmäasennukset ovat kokonaisuudessaan asennettuja ja ne on säädetty.
 - b. Ilmanvaihto ja vesijärjestelmien toimivuuden varmistamiseksi tulee suorittaa mittauksia, joiden perusteella järjestelmien toimivuutta voidaan arvioida. Tällaisia mittauksia ovat esimerkiksi sisäilmanlämpötila ja poistoilmanlämpötila lämmöntalteenoton jälkeen.
 - c. Varmistettava, että rakennuksen sisäilmaston vaatimukset täyttyvät, kun järjestelmät toimivat normaalitilanteessa.
 - d. Järjestelmäkuvaukset ja toimintaselvitykset on laadittu ennen rakennuksen luovuttamista käyttäjälle.
 - e. Rakennuksen käyttö- ja huoltohenkilökunta on saanut perusteellisen koulutuksen rakennuksen järjestelmien käytöstä.
3. Toiminnanvarmistusprosessin suorittamiseen tulee nimetä pätevä toiminnanvarmistusvastaava. Vastaavan tehtävä on suunnitella koko prosessi hankesuunnittelusta käytönaikaiseen toiminnanvarmistukseen, hankkeen tarpeiden mukaisesti.
4. Urakoitsijoiden tulee ottaa huomioon toiminnanvarmistuksen aikataulu, laajuus, testaustoimenpiteet ja vastuut koskien omaa toimitusta. Urakoitsijan aikataulun on mahdollistettava, että kaikki toiminnanvarmistustoimenpiteet ja testaukset voidaan suorittaa

¹¹² BREEAM 2016 International New Construction

¹¹³ BREEAM 2015 International Non-Domestic Refurbishment

¹¹⁴ BREEAM 2016 INC 2015 NDR Commissioning and testing schedule and responsibilities

¹¹⁵ BREEAM 2016 INC CN3.2 ja 2015 NDR CN7

taa ennen rakennuksen luovutusta. Aikataulujen ja vaatimusten läpi käyminen kilpailutuksessa on tärkeää, jotta urakoitsijat voivat ottaa toiminnanvarmistusvaatimukset omassa tarjouksessaan huomioon.

Toinen piste: Talotekninen toiminnanvarmistus¹¹⁶

5. Toisen pisteen ansaitsemisen vaatimus on, että ensimmäinen piste toiminnanvarmistuksen aikataulutusta ja vastuut on suoritettu. Tämän pisteen toimenpiteet edellyttävät, että ensimmäisen kohdan vaatimukset on täytetty.
6. Hankkeissa, joissa rakennukseen asennetaan uusia taloteknisiä järjestelmiä tai olemassa olevia järjestelmiä päivitetään, on projektiin nimettävä TATE-toiminnanvarmistuksen vetäjä. Rakennuksessa, jossa on ainoastaan vähäinen tai yksikertainen talotekninen järjestelmä käytössä, voidaan toiminnanvarmistusvastaavaksi nimetä joku hankkeen työryhmän jäsen. Tässä tapauksessa toiminnanvarmistusvastaava ei tarvitse valvoa järjestelmien asennuksia. Mikäli rakennuksessa on kehittyneet ja monimutkaiset talotekniset järjestelmät, on toiminnanvarmistusvastaava nimettävä hankkeeseen jo suunnitteluvaiheessa. Nimeämisestä vastaa hankkeen tilaaja tai urakoitsija. Tässä tapauksessa toiminnanvarmistusvastaavan tehtäviin kuuluvat seuraavat toimenpiteet:
 - a. Toiminnanvarmistusvastaava tarkastaa TATE-suunnitelmat ja neuvoo niiden kehittämisessä, jotta toiminnanvarmistus olisi mahdollisimman hyvin toteutettavissa ja että suunnitelmat vastaisivat kestävä kehityksen arvoja.
 - b. Toiminnanvarmistusvastaava osallistuu rakennusvaiheessa järjestelmien ohjelmoimiseen ja valvoo asennusvaihetta.
 - c. Toiminnanvarmistusvastaava johtaa koko hankkeen ajan toiminnanvarmistusta, valvoo järjestelmien toimintakokeet, luovutuksen ja takuuajan toiminnanvarmistustoimenpiteet.

Kolmas piste: Rakennuksen vaipan materiaalien testaus ja tutkiminen¹¹⁷

7. Tämän pisteen ansaitseminen vaatii sen, että ensimmäinen piste toiminnanvarmistuksen aikataulutusta ja vastuut on suoritettu. Tämä vaatimus koskee uudisrakennuksia, joissa noudatetaan luokitusohjetta BREEAM International New Construction 2016.
8. Rakennushankkeessa käytettyjen materiaalien tulee olla laadukkaita, vaipan on täytettävä vaaditut lämpöominaisuudet, ja kylmäsiltojen tai vuotokohtien esiintymistä tulee välttää. Toiminnanvarmistuksella varmistetaan, että rakennuksen vaipan lämpöominaisuudet ovat tavoitteiden mukaisia, eikä vaipan toiminnassa ole puutteita. Riippuen rakennuksen tyypistä ilmatiiviyys ja lämpöominaisuuksien testaus tulee suorittaa BREEAM ohjeistuksen määrittämiä ISO standardeja ja niissä esitettyjä testausmenetelmiä noudattaen. Ohjeistukset ja niiden laajuus tulee varmistaa hankekohtaisesti.

¹¹⁶ BREEAM 2016 INC 2015 NDR Commissioning building services

¹¹⁷ BREEAM 2016 INC 2015 NDR Testing and inspecting building fabric

9. Kaikki toimintakokeissa ja tarkastuksissa huomautetut virheet ja puutteet tulee korjata ennen rakennuksen luovuttamista. Rakennuksen vaipan on luovutushetkellä todennettavasti vastattava suunnitteluvaiheessa asetettuja vaatimuksia.

Neljäs piste: Rakennuksen luovutus¹¹⁸

10. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje tulee olla laadittuna ja jaettuna rakennuksen käyttäjille, ennen hankkeen luovuttamista. Rakennuksen käyttäjille tulee laatia selkokielinen ohje, mikä opastaa rakennuksen käytössä. Tämän ohjeen tarkoituksena on varmistaa, että käyttäjät ymmärtävät miten rakennus toimii ja siten he voivat käyttää sitä mahdollisimman energiatehokkaasti. Näin varmistetaan, että rakennuksen toimivuus täyttää suunnitteluvaiheessa asetetut tavoitteet. BREEAM käyttäjäopas ¹¹⁹ osiossa luetellaan kunkin hanketyypin käyttöohjeeseen sisällytettävät osuudet. Korjaushankkeissa olemassa olevaa käyttöohjetta parannetaan vastaamaan BREEAM ohjeistusta, tai jos ohjetta ei vielä ole se tulee laatia.
11. Ennen rakennuksen luovutusta tulee suunnitella rakennuksen käyttäjien ja huoltohenkilökunnan koulutusohjelma ja laatia aikataulu koulutusohjelman toteutuksesta. Koulutusohjelman on sisällettävä vähintään seuraavat osiot:
- a. Uudiskohteen suunnitteluperusteet ja korjaushankkeen hankeselvitys.
 - b. Selvitys käytönaikaisista toiminnanvarmistustoimenpiteistä kuten kausites-tauksista, sekä käytönaikaisen toiminnanvarmistuksen vastuutahojen yhteys-tiedot.
 - c. Asennettujen taloteknisten järjestelmien kuvaukset ja toimintakertomukset, etenkin rakennusautomaatioon liittyvistä rakennuksen hallintajärjestelmistä, jotta rakennuksen optimaalinen toiminta voidaan varmistaa. Tämän lisäksi luovutuksen yhteydessä tulee luovuttaa huolto ja ylläpito-ohjeistus, jota nou-dattamalla rakennuksen talotekniikka toimii parhaalla mahdollisella tavalla ja on pitkäikäinen. Samoin kaikki toiminnanvarmistustoimenpiteet, mittaustu-lokset, raportit ja selonteot tulee sisällyttää rakennukset talotekniseen käyttö- ja huoltokirjaan.
 - d. Tiedot järjestelmäkohtaisista huolto ja ylläpito-vaatimuksista.

Rakennuksen luovutuksen jälkeen rakennuksen käytönaikaisesta toiminnanvarmistuk-sesta voi ansaita 3 pistettä ja yhden innovaatiopisteen. Tämä osio on BREEAM-luokituksessa oma osakokonaisuus Man 05 (Aftercare). Tässä työssä tätä osuutta kutsutaan ter-millä käytönaikainen toiminnanvarmistus.

Ensimmäinen piste: Käytönaikaisen toiminnanvarmistamisen tukeminen¹²⁰

1. Rakennuksessa on oltava järjestelmät käytönaikaisen toiminnanvarmistuksen toteut-tamiseksi ja ylläpito-organisaation on varatta resursseja toiminnanvarmistuksen to-teutukseen. Rakennuksen ylläpito-vastaavan tai -organisaation ja toiminnanvarmistus-työryhmän on järjestettävä kokous, jossa käydään läpi vähintään seuraavat osiot:

¹¹⁸ BREEAM 2016 INC 2015 NDR Handover

¹¹⁹ BREEAM 2016 International New Construction Relevant Definitions

¹²⁰ BREEAM 2016 INC 2015 NDR Aftercare support

- a. Rakennuksen ylläpidosta varmistavalta taholta tai henkilöltä on esitettävä kaikki mahdollinen aineisto, joka rakennuksesta on koottu toiminnanvarmistusprosessin aikana. Tämä pitää sisällään toiminnanvarmistussuunnitelmat, raportit, sekä käyttö- ja huolto-ohjeet.
 - b. Käydään läpi uuden rakennuksen suunnitelmat, tai korjatun rakennuksen muutettujen ja lisättyjen taloteknisten järjestelmien suunnitelmat. Samalla neuvotaan ylläpidosta vastaavaa tahoa käyttämään ja huoltamaan järjestelmiä oikein ja tehokkaasti.
 - c. Ylläpidosta vastaavalta taholta on järjestettävä kohdekäynti, jonka aikana rakennus esitellään perinpohjaisesti. Kohdekäynnin aikana ylläpitovastaava perehdytetään rakennuksen taloteknisiin järjestelmiin ja niiden ohjaukseen.
 - d. Toiminnanvarmistusvastaavan tulee tarjota rakennuksen käyttäjille ja ylläpitovastaavalta tukea rakennuksen käyttöönoton alkuvaiheessa. Toiminnanvarmistusvastaavan tulee rakennuksen käyttöönoton jälkeisen ensimmäisen kuu-kauden aikana olla tavoitettavissa ja aktiivisesti paikan päällä. Tämä tarkoittaa vähintään viikoittaista käyntiä kohteessa.
 - e. Ensimmäisen käyttövuoden ajan toiminnanvarmistusvastaavan on tuettava käyttäjiä rakennuksen toimivuuteen liittyvissä asioissa. Osapuolten on sovittava hankekohtaisesti, kuinka paljon ja millaista tukea toiminnanvarmistukseen on annettava.
2. Rakennuksessa on järjestelmät ja resurssit hankkeen toiminnanvarmistuksen monitoripohjaiseen seurantaan vähintään ensimmäisen käyttövuoden ajan. Toiminnanvarmistuksen jatkuvan mittauksen laitteiston pitää pystyä mittaamaan rakennuksen energiankulutus ja vedenkulutus. Vuoden seurantajakson jälkeen rakennuksen suunnitelun kulutuksen ja todettujen arvojen erot tulee analysoida, kommentoida ja laatia korjaussuunnitelma tarvittaessa.

Toinen piste: Kausittainen toiminnanvarmistus¹²¹

3. Kausittainen toiminnanvarmistus suoritetaan, kun rakennus on kokonaisuudessaan otettu käyttöön. Toiminnanvarmistusvastaavan tulee huolehtia seuraavista toimenpiteistä:
 - a. Kaikki rakennuksen tekniset järjestelmät tulee testata maksimikuormituksen alaisina. Tämä tarkoittaa, että jäähdytysjärjestelmien kuormituskoe tehdään kesän kuumimpana aikana ja lämmitysjärjestelmien kuormituskoe keskitalvella. Myös osakuormituksella, eli syksyllä ja keväällä on suoritettava toiminnanvarmistustestaukset.
 - b. Mahdollisuuksien mukaan kuormituskokeet tulee suorittaa silloin kun rakennuksessa on mahdollisimman paljon käyttäjiä.
 - c. Käyttäjien haastattelun perusteella arvioidaan rakennuksen toimivuus ja selvitetään mahdolliset ongelmakohtat.
 - d. Käytönaikaisen toiminnanvarmistuksen tulokset ja mahdolliset muutokset järjestelmissä tulee päivittää rakennuksen käyttö- ja huoltokirjaan.
 - e. Kausittainen toiminnanvarmistus kestää vähintään kalenterivuoden. Rakennuksissa, joissa on yksinkertaiset tekniset järjestelmät (painovoimainen ilmanvaihto) rakennuksen sisäilmasto ja lämpöviihtyvyys tulee arvioida 6 ja 12

¹²¹ BREEAM 2016 INC 2015 NDR Seasonal commissioning

kuukautta käyttöönoton jälkeen. Arviointimenetelmäksi hyväksytään käyttäjäkysely.

Kolmas piste: Käyttöönoton jälkeinen arviointi (Post-Occupancy Evaluation (POE))¹²²

4. Sertifikaattia hakevan rakennuksen omistaja tai käyttäjä sitoutuu arvioimaan rakennuksen toimivuutta ensimmäisen käyttövuoden jälkeen. Toimivuus todennetaan laajan kyselyn perusteella, johon osallistuu rakennuksen johto, huolto- ja ylläpitohenkilökunta sekä käyttäjät. Käyttöönoton jälkeisen arvioinnin (POE) tulee olla ulkopuolisen kolmannen osapuolen suorittama. Käyttöönoton jälkeinen arviointi pitää sisällään seuraavat toimenpiteet.
 - a. Arvioida suunnittelun ja rakentamisen aikana laaditut suunnitelmat ja työselostukset.
 - b. Kerätä rakennuksen eri käyttäjiltä laajasti tietoa rakennuksen ominaisuuksista ja sisäilmastosta. BREEAM ohjeistuksen osiossa 4b on esitelty tarkemmin kaikki rakennuksen ominaisuudet, joiden toimivuus tulee arvioida.
 - c. Arvioida rakennuksen energiatehokkuus ja vedenkäyttö, sekä muut ominaisuudet, jotka vaikuttavat rakennuksen ympäristöystävällisyyteen.
5. Rakennuksen omistaja tai käyttäjä sitoutuu tiedottamaan ja kouluttamaan rakennuksen henkilökuntaa käytönaikaisen arvioinnin havaintojen edellyttämällä tavalla. Tarkoitus on huomata, jos rakennusta käytetään suunnitelmien vastaisesti ja sen jälkeen kouluttaa käyttäjät oikeaoppiseen ja tehokkaaseen käyttämiseen. Ohjeistuksen Man 05 osiossa CN6 ja CN7 on tarkemmat ohjeet, miten uudelleen koulutus ja tiedottaminen tulee toteuttaa.

Esimerkillinen toiminnanvarmistuksen taso: 1 innovaatiopiste¹²³

BREEAM käytönaikaisen toiminnanvarmistuksen erityisen korkean laadun saavuttanut hanke voi ansaita vielä yhden innovaatiopisteen tästä osiosta. Innovaatiopisteen voi saada uudiskohde tai korjaushanke. Vaatimuksena on, että ensimmäisen kolmen käyttövuoden aikana rakennuksen toimivuutta seurataan vuosikvartaaleittain. Toiminnanvarmistus pitää sisällään seuraavat osiot:

- a. Käyttäjien tyytyväisyyden, energiatehokkuuden ja mikäli teknisesti mahdollista niin myös vedenkulutuksen datan keräys.
- b. Kerätyn mittaustiedon analysointi ja järjestelmien uudelleen säätö tarvittaessa, sekä käyttäjien uudelleenopastus.
- c. Energian- ja vedenkulutuksen vähennyssuunnitelman laatiminen ja sen toteutumisen seuranta.
- d. Palautteen antamisen suunnittelijoille. Erityisen tärkeää on nostaa esille asiat, jotka voidaan tehdä paremmin seuraavassa hankkeessa.

¹²² BREEAM 2016 INC 2015 NDR Post occupancy evaluation

¹²³ BREEAM 2016 INC 2015 NDR Exemplary level criteria

- e. Todennetun energiankulutuksen, vedenkäytön ja käyttäjätyytyväisyyden tulokset on toimitettava vuosittain BRA:lle datan jatkokäsittelyä ja tutkimusta varten.

BREEAM-ympäristöluokituksessa toiminnanvarmistamisella on keskeinen rooli, vaikka se ei kuulu kaikissa luokissa pakollisiin vaatimuksiin. Ainoastaan kahdessa korkeimmassa luokituksessa vaaditaan osittaista toiminnanvarmistusta. Korkeatasoisella ja laajalla toiminnanvarmistusprosessilla hanke voi ansaita kuitenkin 8 pistettä, joka on merkittävä määrä tavoiteltavista kokonaispisteistä.

4.3 RTS-ympäristöluokitus

RTS-ympäristöluokituksen ohjauksesta ja hankkeiden vetämisestä vastaa Rakennustieto Oy. Hankkeen saama luokitustaso määritetään asteikolla 1-5 tähteä. RT hankeohjaustyökalu on Suomen oloihin kehitetty menetelmä kestävän kehityksen huomioon ottavan rakennushankkeen ohjaukseen ja ympäristöluokitukseen. RT-hankeohjaustyökalu on verkopohjainen työkalu, joka yhdessä RTS-ympäristöluokitussertifioinnin kanssa muodostaa RTS rakennushankkeen ympäristöluokitusjärjestelmän. RT-hankeohjaustyökalu on kehitetty palvelemaan uudisrakennus-, peruskorjaus- ja käyttötarkoituksen muutoshankkeita. Työkalulla voidaan ohjata myös erityyppisiä ja -kokoisia rakennushankkeita, kuten toimisto- ja liikerakennuksia, asuinrakennuksia sekä opetus- ja päivähoitorakennuksia. Sertifikaatin myöntäminen edellyttää, että hankkeessa on noudatettu hyvää, ympäristöystävällistä ja kestävästä rakennus- ja kiinteistönpitotapaa.¹²⁴

RTS-ympäristösertifikaatin luokitustasot

Hankkeita luokitellaan RTS-luokituksessa viisiportaisella tähtiluokituksella. Taulukossa 2 on esitetty luokitustasojen pistevaatimukset. Luokituksen tason määräytyy hankkeen ansaitsemien pisteiden mukaisesti. Ylempiin tasoihin liittyy pakollisia vähimmäisvaatimuksia, jotka tulee saavuttaa.

Taulukko 2. RTS-ympäristösertifikaatin luokitustasot ja vähimmäispistemäärät¹²⁵

Luokitustaso	Saavutettu pistetaso	Tason kuvaus
Ei luokitusta	< 25 p	
★	≥ 25 p	Tavanomainen ympäristölaadun taso
★★	≥ 40 p	Tavanomaista parempi ympäristölaadun taso
★★★	≥ 55 p	Hyvä ympäristölaadun taso
★★★★	≥ 70 p	Korkea ympäristölaadun taso
★★★★★	≥ 85 p	Erinomainen ympäristölaadun taso

¹²⁴ Rakennustieto 2016 Kohti ympäristötietoista rakentamista

¹²⁵ Rakennustietosäätiö RTS, RTS-ympäristöluokitus v1.11 asunrakennukset s.4

Taulukko 3. RTS-luokituksen vähimmäisvaatimukset luokittain¹²⁶

Kriteeri	Luokitus taso 1 tähti	Luokitus taso 2 tähteä	Luokitus taso 3 tähteä	Luokitus taso 4 tähteä	Luokitus taso 5 tähteä
Pisteet	25	40	55	70	85
P1.2 Talotekninen toiminnanvarmistus			50%	50%	50%
P1.3 Käytön opastus				100%	100%
P2.1 Kosteusteknisten riskien hallinta suunnittelussa			75%	75%	75%
P2.2 Työmaan kosteudenhallinta		75%	75%	75%	75%
Y1.1 Elinkaaren hiilijalanjälki			15%	30%	30%
Y2.1 Energiatehokkuus		20%	30%	40%	40%
S1.1 Lämpöolosuhteet			25%	50%	50%
S1.2 Sisäilman laatu		50%	50%	50%	50%
S1.4 Materiaalien emissiot			50%	50%	50%
Käytön auditointi 1-2 vuotta käyttöönoton jälkeen					kyllä

RTS-ympäristösertifikaatin ohjeissa on esitetty vähimmäisvaatimukset eri luokitustasojen saavuttamiseksi. Taulukossa 3 on esitetty ympäristösertifikaatin osa-alueet ja niiden painoarvot eri luokitustasoissa. Työn laajuuden takia, tässä työssä keskitytään erityisesti osan P1.2 taloteknisen toiminnanvarmistuksen vaatimuksiin. Toiminnanvarmistus prosessina ottaa huomioon toki myös muut kriteerit kuten; sisäilmanlaadun, energiatehokkuuden ym., mutta näiden vaatimusten yksityiskohtiin ei paneuduta muutoin, kuin ainoastaan toiminnanvarmistuksen näkökannasta.

RTS-ympäristösertifikaatin kolme korkeinta luokkaa, eli 3, 4, 5 tähteä edellyttävät taloteknisen toiminnanvarmistuksen. Kohteessa toteutettava TATE-valvonta tulee tehdä laajasti ja sen tarkoituksena on varmistaa jo suunnitteluvaiheessa mutkaton käyttöönotto. RTS-ympäristöluokitusta hakevan kohteen on toteutettava laadukasta taloteknisten järjestelmien toiminnanvarmistusta seuraavien vaatimuksien mukaisesti.

Suunnitteluvaihe

Hankesuunnitteluvaiheen toiminnanvarmistus keskittyy roolijakojen, vastuiden ja tavoitteiden määrittämiseen. Hankkeeseen nimetään suunnittelijat, valvojat ja toiminnanvarmistuksen vastuuhenkilöt taloteknisiltä osa-alueilta. Nimeämisen jälkeen laaditaan tehtä-

¹²⁶ Rakennustietosäätiö RTS, RTS-ympäristöluokitus v1.11 asunrakennukset s.4

väluettelo, jossa käy ilmi kunkin osallisen vastuu ja rooli hankkeessa. RTS-ympäristöluokituksen mukaisen toiminnanvarmistussuunnitelman tulee sisältää vähintään seuraavat asiakokonaisuudet:¹²⁷

- Tilaajan asettamat energiatehokkuustavoitteet; joissa voidaan käyttää hyväksi järjestelmäkohtaisia energiatehokkuuslaskelmia, jotka tulee laatia luokituksen kohtien Y2.3 ja Y2.4 mukaisesti. Kohdan Y2.3 mukaan tavoitteet pääjärjestelmäkohtaiselle energiankulutukselle on laskettava vuosi-, kuukausi- ja viikkotasolla. Kohdan Y2.4 mukaan merkittävästi energiaa käyttävien järjestelmien osille on asetettava omat energiatehokkuustavoitteet.
- Laaditaan suunnitelma toiminnanvarmistusprosessista, vastuista, sekä määritellään dokumentointitapa vähintään asennustarkastuksille, toimintatarkastuksille, toiminnallisille mittauksille ja takuuajan seurannalle.
- Luovutuksen ja käyttöönoton aikana suoritettavista toimenpiteistä ja mittauksista on esitetty suunnitelma vähintään seuraaville järjestelmille: ilmanvaihtojärjestelmä, jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmä, valaistuksenohjaus, uusiutuvan energian tuotantojärjestelmät, rakennusautomaatio sekä energiankulutuksen mittaristo.
- Järjestelmien toimivuudesta tulee asettaa sellaiset vaatimukset, joiden toteutuminen voidaan todentaa mittaamalla käyttöönoton jälkeen. Tässä kohdassa voidaan hyödyntää kohtien Y2.2 ja Y2.4 asetettuja energiatehokkuustavoitteita. Ohjeistuksena RTS-luokituksessa käytetään ToVa-käsikirjan (2007) liitettä A: Sisäilmaston ja energiatehokkuuden ToVa-tarkistuslistat, luovutuksen ja käyttöönoton osiota A21-A25.

Rakennusvaihe

Suunnitteluvaiheessa asetettujen tavoitteiden toteutumista on seurattava toimintakokeilla. Suoritetusta testauksista ja mittauksista tulee laatia valvontapöytäkirjat. Taloteknisten osakokonaisuuksien toiminnanvarmistuksesta vastaavat asiantuntijat organisoivat toimintakokeiden suorittamisen, tai vähintään osallistuvat valvojan roolissa toimintakokeiden suorittamiseen. Rakennusvaiheessa päivitetään toiminnanvarmistussuunnitelmaa ja laaditaan yhteenvetoraportti käyttöönotosta. Toiminnanvarmistussuunnitelmaa tulee päivittää sitä mukaa, kun hankkeessa ilmenee ongelmia tai muutoksia, niin että ToVa-suunnitelma pysyy ajan tasalla. Havaittujen ja korjattujen puutteiden sekä virheiden tarkat tiedot on kirjattava ja tallennettava laadunvarmistusaineistoon.

Käyttöönotto ja takuu aika

Käyttöönoton jälkeen takuuajakson aikaisista järjestelmän kausisäädöistä tulee laatia pöytäkirjat. Mikäli käytön aikana havaitaan puutteita, tulee niiden korjaamisesta laatia pöytäkirjat toiminnanvarmistusaineistoon. Pöytäkirjassa on käytävä ilmi, että puute on korjattu sekä tieto siitä, miten se on korjattu. Käytönaikaisen monitoroinnin tulokset tulee

¹²⁷ Rakennustietosäätiö RTS, RTS-ympäristöluokitus v1.11 asunrakennukset sekä toimitila ja palvelurakennukset s.8-12

analysoida ja järjestelmien toimivuus on optimoitava takuuajakson aikana. Mittaustuloksia tulee myös verrata hankkeen alussa asetettuihin tavoitteisiin ja analysoida tavoitteiden toteutuminen. Mikäli rakennus tai sen toimivuus ei ole saavuttanut asetettuja tavoitteita, tulee laatia parannussuositukset, joiden avulla rakennuksen ominaisuuksia voidaan parantaa vastaamaan hankkeen alussa asetettuja tavoitteita. Viiden tähden luokituksessa on vaatimuksena käytön auditointi 1-2 vuotta hankkeen käyttöönoton jälkeen. RTS-luokitus on tätä työtä kirjottaessa vielä keskeneräinen, eikä tarkempia ohjeita auditoinnin laajuudesta tai vaatimuksista ole julkaistu. Näin ollen, hanke jossa tavoitellaan 5-tähden RTS-luokitusta, tulee käytönaikaisen auditoinnin vaatimukset tarkastaa ympäristöluokituksen myöntäjältä.

Kansainvälisen aineiston mukaisesti osana toiminnanvarmistusprosessia on rakennuksen käyttö- ja huoltohenkilökunnan koulutus, sekä huoltokirjan laadinta. RTS-ympäristöluokituksessa käyttäjien perehdyttämiseen on oma kohtansa P1.3. Käyttäjän opastus kuuluu luokituksen kahteen korkeimpaan tasoon, eli neljän ja viiden tähden luokitukseen. Vaatimuksena on, että rakennuksen käyttäjälle on laadittu käyttöohje, joka pitää sisällään perustietoja kohteen käytettävyydestä. Toimitila- ja palvelurakennuksia koskevan käyttöohjeen sisältö poikkeaa hieman asuinkäyttöön tarkoitettujen rakennuksen vastaavasta dokumentista. Kaikissa tapauksissa käyttöohjeet pitävät sisällään kaiken olennaisen rakennuksen tiloista, säädettävistä ominaisuuksista ja tilojen käytettävyydestä. Tarkemmat vähimmäisvaatimukset on määritelty RTS-ympäristöluokitus v1.1 ohjeessa ¹²⁸. Käyttäjille laaditun ohjeen lisäksi ylläpito- ja huoltohenkilökunnalle on laadittava erillinen perehdytysaineisto. Huoltokirja sisältämä tekninen tieto on tyypillisesti liian yksityiskohtaista kokonaiskuvan nopeaan sisäistämiseen, joten perehdytysaineiston avulla uuden henkilön tulisi saada hyvä kokonaiskuva rakennuksesta ja sen järjestelmistä.

Yhteenvetona voidaan todeta, että RTS-ympäristöluokitus vastaa osittain kansainvälisiä ympäristöluokituksia, mutta sen vaatimukset ottavat paremmin huomioon suomalaisen rakennuslainsäädännön ja asetukset. Toiminnanvarmistuksesta ei ole omaa kattavaa suunnitelmaa, vaan toiminnanvarmistus raportoidaan VTT:n ToVa-käsikirjan liitteen A mukaisella jaottelulla ja laajuudella. Järjestelmäkohtaisien mittauksien ja tarkastuksen ohjeistuksena käytetään Suomessa käytössä olevia SFS standardeja. Hyvien käytäntöjen mukaisten toimintakokeiden suorittamiseksi taloteknisten järjestelmien osalta tulee käyttää seuraavia ohjeita: ¹²⁹

Kiinteistön lämmitysjärjestelmät, SFS-EN 14336:2005 Keskuslämmitysjärjestelmät (verkostojen painekoepöytäkirjat, pumppujen säätöpöytäkirjat, käyttöönottopöytäkirja).

Ilmanvaihtojärjestelmien osalta toteutus ja raportointi SFS-EN 12599 (ilmamäärien mittauspöytäkirja ja painetasot koneella, ilmanvaihtokoneen ilmavirta, lämpötilat ja suodatimen painehäviö, huonelaitteiden tuloilman lämpötila EN12599 6.1 mukaisesti. Kanavistojen tiiveyskoe, SFP mittaukset (LVI 30-10349) mukaisesti.

¹²⁸ Rakennustietosäätiö RTS, RTS-ympäristöluokitus v1.11 asunrakennukset sekä toimitila ja palvelurakennukset s.8-12

¹²⁹ Rakennustietosäätiö RTS, RTS-ympäristöluokitus v1.11 asunrakennukset sekä toimitila ja palvelurakennukset s.9-10

Jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput, SFS-EN 378-2:2016 + A1 Kylmäkoneistot ja lämpöpumput. Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset - Osa 2: Suunnittelu, rakenne, testaus, merkintä ja dokumentointi (verkostojen painekoepöytäkirjat ja tiiveyskoe, sekä toimintakoepöytäkirja, SFS-EN 378-2:2016 6.3.4 mukaisesti.

Käyttövesijärjestelmän testauksen osalta ei vaadita tietyn standardin käyttämistä. Luokituksen vaatimuksena on suorittaa seuraavat käyttövesijärjestelmän toimintakokeet; virtausmittaukset huonetilojen vesikalusteista, pois lukien tekniset tilat ja valmistuskeittiöt. Lämpimän käyttöveden paluuveden lämpötilan seuranta sekä mittaus verkoston kriittisistä pisteistä.

Valaistusjärjestelmän mittauksissa tulee käyttää Suomen Valoteknillinen Seura ry:n ohjeita; valaistusvoimakkuusmittaukset pistekokeina eri tilatyypeistä, valaistuksen laadun arviointi ja mittaus, sekä valaistusohjausten tarkastuspöytäkirja ja ohjelmoinnin pöytäkirja tilatyypeittäin.

Rakennusautomaation testauksessa tulee noudattaa seuraavia standardeja; ST 711.04, ST 730.01, ST 730.0, jossa asennuksista tarkastetaan säätökaavioiden toiminnallisuus, laitteiden oikeat pyörimissuunnat ja hälytyspisteiden toimivuus, sekä ohjelmoinnista säätököyrien toiminta ja ohjaukset.

5 Laajennettu laadunvarmistuksen toimintamalli

Tässä luvussa muodostetaan runko toimintamallille, jossa talotekninen valvonta ja toiminnanvarmistus ovat keskeisenä osana taloteknistä laadunvarmistusprosessia. Toisessa osassa vertaillaan ympäristösertifikaattien asettamia ToVa-vaatimuksia. Rinnakkain asetelun tarkoituksena on esittää eri luokitusten ToVa-vaatimukset vertailukelpoisessa muodossa. Eri luokitusten asettamat ToVa-vaatimukset ja pisteytykset poikkeavat toisistaan kuitenkin niin merkittävästi, ettei yksi toimintamalli voi kattaa kaikkia luokituksia. Kolmannessa osassa yhdistetään TATE-valvonnan, toiminnanvarmistuksen ja laadunvarmistuksen tehtävät yhdeksi toimintamalliksi. Toimintamallin kuvauksessa pyritään korostamaan toiminnanvarmistuksen antama lisäarvo perinteiseen laadunvarmistus ja vastaanotomenettelyyn nähden. Tämän lisäksi osiossa pyritään korostamaan ToVa ja TATE valvonnan vastuuhenkilön (CxA) roolia, tehtäviä ja vastuuta. Tarvittaessa toimintamallia täydennetään hankekohtaisesti ympäristösertifikaattien vaatimuksilla.

5.1 Taloteknisen valvonnan tehtävät

Tämä kappale perustuu rakennustiedon julkaiseman talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 ohjeeseen. RT-kortin talotekniikkatöillä tarkoitetaan rakennuksen lämmitystä, vesihuoltoa, ilmanvaihtoa, sähköistystä, automaatiota, tele- ja tietoliikennettä, turvallisuusjärjestelmiä sekä muita laitejärjestelmiä koskevia töitä.¹³⁰ Tarkoituksena ei ole luetella RT-kortissa mainittuja tehtäviä, vaan antaa hyvä käsitys TATE-valvontaprosessin vaiheista ja tavoitteista. Taloteknisen valvonnan tehtävien käsittelyn tavoitteena on esittää ToVa-prosessin ja taloteknisen valvonnan yhtäläisyydet.

Valvojan tulee perehtyä urakka-asiakirjoihin, jotta hänellä olisi hyvä käsitys hankkeen tavoitteista. Valvontatyö on suunniteltava siten, että työskentely on tehokasta ja taloudellista. Valvojan tulee ilmoittaa havainnoistaan ja mahdollisista virheistä ajoissa urakoitsijalle. Valvontaprosessista tulee laatia valvontasuunnitelma, jossa määritellään, miten TATE-töiden valvonta suoritetaan. Rakennuttajan tulee kirjallisesti ilmoittaa urakoitsijalle rakennuttajan edustajina toimivat TATE-töiden valvojat sekä heidän valtuutensa ja asemansa erikoistöiden valvontaan ja suunnittelijoihin nähden. Rakennuttajan tulee kirjallisesti ilmoittaa hankkeen valvojille ja urakoitsijalle, mikäli hankkeessa on mukana suunnittelijoita, jotka suorittavat sopimuslaajuuteensa sisältyvää asiantuntijavalvontaa. Tilaajan on myös ilmoitettava urakoitsijoille valvojen oikeudet lisä- ja muutostyötilausten tilaamiseen. Valvoja antaa valtuuksiensa puitteissa urakoitsijoille sopimuksia ja työn suorittamista koskevia ohjeita, joita urakoitsijoiden on noudatettava. Annetut ohjeet, luvat, määräykset ja muut merkittävät seikat tulee antaa kirjallisessa muodossa. Työtä koskevat huomiot valvoja esittää suoraan urakoitsijan työnjohdolle. Valvojan tehtävä ei ole johtaa hanketta urakoitsijan puolesta. Valvojan on heti tarvittaessa käytettävä valtuuksiinsa ja harkintavaltaansa virheellisen työn estämiseksi. Valvoja tiedottaa rakennuttajaa työmaan edistymisestä sekä muista merkittävistä tapahtumista.¹³¹

Yleisvastuulliset valvontatehtävät

Yleisvastuulliset valvontatehtävät kuuluvat talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluetteloon hankkeissa, joissa ei ole nimetty talonrakennustyön työmaavalvojaa. Tällöin TATE-

¹³⁰ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123

¹³¹ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Valvonnan suoritustapa s.1

valvoja toimii yhdyshenkilönä hankkeen eri osapuolten välillä ja koordinoi muiden valvojen työtä. TATE-valvojan tulee toimia kokouksissa sihteerinä ja seurata vastaavan työnjohtajan ylläpitämää työmaapäiväkirjaa. Valvoja tekee tarvittaessa merkintöjä työmaapäiväkirjaan ja kuittaa sen omalla allekirjoituksellaan.¹³²

Yleisvalvonta

Yleisvalvonta pitää sisällään nimensä mukaisesti valvonnan yleisluonteisia tehtäviä, kuten valvontasuunnitelman laadintaa ja päivitystä, hankkeeseen perehtymistä, yhteydenpitoa hankkeen osapuoliin ja lupa-asioiden varmistamista. Valvojan on varmistettava, että ennen työvaiheiden aloittamista lupa- ja liittymäasiat ovat kunnossa ja kaikilla osapuolilla on ajantasaiset tiedot työn suorittamiseksi. Tiedonkulun varmistamiseksi, valvojan on tarkastettava, että työsuunnitelmat ovat ajoissa saatavilla ja ne ovat jaettu asianmukaisesti. Valvojan tulee osallistua kokouksiin ja varmistettava, että kokouksissa sovitut asiat toteutuvat. Myös viranomaistarkastukset ja -katselmukset kuuluvat valvojan tehtäviin viranomaisten edellyttämässä laajuudessa. Valvoja seuraa, että tarkastusasiakirjan mukaiset tarkastukset suoritetaan oikea-aikaisesti ja sovitussa laajuudessa, sekä niistä dokumentoidaan sovitulla tavalla. Laadunvarmistus on keskeinen osa valvontaa, joten valvoja tarkastaa, että TATE-urakoitsijoiden työmaa- ja laadunvarmistussuunnitelmat on laadittu ja niitä noudatetaan. Valvoja varmistaa, että työmaalla noudatetaan hankkeessa määriteltyjä ja lain edellyttämiä kulkulupa- ja veronumerokäytäntöjä.¹³³

Työmaan turvallisuuden ja ympäristön valvonta

Työmaan turvallisuuden valvonnan tarkoituksena on varmistaa, että työ on turvallista työntekijöille, eikä siitä aiheudu vaaraa ulkopuolisille ja että mahdolliset vaaratekijät on poistettu. Turvallisuuden kannalta on tärkeä varmistaa, että työmaalla on nimetty päätoimittaja ja turvallisuuskoordinaattori. Valvoja varmistaa, että työmaata koskevat turvallisuusasiakirjat ja -ohjeet on laadittu ja niistä on tiedotettu, ja että työsuojeluviranomaiselle on tehty ennakoilmoitus ennen rakennustyön aloittamista. Valvoja tarkastaa, että työmaalla liikkuvat työntekijät pitävät näkyvillä kuvallisen henkilötunnisteen sovitujen käytäntöjen mukaisesti. Tämän lisäksi valvojan tehtävä on varmistaa työmaan yleinen turvallisuus. Työmaan on oltava siisti, päätoteuttajan ja urakoitsijoiden on noudatettava turvallisuusvelvoitteitaan, mahdolliset vahingot on ennaltaehkäistävä ja paloturvallisuus tulee ottaa huomioon. Valvojan tulee myös seurata, ettei ympäristöhaittoja pääse syntymään ja ympäristökatselmukset on pidetty.¹³⁴

Ajallinen valvonta

Ajallisella valvonnalla tarkoitetaan aikataulun seuranta, jolla varmistetaan, että hanke edistyy ja valmistuu sovitun aikataulun mukaisesti. Valvojan tulee seurata TATE-töiden aikataulua ja varmistaa, että työt ja toimitukset suoritetaan aikataulun mukaisesti. Mikäli valvoja huomaa poikkeamia aikataulussa tai toimituksissa, tulee asia käydä läpi urakoitsijoiden ja päätoteuttajan kanssa viipymättä. Valvojan tulee varmistaa, että työmaalle toimitetaan suunnitelmat ajoissa ja että urakoitsijoiden keskinäisille työvaiheille on varattu riittävästi aikaa. Osana taloteknisen valvojan tehtäviä on myös varmistaa, että TATE-

¹³² RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Yleisvastuulliset valvontatehtävät s.2

¹³³ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Yleisvalvonta s.2

¹³⁴ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Työmaan turvallisuuden ja ympäristön valvonta s.2

hankinnat saadaan työmaalle aikataulussa. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnitelmien mukaiset hankinnat tulee hyväksyttäväksi tilaajalla riittävän ajoissa. Valvojan tulee myös varmistaa, että suunnittelijat saavat tarpeelliset tiedot ja päätökset suunnittelutyön toteuttamista varten riittävän ajoissa. Aikataulussa on otettava huomioon, että osatarkastuksille, toimintakokeille ja luovutuksen yhteydessä suoritettaville järjestelmätestauksille on varattu riittävästi aikaa.¹³⁵

Teknisen toteutuksen laadunvalvonta

Laadunvalvonnalla varmistetaan, että rakentaminen tehdään urakkasopimusten, suunnitelmien ja hyvän rakentamistavan mukaisesti. Teknisen toteutuksen laatua tarkastetaan varmistamalla, että työsuoritukset, -menetelmät, -olosuhteet ja työn tulos vastaa teknisesti ja laadullisesti hyvää rakennustapaa ja laadittuja sopimusasiakirjoja. Tämä pitää sisällään myös sen, että tavarantoimittajien ja valmistajien antamia asennus- ja työohjeita sekä erityisohjeita noudatetaan työn suorituksessa. Valvoja varmistaa, että urakoitsijat huolehtivat laadunvarmistuksesta, sekä teettävät testauksia laadun todentamiseksi. Myös taloteknisten urakoitsijoiden työnjohtajien ja alihankkijoiden riittävä koulutus, kokemus ja hankkeeseen perehtyneisyys on varmistettava. Valvojan tulee varmistaa, että tarvittavat työmallit, malliasennukset ja riittävät tarkastukset eri työvaiheissa on tehty sopimusasiakirjojen mukaisesti. Myös materiaalien, laitteiden ja järjestelmien laatu tulee todentaa, ja hankintojen tulee olla sopimusasiakirjojen ja suunnitelmien mukaisia. Rakennusosat, jotka jäävät piiloon tulee tarkastaa ja urakoitsijan tulee dokumentoida ne, ennen niiden peittämistä. Valvoja tarkastaa, että urakoitsija ottaa huomioon teknisten laitteiden toimivuuden ja kunnossapidon kannalta tärkeät asiat ja huolehtii siitä, että tarpeelliset suojaukset on hoidettu asianmukaisesti. Valvoja ilmoittaa urakoitsijalle välittömästi, mikäli hän huomaa puutteita tai virheitä materiaaleissa tai työtavoissa. Mahdolliset muutosesitykset välitetään tilaajalle ja työmaalle. Myös suunnittelijoita tulee tiedottaa tehdystä muutoksesta, jotta muutokset tulee päivitettyä suunnitelmiin. Valvoja suorittaa ennakkotarkastuksia koko rakennushankkeen ajan ja tiedottaa urakoitsijoita työtuloksen vastaanottokelpoisuudesta.¹³⁶

Taloudellinen valvonta

Taloudellisella valvonnalla varmistetaan, että urakoihin liittyvät laskut ovat maksukelpoisia, ja tilattavat työt mukaan lukien lisä- ja muutostyöt ovat aiheellisia ja oikein hinnoiteltuja. Valvoja tarkastaa, että vakuutukset ja vakuudet ovat sopimusasiakirjojen mukaisia. Taloudelliseen valvontaan kuuluu myös varmistaa, että mahdolliset muutokset urakka hinnoissa huomioidaan laskutuksessa ja ennakkomaksut peritään takaisin tarvittaessa. Valvojan on seurattava budjettia, hankintamenettelyn ja resurssien käyttöä sekä vertailtava materiaalilaskuja kuormakirjoihin. Keskeistä on myös seurata laskutettavia tunteja ja urakoitsijoiden taloudellista tilannetta, sekä ilmoittaa mahdollisista ongelmista viipymättä tilaajalle. Valvojan tulee myös osallistua mahdollisiin taloudellisiin selvityksiin kuten viivästyskorkoa tai arvonalennuksia koskeviin selvityksiin, taloudelliseen loppu selvitykseen ja mahdollisiin konkurssi ja sopimuksen purkua koskeviin selvityksiin.¹³⁷

¹³⁵ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Ajallinen valvonta s.2-3

¹³⁶ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Teknisen toteutuksen laadunvalvonta s.3

¹³⁷ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Taloudellinen valvonta s.3

Dokumentointi

Dokumentoinnin valvonnalla varmistetaan, että kaikki tarpeelliset asiakirjat on arkistoitu myöhempää tarkastelua varten. Valvoja varmistaa, että urakoitsija dokumentoi kaiken olennaisen toimituksesta sekä työsuorituksen laadunvarmistustoimenpiteistä. Mikäli sopimusasiakirjoissa on ilmennyt poikkeamia, tulee niiden tarkat tiedot ja selvitykset arkistoida. Valvoja varmistaa, että TATE-töitä koskevat huomautukset kirjataan kaikkiin tarpeellisiin asiakirjoihin ja että urakoitsija päivittää työmaapöytäkirjaa säännöllisesti. Myös hankkeen aikaisten virheluetteloiden ja korjaustoimenpiteiden suorittaminen tulee dokumentoida. Lopuksi valvoja varmistaa, että urakoitsija on vienyt tiedot kaikista mahdollisista muutoksista luovutusasiakirjoihin.¹³⁸

Käytönopastuksen valvonta

Valvoja varmistaa, että urakoitsija pitää vaadittavat käyttökoulutukset rakennuksen käyttö- ja huoltohenkilökunnalle. Tärkeää on varmistaa, että käyttö- ja huoltohenkilökunta tulee mukaan hankkeeseen oikeassa vaiheessa, ja että he osallistuvat koulutuksiin riittävässä laajuudessa. Valvoja huolehtii myös siitä, että teknisten järjestelmien käyttöä varten laaditaan ohjeet ja koulutusmateriaali, ja ne dokumentoidaan hankkeen käytäntöjen mukaisesti. Valvoja varmistaa myös, että viranomaisen edellyttämät taloteknisten järjestelmien käytöstä vastaavat henkilöt nimetään.¹³⁹

Vastaanottomenettely

Valvojan tulee osallistua viranomaisten suorittamiin tarkastuksiin ja katselmuksiin viranomaisten edellyttämässä laajuudessa, sekä vastaanotto-, vuosi-, takuu- ja jälkitarkastuksiin. Myös TATE-urakoitsijoiden suorittamat tarkastukset, mittaukset ja säädöt tulee valvoa ja varmistaa että tarvittavat toimenpiteet suoritetaan sovitulla tavalla. Valvoja varmistaa, että virhe- ja puuteluettelo päivitetään ja puutteet korjataan, sekä että jälkitarkastukset pidetään sovitusti. Luovutuksen yhteydessä tulee tarkastaa, että luovutusmateriaali ja muut tarpeelliset asiakirjat luovutetaan tilaajalle. Valvoja tarkastaa, että takuuajan huolto-ohjelma on laadittu ja sovitut varaosat toimitetaan tilaajalle. Valvoja ohjaa toimintakokeet ja varmistaa että mittaus- ja tarkastuspöytäkirjat täytetään, sekä että mittarilukemat vesi-, lämpö- ja sähkömittareista kirjataan ylös vastaanottotilaisuudessa. Lopuksi valvoja varmistaa, että huoltokirjaan tulevien suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja tavaran-toimittajien käyttö- ja huolto-ohjeet toimitetaan tilaajalle.¹⁴⁰

Takuuajan valvontatehtävät

Valvoja valmistelee omalta osalta takuutarkastukset ja osallistuu niiden suorittamiseen. Valvoja tulee myös tarkastaa, että urakoitsija sekä huoltohenkilökunta on suorittanut sopimusasiakirjojen mukaiset takuuajan huolto-ohjelman huollot ja muut sovitut tehtävät.¹⁴¹ Ympäristöjärjestelmien mukaisen käytönaikaiseen monitorointiin liittyvät valvontatehtävät puuttuvat olemassa olevista TATE-valvonnan RT-korteista.

¹³⁸ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Dokumentointi s.3

¹³⁹ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Käytönopastuksen valvonta s.4

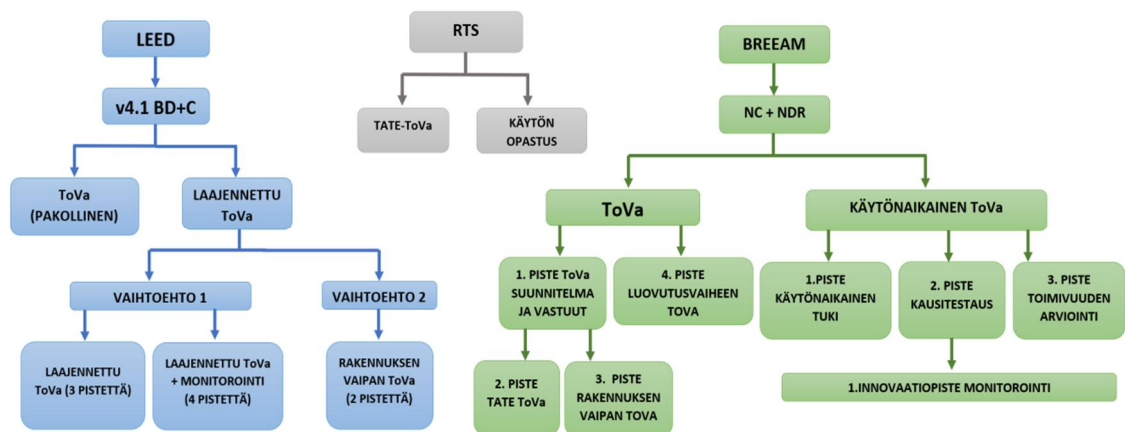
¹⁴⁰ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Vastaanottomenettely s.4

¹⁴¹ RT Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-11123 Takuuajan tehtävät s.4

5.2 Ympäristösertifikaattien ToVa-vaatimusten vertailu

Toiminnanvarmistus on keskeisessä osassa jokaista ympäristösertifioitua hanketta. Rakennuksen ympäristöystävällisyys ja energiatehokkuus on laadukkaan rakentamisen lopputulos. Näin ollen laadunvarmistus ja toiminnanvarmistusprosessi on hyvin keskeisessä roolissa jokaisessa tässä työssä käsitellyssä ympäristöluokituksessa. Vertailusta haastavan tekee se, että vaatimusten pakollisuus, pisteytysperusteet ja esitystapa vaihtelevat eri luokitusten välillä merkittävästi.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin ympäristösertifikaattien asettamiin toiminnanvarmistuksen vaatimuksiin uudisrakennusten ja korjaushankkeiden osalta. Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, ettei näin laajaa kokonaisuutta voida selkeästi ja luotettavasti esittää yhdessä taulukossa. Eri hanketyypeille on omat vaatimukset ja useampia luokitusasoja. Toiseksi vaikka vaatimukset ovat sisällöltään suurelta osin samoja, tulevat haasteeksi eroavaisuudet vaatimusten pakollisuudessa. Kuvassa 14 on esitetty tässä tutkimuksessa mukana olleiden ympäristösertifikaattien ToVa-prosessit. Kuvasta voidaan havaita, että eri sertifikaattien ToVa-prosessien laajuudessa ja suorittamisessa on merkittäviä eroja. Tästä syystä paras tapa varmistaa kunkin sertifikaatin vaatimuksien toteutuminen on muokata toimintamallia hankekohtaisesti.



Kuva 14. LEED, RTS ja BREEAM ToVa-prosessit

5.3 Cx-laadunvarmistusprosessi

Rakennustiedon julkaisemat talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT-kortit¹⁴² kuvaavat laadunvarmistusprosessia, jonka tarkoituksena on varmistaa, että talotekniset järjestelmät toimivat tilaajan tavoitteiden ja suunnitelmien mukaisesti. Rakennustiedon TATE-laadunvarmistusta koskeva ohjeistus vastaa suurelta osin toiminnanvarmistusprosessia. Kummankin prosessin tavoite on tilaajan tavoitteiden toteutuminen, hyvä rakennuslaatu ja toimiva rakennus. Prosesseissa on myös eroavaisuuksia, eikä nykyinen talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely täytä kaikilta osin toiminnanvarmistuksen kriteerejä. Tässä osassa tutkimusta laaditaan toimintamalli, jonka pohjana toimivat edellä mainitut TATE-laadunvarmistusta koskevat RT-kortit; RT10-11301 ja RT10-11302. Olemassa olevien ohjeiden sisältöä muokataan vastaamaan toiminnanvarmistuksen vaatimuksia. Suurimmat eroavaisuudet RT-korttien ohjeiden ja toiminnanvarmistusprosessin välillä on prosessin aloitusajankohta ja käytönaikainen toiminnanvarmistus.

¹⁴² RT 10-11301 ja RT 10-11302

Toinen merkittävä eroavaisuus on siinä, ettei nykyisessä ohjeessa ole mukana ToVa-vastaavaa. Nykyisessä mallissa vastuu laadunvarmistuksen ja valvonnan tehtävistä on jaettu hankkeen muille osapuolille kuten TATE-valvojille, urakoitsijoille ja suunnittelijoille.

Tässä tutkimuksessa laaditussa toimintamallissa TATE-valvonnan ja ToVa-prosessin kokonaisuudesta vastaavaa tahoja kutsutaan termillä CxA (Commissioning Authority). CxA:n tehtävänä on ohjata ja valvoa muiden osallisten suoritusta suunnittelun, rakentamisen, käyttöönoton ja käytön aikana. Nimetyt CxA:n tehtävänä on myös ohjata ja valvoa rakentamisvaiheessa muiden TATE-valvojien ja urakoitsijoiden yhteistoimintaa, ja samalla varmistaa tilaajan tavoitteiden ja hankkeen käytäntöjen toteutuminen. Selvyiden vuoksi tässä diplomityössä useista eri ohjeista, ToVa-prosessista ja RT-korteista muodostettua toimintamallia kutsutaan nimellä *Cx-laadunvarmistusprosessi*, vaikka kyseessä on myös valvontaa ja toiminnanvarmistusta koskeva toimintamalli.

Rakennushanke voidaan toteuttaa erilaisilla urakkamuodoilla. Tässä toimintamallissa on oletettu, että urakkatoteutus kilpailutetaan vasta suunnittelun jälkeen. Toimintamallia voidaan muokata vastaamaan myös muita toteutusmuotoja, kuten design-build-urakkaa, jossa urakoitsija valitaan ennen suunnitteluvaihetta. Tässä tapauksessa toimintamallin toimenpiteiden toteutusajankohdat pitää muokata vastaamaan hankkeessa käytettyä urakkamuotoa. Esimerkiksi design-build-hankkeessa urakkasopimusten allekirjoitus tehdään suunnitteluperusteiden (BOD) pohjalta ja vasta urakoitsija alkaa oraginisoimaan toteutussuunnitelmia.

Järjestelmällisen ja kattavan laadunvarmistusprosessin tarkoituksena on tilaajan tavoitteiden toteutuminen, rakennustyön korkea laatutaso, sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet rakennuksen energiatehokasta käyttöä varten. Tavoitteiden saavuttamiseksi tilaaja, CxA, suunnittelijat ja toteuttajat suorittavat yhteistyössä koko hankkeen ajan systemaattista ja ennakoivaa laadunvarmistusta. Rakennushankkeen toteuttamisessa on aina pyrittävä mahdollisimman kattavaan ja ennakoivaan toimintaan tilaajan ja käyttäjän edun varmistamiseksi. Toimintamallin yhtenä tarkoituksena on laadunvarmistusprosessin yhtenäistäminen ja tehostaminen. Hankkeen sopimusasiakirjoihin tulee määritellä hankekohtaisesti, mitkä toimenpiteet kuuluvat kyseisen hankkeen Cx-laadunvarmistusprosessiin. Ympäristösertifikaattia tavoittelevan hankkeen kohdalla toiminnanvarmistukseen liittyvät vaatimukset tulee tarkastaa hankekohtaisesti sertifikaatin myöntäjäorganisaatiosta.

Hankkeeseen osallistuvat urakoitsijat, suunnittelijat ja valvojat osallistuvat laadunvarmistuksen kokouksiin riittävällä panostuksella, sekä sitoutuvat laadunvarmistuksen tavoitteisiin. Kukin prosessin osapuoli nimeää oman edustajansa hoitamaan sovitut prosessin tehtävät, velvoitteet ja vastuut. Laadunvarmistuksen tavoitteena on varmistaa tilaajan tavoitteiden toteutuminen, hyvä laatutaso sekä valmiudet käyttöönotolle ja ylläpidolle. Laadunvarmistuksen tarkoituksena on minimoida hankkeen aikana tapahtuvat ristiriidat, epäselvyydet ja virheet toimituksissa. Hankkeen tavoitteiden ja laadunvarmistuksen vaatimukset tullee olla määriteltynä, ennen urakkasopimusasiakirjojen allekirjoitusta, jotta urakoitsijat voivat huomioida laatuprosessin tarjouksessaan. Urakoitsijan vastuulla on itse tarkastaa toimitukseen kuuluvan työn laatu sekä korjata mahdolliset puutteet ja virheet en-

nen hankkeen luovutusta tilaajalle. Sopimusasiakirjoissa määritellään työmaan laadunvarmistussuunnitelman vaatimukset sekä toimenpiteet prosessin suorittamiseksi.¹⁴³ Jokaisessa hankkeessa laadunvarmistuksen laajuus ja aikataulu sovitaan tilaajan kanssa erikseen. CxA organisoii Cx-laadunvarmistuksen suunnittelu- ja aikataulutuskokoukset.

Cx-laadunvarmistuksen kohteena olevat tekniset järjestelmät

Cx-laadunvarmistuksen alaisuuteen kuuluvat talotekniset järjestelmät määritellään hankesuunnitteluvaiheessa. Tilaajan ja CxA:n tehtävänä on määrittää ja selvittää hankkeen erityispiirteet ja mahdolliset erityisjärjestelmät. Erityisjärjestelmien hankintaa ja suunnittelua koskevat vastuurajat tulee määrittää hankesuunnitteluvaiheessa.

Cx-laadunvarmistuksen piiriin kuuluvat tyypillisesti samat järjestelmät, jotka on mainittu RT10-11301 kortissa. Näistä järjestelmistä merkittävimpiä ovat mm. ;¹⁴⁴

- energiantuotanto- ja varastointijärjestelmät
- lämmitysjärjestelmät
- jäähdytysjärjestelmät
- ilmanvaihtojärjestelmät
- vesi- ja viemärijärjestelmät
- rakennusautomaatiojärjestelmät valvomoineen
- palosammutusjärjestelmät
- paineilmajärjestelmät
- kylmälaitteet
- savunpoistojärjestelmät
- varavoimalaitteet ja aurinkovoimalat
- merkki- ja turvavalojärjestelmä
- valaistuksen ohjausjärjestelmät
- kulunvalvontalaitteet
- paloilmoinijärjestelmät
- av-laitteet
- hissit
- automaattiovet
- sähköautojen latausjärjestelmät

Dokumentointi

Laadunvarmistusta koskevien tavoitteiden toteutumisen varmistamiseksi hankkeen dokumentointikäytännöt on esitettävä hankkeen osallisille mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Laadunvarmistuksen eri vaiheiden tulokset kirjataan sovitulla tavalla ja arkistoidaan hankkeen dokumentointikäytäntöjen mukaisesti. Dokumentit tallennetaan sovitulla tavalla esimerkiksi hankkeen projektipankkiin tai TATE-urakoitsijan laadunvarmistuskansioon. CxA:n tehtäviin kuuluu varmistaa Cx-laadunvarmistukseen liittyvien asiakirjojen toimitus ja arkistointi läpi hankkeen. Laadunvarmistusdokumentin laatii ja allekirjoittaa se henkilö, jonka vastuulla kyseisen laadunvarmistustoimenpiteen tai mittauksen suorittaminen on. Allekirjoittaneen vastuulla on varmistaa asiakirjassa tai raportissa ole-

¹⁴³ RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 3.2 Tavoitteet ja vaatimukset yleisesti s.3

¹⁴⁴ RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 3.3 Laadunvarmistuksen kohteena olevat tekniset järjestelmät s.3

vien tietojen oikeellisuus. Taloteknisten töiden laadunvarmistusasiakirjojen dokumentointia koskeva ohjeistus on annettu RT10-11302 kortin kohdassa 5 Dokumentointi ja arkistointi.

Hankeasiakirjoissa nimetään CxA, joka vastaa Cx-laadunvarmistusprosessin ohjauksesta sekä raportoi hankkeen edistymisestä tilaajalle. CxA valvoo ja tarkastaa, että hankkeen osalliset vastaavat sopimusasiakirjoissa määriteltyihin katselmuksiin, tarkastuksiin, toimintakokeisiin, vastaanottoon liittyvien tehtävien suorittamisesta ja raportoinnista, sekä osaltaan varmistavat annettujen lähtötietojen oikeellisuuden.

Viranomaisvalvonta

Viranomaisvalvonta koskee sellaista rakennustyötä, joka edellyttää rakennuslupaa tai viranomaisen hyväksyntää. Viranomaisvalvonta koskee siis ainoastaan vähäistä osuutta koko rakennushankkeen suorittamisesta ja viime kädessä vastuu hankkeen lopputuloksesta on rakennushankkeeseen ryhtyvällä. Tarpeen vaatiessa rakennusvalvontaviranomaisen voi rakennusluvassa esitettyjen viranomaiskatselmusten lisäksi vaatia tehtäväksi myös muita viranomaistarkastuksia. Hankkeen viranomaisvalvonta päättyy loppukatselmukseen. Rakennus tai sen osa voidaan ottaa käyttöön vasta sen jälkeen, kun käyttöönototarkastus on hyväksytty rakennusvalvontaviranomaisen toimesta. Viranomaisen loppukatselmuksen tärkein edellytys on, että rakennustyö on saatettu loppuun rakennusluvan mukaisesti sekä lain edellyttämällä tavalla.¹⁴⁵

Laadunvarmistuksen toteutus

CxA ja tilaaja laativat alustavan Cx-laadunvarmistussuunnitelman tilaajan tavoitteiden pohjalta. Suunnittelijoiden tulee osallistua laadunvarmistuksen aloituskokoukseen ja huomioida esitetyt tavoitteet suunnitelmissa. Cx-työryhmää täydennetään sitä mukaa, kun hankkeeseen valitaan toteuttajat. Cx-laadunvarmistussuunnitelmaa päivitetään suunnitelun edetessä, jotta tilaajan tavoitteiden toteutuminen varmistetaan läpi hankkeen. Osana laadunvarmistusprosessia on määrittää prosessin toimenpiteet ja aikataulu niiden suorittamiseksi. Tehtävien yksityiskohtainen kuvaus ja toteutuksen suunnitelmallisuus edesauttavat hankkeen aikataulun toteutumisessa. Tarkastuksia ja laadunvarmistustoimenpiteitä on hyvä toteuttaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta mahdolliset ongelmakohdat ja virheet havaitaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Ennakoiva toiminta vähentää virheitä ja niistä aiheutuvia kustannuksia, sekä varmistaa että laadunvarmistustoimenpiteiden toteuttaminen ei jää aikataulupaineiden takia tekemättä. Jatkuvalle laadunvarmistuksella seurataan myös hankkeen edistymistä ja valvotaan aikataulun toteutumista.

Liitteessä 1 on esitetty Cx-laadunvarmistusprosessin tehtävämatriisi, johon on merkitty hankkeen kaikkien osapuolten tehtäväkohtaiset roolit ja vastuut. Liitteessä 2 on esitetty Cx-laadunvarmistusprosessin prosessikuvaus. Prosessikuvaus avaa tehtävämatriisissa esitetyt tehtäväkokonaisuudet, niin että lukijalle jää hyvä kokonaiskuva kunkin vaiheen tehtävistä ja keskeisistä tavoitteista. Seuraavaksi on esitetty tiivistelmät Cx-laadunvarmistuksen eri vaiheista. Kuvassa 15 on esitetty Cx-laadunvarmistusprosessin kulku ja kriittisimmät tehtäväkokonaisuudet kussakin vaiheessa.

¹⁴⁵ RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 3.6 Viranomaisvalvonta osana laadunvarmistusta s.4



Kuva 15. Cx-laadunvarmistusprosessin kulku

Hankesuunnitteluvaihe

Hankesuunnitteluvaihe on toiminnanvarmistuksen kannalta prosessin tärkein vaihe. Hankkeen alussa määritellään hanketta koskevat laatuvaatimukset ja tilaajan tavoitteet. Tässä prosessin vaiheessa on tärkeää määrittää hankkeen vaatimukset ja alustavat suunnitelmat, miten tavoitteiden toteutumista seurataan. Tilaajan tavoitteet (OPR) ja suunnitteluperusteet (BOD) määrittävät kehykset hankkeen toteuttamista varten ja toimivat lähtötietoina suunnitteluvaiheessa. Olennaista on myös sopia osapuolien rooleista ja vastuunjaosta, sekä laadunvarmistukseen käytettävistä resursseista. Hankesuunnitteluvaiheen tehtävät on kuvattu Cx-laadunvarmistusprosessin kohdissa 1.1-1.9.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa kaikki hankkeen uudet osapuolet perehdytetään hankkeen Cx-laatuvaatimukseen. Hankesuunnitteluvaiheessa laadittujen asiakirjojen pohjalta laaditaan rakennushankkeen suunnitelmat ja järjestelmäkuvaukset. Tarkastettujen suunnitelmien pohjalta voidaan laatia urakka-asiakirjat, joiden perusteella solmitaan urakkasopimukset. Aikaisessa vaiheessa aloitettu Cx-laadunvarmistus takaa sen, että urakkasopimusasiakirjoissa on huomioitu tilaajan tavoitteet ja laadunvarmistusvaatimukset. Olennainen osa toiminnanvarmistusta on varmistaa luovutusasiakirjojen laatu, sekä käyttäjien ja huoltohenkilökunnan koulutus. Huoltokirjan laadintaan sitoutetaan kaikki osapuolet ja sisällön toimittamista seurataan läpi hankkeen. Suunnitteluvaiheessa laaditaan koulutussuunnitelmat ja -aikataulu. Näin varmistetaan, että koulutukseen on varattu riittävästi resursseja. Laadunvarmistukseen kuuluu myös materiaalien- ja laitteiden hyväksyttäminen ennen rakennusvaiheen aloitusta. Suunnitteluvaiheen laadunvarmistustehtävät on kuvattu Cx-laadunvarmistusprosessin kohdissa 2.1-2.8

Rakennusvaihe

Sitä mukaan, kun hankkeeseen valitaan urakoitsijat, tulee heidät perehdyttää ja sitouttaa hankkeen Cx-laadunvarmistusprosessiin ja hankkeen käytäntöihin. Dokumentointikäytäntöjen ja -velvoitteiden läpi käymisellä varmistetaan, että kaikki hankkeen osapuolet ovat tietoisia hankkeen käytännöistä. Rakennusvaiheessa toteutetaan systemaattista ja ennakoivaa laadunvarmistusta. Laadunvarmistustehtävät koskevat kaikkia toiminnanvarmistuksen alaisia järjestelmiä. Tarkastukset ja toimintakokeet suoritetaan ennalta laadit-

tujen laadunvarmistussuunnitelmien ja -aikataulujen mukaisesti. Toteutettujen tarkastusten ja testausten tulokset dokumentoidaan hankkeen käytäntöjen mukaisesti. Rakennuksen ja sen järjestelmien tulee olla kokonaisuudessaan toimitettuina ja niiden tulee toimia suunnitelmien mukaisesti ennen hankkeen luovuttamista tilaajalle. Rakennusvaiheen laadunvarmistustehtävät on kuvattu Cx-laadunvarmistusprosessin kohdissa 3.1-3.17.

Luovutus- ja käyttöönottovaihe

Rakennuksen luovutuksen yhteydessä on varmistettava, että rakennuksen energiatehokkaan käytön ja ylläpidon edellytykset täyttyvät. Tällä tarkoitetaan sitä, että rakennuksen luovutuksen yhteydessä tilaajalle on toimitettava rakennuksen luovutusasiakirjat. Tähän asiakirjakokonaisuuteen kuuluvat kaikki rakennuksen järjestelmiä ja niiden käyttöä koskevat ohjeet ja käyttöoppaat. Tilajalle on toimitettava myös lopulliset rakennussuunnitelmat, järjestelmäkuvaukset ja sopimusasiakirjojen mukaiset koulutusmateriaalit. Vastaanottotarkastuksessa todennetaan, että hanke on toteutettu sopimusasiakirjojen mukaisesti ja kaikki vastaanottotarkastusta edeltäneet laadunvarmistustoimenpiteet ja tarkastukset on hyväksytysti suoritettu ja dokumentoitu. Luovutus ja käyttöönottovaiheen laadunvarmistustehtävät on kuvattu Cx-laadunvarmistusprosessin kohdissa 4.1-4.4.

Takuuaika ja jatkuva toiminnanvarmistus

Takuuaikana varmistetaan, että kaikki rakennuksen järjestelmät toimivat moitteettomasti ja mahdolliset ongelmat on korjattu ennen takuuajan päättymistä. Monitoroinnista saatua dataa tulee analysoida ja rakennuksen järjestelmiä säätää tulosten perusteella, niin että rakennus toimii optimaalisesti. Järjestelmien kausitestausten toteuttaminen tehdään sitä mukaa, kun se on mahdollista. Järjestelmien kuormituskokeiden avulla tarkastetaan kaikkien järjestelmien toimivuus vaihelevien kuormitusten alaisena. Samalla on varmistettava, että käyttö- ja huoltohenkilökunnan koulutukset on viety loppuun sopimusasiakirjojen mukaisesti. Mahdolliset muutokset järjestelmissä tulee päivittää lopuksi rakennuksen huoltokirjaan. Takuuaikaa ja jatkuvaa toiminnanvarmistusta koskevat laadunvarmistustehtävät on kuvattu Cx-laadunvarmistusprosessin kohdissa 5.1-5.6

6 Johtopäätökset

Tutkimuksen aihe syntyi tarpeesta luoda laatutyökalu, jonka avulla toiminnanvarmistus toteutetaan keskeisenä osana taloteknistä valvontaa ja laadunvarmistusprosessia. Tutkimuksen aikana selvitettiin kirjallisuuskatsauksen avulla toiminnanvarmistusprosessin keskeinen sisältö. Prosessikuvauksen selvittämisessä käytettiin kansainvälisiä standardeja, sillä Suomessa prosessin suorittamista varten ei ole julkaistu virallista ohjeistusta. Kaikilta osin kansainväliset standardit eivät sovellu käytettäväksi kotimaisessa rakentamisessa, mutta prosessin kokonaisuus on toteutettavissa. Prosessikuvauksen jälkeen työssä syvennyttiin toiminnanvarmistuksen hyötypotentiaaleihin ja käyttöönnoton haasteisiin Suomessa. Hyötyjen ja haasteiden selvittäminen oli erityisen tärkeää, jotta uuden toimintamallin käyttöönotto voidaan perustella tilaajayrityksen asiakkaille. Hyötypotentiaalilin todettiin olevan riippuvainen hankkeen koosta ja TATE-järjestelmien monimutkaisuudesta. Voidaan kuitenkin luotettavasti todeta, että toiminnanvarmistus on erinomainen laadunvarmistustyökalu, jonka käyttö on perusteltua useimmissa hankkeista.

Laaditun toimintamallin käyttöönotto voidaan toteuttaa tilaajayrityksessä tämän tutkimuksen perusteella, mutta prosessin standardoiminen osaksi hyvän rakentamistavan mukaista käytäntöä on myös tärkeää. Niin kauan, kun prosessista ei ole julkaistu virallista ohjeistusta, tulee sen toteuttamisessa ilmenemään epäselvyyksiä ja ristiriitoja. Asiantuntijahaastattelujen perusteella selvisi, että virallisen ohjeistuksen puuttuminen ja yleinen tietämättömyys ovat merkittävimpiä tekijöitä toiminnanvarmistuksen hitaaseen käyttöönottoon Suomessa. Ympäristösertifikaattien toiminnanvarmistusvaatimukset tulevat kuitenkin lisäämään prosessin käyttöä suomalaisessa rakentamisessa, sitä mukaa kun ympäristösertifikaattien suosio kasvaa. EU:n kiristyvät päästövaatimukset tiukentavat rakennuksille asetettuja vaatimuksia jatkuvasti ja on oletettavaa, että jossakin vaiheessa uusien rakennusten monitorointi ja energiankulutuksen seuranta tulevat pakollisiksi vaatimuksiksi. Silloin olisi erittäin suotavaa, että viralliset kansalliset ohjeet on julkaistu ja niiden toimivuus on testattu todellisissa hankkeissa. Tutkija on ollut tutkimustyön aikana yhteydessä Rakennustietoon ja keskustellut mahdollisuudesta julkaista RT kortti toiminnanvarmistusprosessista. Rakennustiedossa aihe nähtiin tärkeäksi ja mahdollisen RT kortin suunnittelua jatketaan tulevaisuudessa. Mikäli tätä diplomityötä hyödynnetään toiminnanvarmistuksen RT-kortin laadinnassa, voi tällä työllä olla merkittävää lisäarvoa kotimaisessa rakentamisessa.

Tämän diplomityön tavoitteena oli toimia perustana toimintamallille, jossa toiminnanvarmistus on osansa taloteknistä valvontaa ja laadunvarmistusprosessia. Tutkimus saavutti sille asetetut tavoitteet. Laadittua Cx-laadunvarmistusprosessia tullaan käyttämään uudis- ja korjaushankkeiden valvonnan ja laadunvarmistuksen toteuttamisessa tilaajayrityksessä. Toimintamallissa onnistuttiin yhdistämään ToVa-prosessi ja TATE-valvonnan tehtävät perinteiseen vastaanotto- ja laadunvarmistusprosessiin. Prosessin validoiminen on tehty niin hyvin, kuin se diplomityön kirjoitusaikataulussa on mahdollista. Alalla pitkään toimineet asiantuntijat ovat käyneet laaditun toimintamallin läpi ja työtä on paranneltu tarkastajien kommenttien perusteella. Tulevaisuudessa prosessia pilotoidaan todellisissa hankkeissa ja prosessikuvausta muutetaan tarpeen mukaan.

6.1 Jatkotutkimustarpeet

Tätä tutkimusta kirjoittaessa tutkija on ollut yhteydessä Rakennustietoon, joka on Suomessa yleisesti tunnustettu taho hyvän rakentamistavan mukaisten ohjeiden laatijana. Viime kädessä tutkimuksen tavoitteena on edesauttaa kansainvälisen mallin mukaisen toiminnanvarmistuksen implementaatiota osaksi taloteknisen valvonnan ja laadunvarmistuksen prosessia Suomessa. Tutkimuksen aikana tuli ilmi, että Suomessa ei ole virallista kuvausta toiminnanvarmistusvastaavan (CxA:n) pätevyydestä ja siitä kuka voi toimia hankkeessa CxA:na. Tarpeellinen jatkotutkimusaihe voisi olla CxA:n roolin ja pätevyyden standardoimisessa. Koulutus- ja työkokemusvaatimusten määrittäminen ja selkeä työnkuvaus selkeyttäisi hankkeen vastuukysymyksiä.

Toinen tarpeellinen jatkotutkimusaihe voisi liittyä toiminnanvarmistuksen pitkän aikavälin hyötyihin, haasteisiin ja etenkin jatkuvan toiminnanvarmistuksen energiasäästöihin. Prosessin käyttöönoton edistämisen kannalta olisi hyvä, jos Suomessa tehdyistä toiminnanvarmistushankkeista olisi tutkimusaineistoa. Tässä tutkimuksessa laadittua toimintamallia ei ole pilotoitu todellisessa hankkeessa, joten sen hyödyistä tai prosessissa ilmenevistä ongelmista ei ole tietoa.

6.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luvut, jotka käsittelevät toiminnanvarmistuksen prosessia ja ympäristösertifikaattien vaatimuksia perustuvat suurelta osin kansainväliseen tutkimusaineistoon, tieteellisiin julkaisuihin ja kansainvälisiin standardeihin, joten tältä osin tutkimusta voidaan pitää luotettavana ja toistettavana.

Toiminnanvarmistuksella saavutettuja hyötyjä käsittelevässä kappaleessa lähteenä käytetyt tieteelliset tutkimukset olivat erittäin laajoja ja niissä oli mukana eri tyyppisiä hankkeita. Saavutettuja energiasäästöjä ja muita saavutettuja etuja voidaan pitää suuntaa antavina, sillä todellisuudessa jokaisen hankkeen hyötypotentiaali on yksilöllinen. Toiminnanvarmistusprosessin kannattavuutta ja hyötyjä ei voida pitää toistettavana ja prosessin tehokkuus on arvioitava jokaisen hankkeen kohdalla erikseen.

Toiminnanvarmistuksen käyttöönottoa koskeva osio tutkimuksesta perustui tutkijan omaan subjektiiviseen näkemykseen ja pienen asiantuntijajoukon haastatteluihin. Haastattelut olivat strukturoituja tai puolistrukturoituja, mutta haastattelut suoritettiin melko vapaamuotoisesti. Tutkijan esittämät väittämät prosessin vakiinnuttamisen haasteista ovat voineet vaikuttaa haastateltavien vastauksiin ja näin ollen tulosten objektiivisuus on arvioitava kriittisesti. Tutkimuksen reliabiliteettia heikentää myös haastateltavien asiantuntijoiden pieni joukko. Tutkimuksen tulokset vastaavat kuitenkin hyvin alalla pitkään toimineiden asiantuntijoiden näkemystä, ja koska muuta tutkimusta aiheesta ei ole tehty, voidaan päätelmiä pitää melko luotettavana.

7 Yhteenveto

Rakennusteollisuuden kehittymisen ja ekologisen rakentamisen myötä ympäristöystävällisiltä korkean suorituskyvyn rakennuksilta odotetaan päivä päivältä enemmän. Valitettavan usein rakennuksen käyttöönoton jälkeen huomataan kuitenkin, ettei rakennuksen toimivuus saavuta sille asetettuja tavoitteita. Toiminnanvarmistus on prosessi, jonka tarkoituksena on varmistaa, että rakennushanke vastaa tilaajan tavoitteita. Prosessin standardoimisessa hyvän rakentamistavan mukaiseen toimintamalliin on kuitenkin vielä pitkä matka. Rakennusteollisuudessa valitettavan usein rakennuksen suorituskyky ja laatu priorisoidaan investointien ja lyhyen ajan säästöjen jälkeen. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennusteollisuuden ajattelu- ja etenkin toimintamallia tulee muuttaa, ennen kun toiminnanvarmistus vakiinnuttaa asemansa osana laadukasta rakentamista. Kestävä kehitys ja ilmaston lämpeneminen ovat merkittävimpiä tekijöitä, jotka ajavat kohti kestävämpää rakentamista. Tutkimukset ovat kiistatta osoittaneet, että laajasti ja laadukkaasti suoritettun toiminnanvarmistusprosessin avulla rakennuksen energiatehokkuus, sisäilmasto ja käyttäjien viihtyvyys paranevat.

Toiminnanvarmistuksen todettiin olevan kustannustehokas tapa parantaa rakennuksen toimivuutta ja energiatehokkuutta. Merkittävänä hyötyinä pidettiin myös hankkeen sujuvuutta, sisäilmaston laadun paranemista ja takuuajan ongelmien vähenemistä. Toiminnanvarmistusprosessin takaisinmaksuaika oli korjaushankkeissa vain noin yksi vuosi ja uudisrakennuksissa neljä vuotta. Toiminnanvarmistusprosessin kustannustehokkuus oli voimakkaasti riippuvainen hankkeen suuruuden kanssa, etenkin korjaushankkeissa. Teknisesti monimutkaisissa rakennuksissa ToVa-prosessi todettiin olevan erityisen kannattava. Tutkimuksissa pitkän aikavälin hyödyistä on saatavilla paljon tilastotietoa ja tutkimuksia, mutta elinkaaren aikaisista hyödyistä ei juurikaan. Näin ollen tilaajan tulee arvioida toiminnanvarmistuksen kannattavuus kohdekohtaisesti ja nähdä prosessi ennen kaikkea laatutyökaluna tilaajan tavoitteiden toteuttamiseksi.

Tutkimuksessa selvitettiin ToVa-prosessin käyttöönoton liittyviä haasteita haastatteleamalla prosessiin perehtyneitä asiantuntijoita. Yhteenvetona voidaan todeta, että virallisen ohjeistuksen puuttuminen ja yleinen tietämättömyys ovat suurimpia syitä toiminnanvarmistuksen hitaaseen implementaatioon Suomessa. Olemassa olevat ohjeet painottavat laadunvarmistuksen tärkeyttä rakennusvaiheen loppupuolella, kun taas toiminnanvarmistuksen näkökulmasta prosessin on tärkeää ottaa mukaan hankkeen alkumetreillä ja jatkaa myös takuuajan jälkeen.

Tutkimusta tehdessä tuli myös ilmi, että aiheen terminologian virallistamisessa on puutteita. Englannin kielinen termistö ”Building Commissioning” on tässä työssä käytetty termiä toiminnanvarmistus, ToVa tai Cx, mutta samasta toiminnasta on eri julkaisuissa käytetty myös termejä toimivuuden varmistaminen ja toiminnan varmistus. Prosessin käyttöönoton ja vakiinnuttamisen kannalta olisi tärkeää määrittää viralliset käännökset toiminnanvarmistusta koskevista termeistä. Viralliset käännökset olisi myös hyvä laatia muista englanninkielisistä toiminnanvarmistuksen termeistä.

Tutkimuksessa esitetyn toimintamallin tarkoituksena on laajentaa nykyistä laadunvarmistuskäytäntöä ja sisällyttää toiminnanvarmistus osaksi hankkeen laadunvarmistusprosessia. Uuden toimintamallin avulla toiminnanvarmistuksesta ja TATE-valvonnasta koostuva tehtäväkokonaisuus on esitetty CxA:n velvollisuudeksi. CxA:n tehtävä on toimia

TATE-päävalvojana ja näin ollen valvoa muiden erikoisvalvojien työsuoritusta sekä rakennuksen käytönaikaista monitorointia. Tällä tavalla projektissa on alusta asti nimetty henkilö, joka seuraa hankkeen alkumetreiltä alkaen tilaajan tavoitteiden toteutumista ja samalla kattaa mahdolliset ympäristösertifikaatin asettamat vaatimukset. Toiminnanvarmistus on ennen kaikkea hankkeen laadunvarmistusprosessi, joka valvoo tilaajan tavoitteiden toteutumista.

Liite 1. Cx-laadunvarmistusprosessin tehtävämatriisi

	CxA/ TATE- valvonta	Tilaaaja/ rakennuttaja	Rakennusvalvoja	Käyttäjät	Suunnittelijat/ arkkitehdit	Päätoteuttaja	TATE-urakoitsijat	Viranomaiset
HANKESUUNNITTELU								
1.1 Cx-tiimin perustaminen	V/H	O			O			
1.2 Tilaaajan tavoitteet (OPR)	V/H	T/H		O	O			
1.3 Suunnitteluperusteet (BOD)	T/H	O			V/H			
1.4 Alustava järjestelmäkuvaus	V/H	O			O			
1.5 Cx laajuus ja budjetti	V/H	T/H						
1.6 Vastuut ja roolit	V/H	O						
1.7 Laadunvarmistussuunnitelma (CP)	V/H	O		O	O			
1.8 (Alustava jatkuvan toiminnanvarmistuksen suunnitelma)	V/H	O		OT	O			
1.9 Alustavan Cx-suunnitelman hyväksyminen	V/H	O			O			
SUUNNITTELU								
2.1 Suunnitteluvaiheen Cx-aloituskokous	V/H	O		OT	O			
2.2 TATE-suunnitelmien tarkastaminen	V/H				O			
2.3 Suunnitteluperusteiden (BOD) kehittäminen urakka-asiakirjoiksi (CD)	T/H				V/H			
2.4 Alustava huoltokirja	T/H		O		O	V/H	O	
2.5 Rakennusvaiheen Cx-vaatimusten määrittäminen	T/H		O		V/H	O	O	
2.6 Koulutustarpeen suunnittelu	V/H	OT		O	O	O	O	
2.7 Laite ja materiaalihyväksynät	T/H		O		O		V/H	
2.8 Cx-suunnitelman hyväksyminen	V/H	T/H						

	CxA/ TATE- valvonta	Tilaaaja/ rakennuttaja	Rakennusvalvoja	Käyttäjät	Suunnittelijat/ arkkitehdit	Päätoteuttaja	TATE-urakoitsijat	Viranomaiset
RAKENNUTTAMINEN								
3.1 Rakentamisvaiheen Cx-aloituskokous	V/H	O	O		O	O	O	
3.2 Cx-työryhmän päivittäminen	V/H	O	O		O	O	O	
3.3 Urakkasopimusasiakirjojen tarkastus	V/H	T/H	O		O	O	O	
3.4 Huoltokirjan ja järjestelmä kuvauksen laatiminen	T/H				O	V/H	O	
3.5 Rakennusvaiheen tarkastuslistat	T/H		O		O	V/H	O	
3.6 Vika- ja puutelistan ylläpitäminen	V/H					O	O	
3.7 Mallihuoneet ja -asennukset	T/H		O		OT	O	V/H	
3.8 Laitte- ja asennustapatarkastukset	T/H		O		OT	O	V/H	
3.9 Paine- ja tiiviyskokeet	T/H						V/H	
3.10 Järjestelmien puhdistus	T/H						V/H	
3.11 Urakoitsijoiden toimintatarkastukset	T/H		OT		OT	O	V/H	
3.12 Rakennuttajan toimintakokeet	V/H				OT		O	
3.13 Järjestelmien virtauksien säätötyöt	T/H						V/H	
3.14 Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys	T/H				OT		V/H	
3.15 Koekäyttö ja kuormituskokeet	V/H		OT		O		O	
3.16 Mittaukset	T/H						H	
3.17 Viranomaistarkastukset	O/T	O	O		OT	V	V	T/H

	CxA/ TATE- valvonta	Tilaaaja/ rakennuttaja	Rakennusvalvoja	Käyttäjät	Suunnittelijat/ arkkitehdit	Päätoteuttaja	TATE-urakoitsijat	Viranomaiset
LUOVUTUS JA KÄYTTÖÖNOTTO								
4.1 Luovutus- ja käyttöasiakirjojen laatiminen ja kokoaminen; huoltokirja	T/H		O		O	V/H	V/H	
4.2 Käyttöönotto ja koulutus	T/H	V	T/H	OT	O	H	H	
4.3 Vastaanottotarkastus	O/T	V	T/H	OT	O	O	O	H
4.4 Cx-päätöskokous ja -raportti	V/H	T/H						
TAKUUAIKA JA JATKUVA TOIMINNANVARMISTUS								
5.1 Monitorointi-datan analysointi ja järjestelmien toimivuuden optimointi	V/H	V		OT	O	OT	O	
5.2 Koulutusten loppuun saattaminen	T/H	OT		O		V/H	O	
5.3 Takuuajan tehtävät	T/H				O	V/H	V/H	
5.4 Ensimmäisen vuoden takuutarkastus	V/H	O	O	O	O	O	O	
5.5 Kausitestaus	T/H				O		V/H	
5.6 Huoltokirjan päivittäminen	T/H				O	V/H	O	

V	Vastaa
H	Hoitaa
O	Osallistuu
OT	Osallistuu tarvittaessa
T/H	Tarkastaa/hyväksyy
V/H	Vastaa ja hoitaa
O/T	Osallistuu ja tarkastaa

Liite 2. Cx-laadunvarmistusprosessin prosessikuvaus

Hankesuunnitteluvaihe

1.1 Cx-työryhmän perustaminen

Ensimmäinen tehtävä Cx-laadunvarmistusprosessissa on määrittää toiminnanvarmistuksen työryhmä, vastuut ja roolit. Tilaaja, CxA ja hankesuunnittelussa mukana olevat suunnittelijat aloittavat laadunvarmistusprosessin suunnittelun ja tavoitteiden määrittämisen.

1.2 Tilaajan tavoitteet (Owner's Project Requirements (OPR))

Tilaajan tavoitteet on asiakirja, joka pitää sisällään tilaajan asettamat vaatimukset ja tavoitteet hankkeen toteuttamiseksi. Asiakirjaan on merkitty hankkeen tavoitteet, rakennuksen mitattavien toimivuuden parametrien tavoitearvot, budjetti ja muut oleelliset ohjeet tilaajan mahdollisista vaatimuksista. Tilaajan tavoitteet asiakirja toimii koko rakennushankkeen perustana ja siinä määritettyjen tavoitteiden toteutumista seurataan rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa. CxA laatii tilaajan tavoitteet asiakirjan, jonka tilaaja tarkastaa ja hyväksyy.

1.3 Suunnitteluperusteet (Basis of Design (BOD))

Suunnitteluperusteet on asiakirja, johon on kirjattu mm. hankkeen konsepti, laskelmat, tehdyt päätökset, sekä materiaalivalinnat, joiden avulla hanke voidaan toteuttaa tilaajan esittämien vaatimusten mukaisesti, sekä varmistaa että hankkeessa noudatetaan asetettuja vaatimuksia ja ohjeita. Suunnitteluperusteet voidaan esittää kahdessa eri muodossa, joko suunnitteluohjeina tai -kriteereinä. Suunnitteluohjeet ovat kirjallisia kuvauksia suunnittelukokonaisuuksista TATE-järjestelmäkuvauksineen, joiden avulla rakennus saavuttaa tilaajan asettamat tavoitteet. Ohjeissa voidaan määrittää myös hankkeessa noudatettavat määräykset, standartit ja laatuluokitukset. Suunnittelijat laativat suunnitteluperusteita koskevat asiakirjat ja CxA tarkastaa ja hyväksyy ne.

1.4 Alustava järjestelmäkuvaus

Hankesuunnitteluvaiheessa tulee laatia alustavat järjestelmäkuvaukset, joissa määritellään alustavat järjestelmäratkaisut, joita käyttämällä tilaajan tavoitteet voidaan saavuttaa. Suunnittelijat laativat alustavat järjestelmäkuvaukset, jotka CxA ja tilaaja tarkastavat ja hyväksyvät ennen suunnitteluvaiheeseen siirtymistä. Järjestelmäkuvauksia päivitetään ja täydennetään hankkeen edetessä.

1.5 Cx laajuus ja budjetti

Hankesuunnitteluvaiheessa tilaaja määrittää hankkeessa toteutettavan toiminnanvarmistuksen laajuuden ja siihen käytettävät resurssit. Sopimuksessa määritellään CxA:n vastuut ja valtuudet, sekä suoritettavat toimenpiteet tilaajan tavoitteiden toteutumisen varmistamiseksi. Resurssien allokoinnissa tulee ottaa huomioon laadunvarmistustoimenpiteiden vaikutukset kustannuksiin ja rakennushankkeen aikatauluun.

1.6 Vastuut ja roolit

Laadunvarmistuksen takaamiseksi hankkeen osallisten roolit, tehtävät ja vastuut tulee määrittää selkeästi ja yksityiskohtaisesti. Vastuunjako tulee dokumentoida sopimusasiakirjoihin, jotta vastuisiin liittyvät ristiriidat ja epäselvyydet voidaan tarkastaa tarvittaessa jälkikäteen. Selkeästi ja yksiselitteisesti esitytetyt vastuut ja valtuudet ovat kaikkien osapuolien etu. Laadunvarmistuksen kannalta on tärkeä varmistaa, että vastuu laadunvarmistustoimenpiteiden toteutuksesta on mukana urakkasopimusasiakirjoissa. Rakennushankkeen keskeiset osalliset voidaan jaotella karkeasti seuraavanlaisesti:

- Rakennuttaja tai tilaaja: Hankkeen toimeenpaneva osapuoli, joka käynnistää ja hoitaa hankkeen läpiviemisen.
- Käyttäjät: Rakennuksen tavoitteena on vastata loppukäyttäjien toiminnallisia ja laadullisia vaatimuksia.
- Cx ja muut valvojat: Valvovat tilaajan tavoitteiden, hyvän rakennuslaadun ja sopimusasiakirjoissa määriteltyjen vaatimusten täyttymistä.
- Suunnittelijat ja arkkitehdit: Vastaavat rakennuksen toteutussuunnittelusta.
- Rakentajat: Päätoteuttaja ja muut erityisurakoitsijat, kuten TATE-urakoitsijat, vastaavat suunnitelmien mukaisen rakennuksen tai sen osan rakentamisesta.
- Viranomaiset: Valvovat, että rakennushankkeessa on noudatettu lakien, asetusten ja määräysten asettamat vaatimukset.

1.7 Laadunvarmistussuunnitelma (Commission Plan (CP))

Laadunvarmistussuunnitelma pitää sisällään tilaajan tavoitteet, suunnitteluperusteet, toiminnanvarmistuksen laajuuden ja käytettävät resurssit sekä vastuunjaon. Näiden asiakirjojen pohjalta laaditaan laadunvarmistussuunnitelma, joka ottaa huomioon toiminnanvarmistuksen vaatimukset. Tässä vaiheessa tulee myös mahdollisen ympäristösertifikaatin asettamien toiminnanvarmistusvaatimusten olla mukana hankkeessa. Esimerkiksi LEED hankkeissa toiminnanvarmistuksesta on allekirjoitettava sopimus, ennen toiminnanvarmistuksen aloitusta. Laadunvarmistussuunnitelman laadinnasta vastaa CxA, mutta hankkeen muut osalliset ovat mukana suunnitteluprosessissa.

1.8 Alustava jatkuvan toiminnanvarmistuksen suunnitelma

Mikäli hankkeeseen halutaan mahdollistaa jatkuva toiminnanvarmistus, tulee se ottaa huomioon suunnitteluperusteissa. Tällöin on määriteltävä mitä toimintoja ja järjestelmiä halutaan monitoroida. Suunnitteluvaiheen velvoitteet tulee esittää selkeästi ja kattavasti

kaikille suunnittelijoille ja hankkeen muille osallisille. Mikäli hanke tavoittelee ympäristöluokitusta ja tavoitteena on saada pisteitä jatkuvasta toiminnanvarmistuksesta, tulee kyseisen luokituksen vaatimukset selvittää sertifikaatin myöntäjäorganisaatiolta. Useimmiten jatkuva toiminnanvarmistus kohdistuu rakennuksen energian- ja vedenkulutukseen, sekä merkittäviin teknisiin järjestelmiin ja sisäilmanlaatuun.

1.9 Alustavan Cx-suunnitelman hyväksyminen

Hankesuunnitteluvaiheen päätteeksi CxA varmistaa, että laadunvarmistusprosessi on tilaajan tavoitteiden mukainen ja hyväksyy sen. Tässä prosessin vaiheessa olevia asiakirjoja käytetään suunnitteluvaiheessa lähtötietoina ja jo laadittuja asiakirjoja täydennetään hankkeen edetessä.

Suunnitteluvaihe

2.1 Suunnitteluvaiheen Cx-aloituskokous

Suunnitteluvaihe aloitetaan toiminnanvarmistuksen aloituskokouksella. CxA kutsuu koolle suunnitteluryhmän ja perehdyttää osapuolet hankkeen laadunvarmistussuunnitelmaan ja velvoitteisiin.

2.2 TATE-suunnitelmien tarkastus

Suunnittelijat ja arkkitehdit laativat alustavat suunnitelmat suunnitteluperusteiden mukaisesti. Suunnitelmat tarkastetaan kahdessa erässä. Ensimmäinen kokonaisuus on luonnos-suunnitelmat, jotka CxA ja tilaaja tarkastavat. Tarkastuksesta laaditaan muistio, jonka perusteella suunnittelijat laativat toteutussuunnitelmat. Toteutussuunnitelmien tarkastukseen osallistuu CxA, muut TATE-valvojat ja tilaaja. Ennen kun tilaaja hyväksyy lopulliset toteutussuunnitelmat, tulee ne päivittää tarkastuskommenttien vaatimalla tavalla.

2.3 Urakka-asiakirjat (Construction Documents (CD))

Laadittujen suunnitelmien perusteella kootaan alustavat urakka-asiakirjat. Asiakirjakokoonaisuuteen kuuluvat kaikki toteutussuunnitelmat ja järjestelmäkuvaukset. Urakka-asiakirjojen tulee myös sisältää tiedot siitä, mitkä teknisistä järjestelmistä kuuluvat toiminnanvarmistuksen alaisuuteen, mitä tarkastuslistoja rakennusvaiheessa tulee noudattaa, sekä millaiset ovat hankkeen dokumentointikäytännöt.

2.4 Alustava huoltokirja

Yhtenä suunnitteluvaiheen toiminnanvarmistustehtävänä on aloittaa järjestelmiä kuvaavan käyttö- ja huolto-ohjeiden (huoltokirjan) laatimisprosessi. Suunnitteluvaiheessa huoltokirja pitää sisällään suunnitteluperusteet ja tilaajan projektitavoitteet, laaditut TATE- ja rakennesuunnitelmat, sekä tekniset ohjeet. Huoltokirjan sisällön tuottamisesta vastaavat hankkeen pääurakoitsija, suunnittelijat ja TATE-urakoitsijat. CxA varmistaa, että osalliset toimittavat huoltokirjaan tietoja sopimusasiakirjojen mukaisesti.

2.5 Rakennusvaiheen Cx-vaatimusten määrittäminen

Rakentamisvaihetta koskevat laadunvarmistusvaatimukset määritellään suunnitteluvaiheessa. Alustavat suunnitelmat koskevat mm. rakennusvaiheessa käytettäviä tarkastuslistoja, toimintakokeita ja laitteiden hyväksymistä. Rakennusvaiheessa urakoitsijat, laitetoimittajat ja CxA laativat suunnitteluvaiheen asiakirjojen pohjalta rakennusvaiheen tarkastuslistat ja muut laadunvarmistusasiakirjat.

2.6 Koulutustarpeen suunnittelu

Käyttäjien sekä huoltohenkilökunnan kouluttamista varten laaditaan alustavat suunnitelmat jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Sitä mukaan, kun hankkeessa käytettävät järjestelmät ja laitteet on valittu, tulee myös täydentää käyttäjien koulutussuunnitelma kyseisten järjestelmien osalta. Urakoitsijoita koskevat koulutusvaatimukset on sisällytetty jo suunnitteluperusteisiin. Koulutuksia varten on varattava riittävästi aikaa ja resursseja, jotta vaatimuksissa asetetut koulutustavoitteet täytyisivät. Tarpeen vaatiessa suunnittelijoiden ja CxA:n on myös osallistuttava koulutuksiin, jotta varmistetaan koulutusta koskevien laatuvaatimusten ja tilaajan tavoitteiden täyttyminen. Koulutusmateriaali on hyvä olla sellaisessa muodossa, että sitä voidaan käyttää myös jatkossa uusien käyttäjien kouluttamiseen. Koulutusvideot ja tietokoneavusteiset kurssit ovat erinomainen tapa pitää koulutusmateriaali saatavilla ja helposti muokattavissa.

2.7 Laite- ja materiaalihyväksynnät

Laite- ja materiaalihyväksynnän tarkoitus on todentaa, että urakoitsijoiden esittämät materiaalit, laitteet ja järjestelmät, sekä niiden asennustavat täyttävät suunnitelmissa esitetyt vaatimukset sekä muut säädöksiin perustuvat vaatimukset, joita suunnitelmissa ei ole esitetty. Urakoitsija hyväksyttää tilaajalla kaikki teknisten järjestelmien laitteet, materiaalit ja asennustavat.¹ Laite ja materiaalihyväksynnän tehtävät, suoritus ja dokumentointivaatimukset on esitetty RT10-11302 kortin kohdassa 6.2 Laite- ja materiaalihyväksynnät. CxA ja muut TATE-valvojat tarkastavat, että kaikki Cx-laadunvarmistuksen piirissä olevat laitteet, materiaalit ja järjestelmät ovat suunnitelmien mukaisia. Alustavan tarkastuksen suorittavat suunnittelijat, jonka jälkeen CxA ja muut valvojat suorittavat omat tarkastukset.

2.8 Cx-suunnitelman hyväksyminen

Suunnitteluvaiheen päätteeksi CxA tarkastaa urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden toimitukset, sekä päivittää laadunvarmistusasiakirjat. Ennen rakennusvaiheeseen siirtymistä on tarkastettava seuraavat asiakokonaisuudet:

- Tilaaajan tavoitteet (OPR) on päivitetty.
- Suunnitteluperusteet (BOD) on päivitetty.
- TATE-suunnitelmat ja -järjestelmäkuvaukset on tarkastettu.
- Urakka-asiakirjat (CD) on koottu ja ne vastaavat tilaajan tavoitteita.
- Urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden laadunvarmistussuunnitelmat on laadittu.
- Hankkeen Cx-laadunvarmistussuunnitelma ja aikataulu on päivitetty.

¹ RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 5.1 Laite ja materiaalihyväksyntä s.5

Rakentamisvaihe

3.1 Rakennusvaiheen Cx-aloituskokous

Rakennusvaiheen ensimmäinen laadunvarmistuksen tehtävä on pitää Cx-aloituskokous. CxA suunnittelee ja kutsuu koolle hankkeen osalliset. Cx-aloituskokoukseen osallistuvat CxA, tilaaja, päätoteuttaja, TATE-urakoitsijat ja suunnittelijat. Kokouksen tarkoituksena on käydä läpi asetetut laadunvarmistusvaatimukset ja esitellä hankkeen viestintäkäytännöt. On erittäin tärkeää tuoda ilmi missä hankkeeseen liittyvää aineistoa säilytetään ja mitkä dokumentointivaatimukset kunkin osapuolen tulee täyttää.

3.2 Cx-työryhmän päivitys

Aloituskokouksen jälkeen päivitetään toiminnanvarmistussuunnitelma ja -työryhmä. Projektiin tulevat uudet osalliset, kuten teknisten järjestelmien asentajat ja toimintakokeiden toimittajat tulee myös perehdyttää toiminnanvarmistussuunnitelmaan ja viestintämenetelyihin. Rakennusvaiheessa mukaan tulleiden osapuolten kanssa käydään läpi hankkeen laatutavoitteet ja laadunvarmistuksen aikataulu.

3.3 Urakkasopimusasiakirjojen tarkastus

CxA tarkastaa, että sopimusasiakirjoissa, aikatauluissa ja suunnitelmissa on huomioitu toiminnanvarmistuksen vaatimukset. Aikataulun ja työsuoritusten etenemisen seuraaminen on erityisen tärkeää, jotta varmistetaan, että laadunvarmistustoimenpiteet eivät jää aikataulupaiden takia tekemättä.

3.4 Huoltokirjan ja järjestelmäkuvauksen laatiminen

Rakennuksen huolto- sekä järjestelmäkirjan täyttäminen kuuluu olennaisena osana rakentamisvaiheen laadunvarmistukseen. CxA varmistaa ja seuraa, että päätoteuttaja, TATE-urakoitsijat ja suunnittelijat toimittavat tarvittavat asiakirjat. Kunkin osapuolen toimitusvelvollisuuksista on sovittu jo urakkasopimusasiakirjoja laadittaessa.

3.5 Rakennusvaiheen tarkastuslistat

Toimintatarkastukset suoritetaan suunnitteluvaiheessa laadittujen tarkastuslistojen pohjalta. Näin varmistetaan, että tarkastukset kohdistetaan haluttuihin kohteisiin ja toimintoihin, sekä hankkeen kriittisiin osiin. Ennakkoon laadituilla tarkastuslistoilla varmistetaan, että tarkastusten laajuus on riittävän kattava sekä toimenpiteiden suorittamiseen on varattu riittävästi aikaa. Tarkastuslistojen seurannalla voidaan luontevasti arvioida ja tarkastaa mitkä osuudet on tarkastettu ja mitä toimenpiteitä on vielä tekemättä. TATE-valvojat ja urakoitsijat laativat järjestelmäkohtaiset tarkastuslistat ja tarkastuslomakkeet. CxA seuraa, että urakoitsijat suorittavat tarkastukset aikataulun mukaisesti ja dokumentoivat tarkastusten pöytäkirjat hankkeen käytäntöjen mukaisesti.

3.6 Vika- ja puutelistat

Laadunvarmistuksen keskeisenä osana on pitää kirjaa suoritetuista ja vielä suorittamatta olevista tarkastuksista sekä ylläpitää työnaikaista virhe- ja puuteluetteloa TATE-aloittain.

CxA seuraa jatkuvasti hankkeessa ilmenneitä ongelmia ja varmistaa että urakoitsijat, suunnittelijat ja tilaaja ryhtyvät toimiin havaitun ongelman korjaamiseksi. Puuteluettelossa olevat kohdat tulisi yksilöidä mahdollisimman selkeästi. Kattava kuvaus ilmenneestä ongelmasta edesauttaa sen vaikutusten arvioimisessa sekä ongelman korjaussuunnitelman laatimisessa. Kaikki hankkeen aikana ilmenneet virheet ja puutteet tulee arkistoida ja liittää lopuksi osaksi laadunvarmistus- ja luovutusasiakirjoja.

3.7 Mallihuoneet ja -asennukset

Malliasennusten perusteella määritellään hankkeen toistuvissa suorituksessa käytettävät tuotteet, vaadittu työn laatu, noudatettavat toimintatavat sekä suoritusjärjestys. Malliasennusten tekeminen parantaa urakoitsijoiden keskinäistä yhteistyötä, mikä tyypillisesti nopeuttaa varsinaista asennustyötä ja ehkäisee toistuvien virheiden syntymisen mahdollisuutta. Mallihuoneen tai -asennuksen suorittamiseksi on laadittava asennuspiirustukset, joiden mukaisesti urakoitsijat suorittavat malliasennuksen. Asennustyön suorittamisessa tulee huomioida myös laitetoimittajan esittämät asennusohjeet. CxA ja muut TATE-valvojat tarkastavat asennukset ja laativat tarkastuksista muistiot. Malliasennuksia koskevat tehtävät, osapuolten vastuut ja dokumentointikäytännöt on määritelty RT10-11302 kohdassa 6.4 Malliasennukset.

3.8 Laite- ja asennustapatarkastukset

TATE-työn toteuttaja suorittaa asennustapatarkastuksia oman ennalta hyväksytyyn laadunvarmistus- ja valvontasuunnitelmansa mukaisesti, sekä laatii tarvittavan dokumentaation tarkastuksen tuloksista. Ennakoiva laite- ja asennustapatarkastus nopeuttaa työsuorituksen suorittamista ja ennaltaehkäisee toistuvien virheiden syntymistä. Ennakoivalla toiminnalla ehkäistään virheiden syntyminen ja virheiden korjauksesta aiheutuvat kustannukset. Laite- ja asennustapatarkastuksissa todetaan, että asennetut tuotteet ovat laadukkaita, ehjiä ja vastaavat niiden tuotedokumentaatioissa esitettyä tuotesisältöä, ja että tuotteet on asennettu sovitun asennustavan ja laitetoimittajan ohjeiden mukaisesti.² CxA:n tehtävänä on valvoa, että urakoitsijat, rakennuttaja ja muut TATE-valvojat suorittavat laadunvarmistussuunnitelman mukaiset tarkastukset sopimusasiakirjojen mukaisesti. Tämän lisäksi CxA seuraa ja valvoo tarkastusaikataulun ja dokumentoinnin toteutumista. Laite ja asennustapatarkastuksia koskevista tehtävistä, vastuista ja dokumentoinnista on laadittu ohjeistus RT 0-11302 kortin kohdassa 6.6 Laite-, materiaali-, ja asennustarkastukset.

3.9 Paine- ja tiiviyskokeet

Paine- ja tiiviyskokeiden laajuus ja suoritustapa määritellään järjestelmäkohtaisesti sopimusasiakirjoissa. Rakennusvaiheen aloituskokouksessa sovitaan tiiviysmittausten ja painekokeiden ajankohdat ja raportointikäytännöt. Samalla määritellään ne tarkastuskokonaisuudet, joiden valvomiseen rakennusvalvontaviranomainen, TATE-valvojat tai CxA osallistuvat. CxA:n tarkastaa paine- ja tiiviyskokeiden suoritukset ja varmistaa, että kaikki Cx-laadunvarmistuksen alaisuuteen kuuluvat järjestelmät tarkastetaan suunnitelmien mukaisesti. Paine- ja tiiviyskokeiden suorittamisohjeet sekä tiedot noudatettavista standardeista on eritelty RT10-11302 kortin kohdassa 6.7 Paine- tiiviyskokeet.

² RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 5.3 Laite ja asennustapatarkastukset s.5-6

3.10 Järjestelmien puhdistus

Suoritettujen paine- ja tiiviyskokeiden jälkeen urakoitsijat suorittavat järjestelmien huuhtelun ja puhdistuksen TATE-valvojen tai CxA:n valvonnassa. Putkistojen huuhtelusta ja kanaviston puhdistuksesta on annettu ohjeistus RT10-11302 kortin kohdassa 6.8 Putkistojen huuhtelu ja kanavistojen puhdistus. Toiminnanvarmistuksella varmistetaan, että suoritettaville toimenpiteille on varattu riittävästi aikaa ja että ne suoritetaan aikataulujen mukaisesti. Tämän lisäksi ToVa-prosessi varmistaa, että laadunvarmistuksen toimenpiteistä on raportoitu rakennushankkeen käytäntöjen mukaisesti.

3.11 Urakoitsijoiden toimintatarkastukset

TATE-urakoitsijat laativat pääurakoitsijan johdolla alustavan toimintatarkastussuunnitelman. Urakoitsijat osoittavat ja tarkastavat toimintakokeissa keskenään, että järjestelmät ja laitteet toimivat suunnitelmissa esitetyllä tavalla kaikissa käyttö- ja poikkeustilanteissa. CxA seuraa toimintakoesuunnitelmaa ja varmistaa, että se täyttää hankkeen alussa asetetut Cx-laadunvarmistuksen vaatimukset. Tarvittaessa suunnittelijat tarkastavat ja kommentoivat toimintatarkastussuunnitelman tai sen osan. Toimintakokeiden suorittamisessa noudatetaan ennakkoon laadittuja toimintakoesuunnitelmia ja tarkastuslistoja, joiden avulla tarkastukset saadaan kohdistettua mahdollisimman tehokkaasti haluttuihin kohteisiin ja toimintoihin. Samalla suoritettujen ja vielä suorittamatta olevien toimintakokeiden tilannetta voidaan jatkuvasti seurata. Toimintakokeissa ilmenneet virheet ja puutteet tulee korjata viipymättä. Laadituista tarkastuksista ja puutteista on laadittava pöytäkirjat ja muut laadunvarmistussuunnitelman edellyttämät asiakirjat. Urakoitsijoiden toimintakokeiden suorittamisesta, vastuista ja dokumentoinnista on laadittu ohjeistus RT10-11302 kortin kohdassa 6.9 Urakoitsijoiden toimintatarkastukset. Toimintatarkastuksissa laaditut pöytäkirjat ja virhe- ja puuteluettelot ovat osa TATE-urakoitsijan luovutusaineistoa. ToVa-prosessi tuo lisäarvoa periteiseen urakoitsijoiden toimintatarkastukseen valvomalla, että toimintatarkastukset suoritetaan sovitulla tavalla ja laajuudessa, sekä niistä dokumentoidaan hankkeen käytäntöjen mukaisesti. CxA suorittaa ennakoivaa valvontaa ja näin varmistaa, että kaikki sovitut laadunvarmistustoimenpiteet tulevat suoritettua.

3.12 Rakennuttajan toimintakokeet

Urakoitsijoiden toimintakokeiden hyväksytyen suorituksen jälkeen tehdään rakennuttajan toimintakokeet. Toimintakokeet ja niiden aikataulutus on laadittu jo suunnitteluvaiheessa, jotta varmistetaan, että kokeiden suorittamiseen varataan riittävästi aikaa ja resursseja. Toimintatarkastussuunnitelman laatimisen yhteydessä tehty alustava toimintakoesuunnitelma viimeistellään ja hyväksytään CxA:n johdolla ennen toimintakokeiden aloitusta. Toimintakokeista vastaavat CxA ja TATE-valvojat huolehtivat, että kaikki toimintakokeet suoritetaan hankekohtaisen toimintakoesuunnitelman mukaisesti.

Toimintakokeiden laajuus ja tarkkuus määräytyy toiminnanvarmistussuunnitelman mukaisesti. Myös urakoitsijoiden toimintakokeiden tulosten laadulla on vaikutusta rakennuttajan toimintakokeiden laajuuteen. Mikäli urakoitsijoiden toimintatarkastukset ovat olleet hyvin dokumentoituja ja puutteet vähäisiä, toimintakokeet voidaan suorittaa pääasiallisesti pistokoemaisesti. Tilanteessa, jossa toimintakokeet suoritetaan pistokoemaisesti ja kokeissa havaitaan, että aiemmin laadituista toimintatarkastusasiakirjoissa hyväksytyksi tulleissa toimituksissa on kuitenkin virheitä, on valvovalla osapuolella oikeus keskeyttää

toimintakokeet tai muuttaa ne yksilöidyiksi, järjestelmä- ja toimintakohtaisiksi toimintakokeiksi.³ CxA ja TATE-valvojat laativat ja allekirjoittavat laadunvarmistuksen toimintakokeiden pöytäkirjat. CxA:n keskeinen tehtävä on valvoa muiden TATE-valvojen yhteistoimintaa ja varmistaa, että kaikki laadunvarmistustoimenpiteet tulee suoritettua annettujen vaatimusten mukaisesti. Rakennuttajan toimintakokeita koskeva ohjeistus on annettu RT10-11302 kortin kohdassa 6.10 Rakennuttajan toimintakokeet.

3.13 Järjestelmien virtauksien säätötyöt

Verkoston säätötyöt tehdään ensisijaisesti tietomallien ja teknisen laskennan tuloksena saatujen säätöarvojen mukaisesti. Suunnittelijan laatima verkostomalli tulee olla päivitetty vastaamaan todellisuudessa tehtyjä asennuksia. Suunnittelija päivittää verkostomallit urakoitsijan toimittaman punakynäpiirustuksen mukaisesti ennen säätötyön aloittamista.⁴ Mittauspöytäkirjamallit hyväksytään CxA:lla ennen mittaustoimenpiteiden aloittamista. CxA tai LVIA-valvoja tarkastaa ja vahvistaa allekirjoituksellaan toteuttajan laatimat säätö- ja mittauspöytäkirjat. Mahdolliset poikkeamat tulee raportoida viipymättä urakoitsijoille sekä suunnittelijoille. Säätötyötä koskevat tehtävät, ohjeet ja vastuut on esitetty RT10-11302 kortin kohdassa 6.11 Järjestelmien virtauksien säätötyöt.

3.14 Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys

Rakennusautomaatiojärjestelmän (RAU) lopulliset käyttöönottoasetukset voidaan säätää sitten kun LVI-järjestelmien ja -laitteiden ilmapirrat sekä vesi- ja liuosvirrat on säädetty. RAU-urakoitsija asettaa järjestelmien lopulliset asetusarvot TATE-urakoitsijoilta saatujen tietojen perusteella. Rakennusautomaation toimivuus on varmistettava kaikissa käytötötilanteissa ja siirtymissä niiden välillä ilman, että toiminnasta aiheutuu vikatilanteita. Järjestelmien toimivuus arvioidaan kriittisimmän mahdollisen tilanteen mukaisesti.⁵ RAU-järjestelmän parametrien asettelua ja viritämistä varten on annettu viralliset ohjeet RT10-11302 kortin kohdassa 6.12 Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys. CxA:n tehtävänä on yhdessä muiden TATE-valvojen kanssa valvoa RAU-urakoitsijoiden säätöraportit ja hyväksyä ne osaksi hankkeen luovutusaineistoa.

3.15 Koekäyttö ja kuormituskokeet

Tilat ja järjestelmät, joihin kuormituskokeet kohdistetaan, määritellään taloteknisissä suunnitelmissa. TATE-urakoitsijat osallistuvat ohjelman laadintaan ja toteutukseen. Kuormituskokeilla varmistetaan järjestelmien toiminta normaaliolosuhteissa sekä koekäyttöohjelman mukaisissa vaihtuvissa kuormitusolosuhteissa. Kuormituskokeet aloitetaan vasta, kun toimintakokeet on hyväksytty, säätöjen ja mittausten sekä rakennusautomaatiotoimintojen parametrien asettelun ja laitteiden virityksen sekä niissä havaittujen puutteiden korjauksen jälkeen. Kuormituskokeita seurataan sopimuksessa määritetyillä tiedonkeräyslaitteilla ja rakennusautomaatiojärjestelmällä.⁶ Koekäyttöä ja kuormituskokeita koskeva ohjeistus on esitetty RT10-11302 kortin kohdassa 6.14 Koekäyttö ja kuor-

³ RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 5.7 Rakennuttajan toimintakokeet s.6-7

⁴ RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 5.8 Järjestelmien virtauksien säätötyöt s.7

⁵ RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 5.9 Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys s.7

⁶ RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 5.10 Koekäyttö ja kuormituskokeet s.7-8

mituskokeet. CxA ja TATE-valvojat koordinoivat ja vastaavat kuormituskokeiden suorittamisesta sekä tulosten dokumentoinnista. CxA, TATE-valvojat ja suunnittelijat analysoivat testitulokset ja joko hyväksyvät ne tai määräävät tarvittaessa korjaustoimenpiteistä ja uusintakokeista. Kuormituskokeet ja niiden tulokset dokumentoidaan ja liitetään osaksi luovutusaineistoa.

3.16 Mittaukset

Järjestelmien säädön jälkeen LVI-toteuttajat mittaavat ja dokumentoivat järjestelmien toimintaan tai sisäilmastoon liittyvät suureet, joille on tilaajan tavoitteissa (OPR) asetetut tavoitearvot. Mitattavat suureet määritellään hankekohtaisesti. Perinteiseen laadunvarmistukseen alaisuuteen kuuluvien järjestelmien mittauksien suorittamiseksi on esitetty ohjeet RT10-11302 kortin kohdassa 6.13 Mittaukset. LVI-toteuttajan mittaukset ja säädöt tarkastetaan työn aikana CxA:n johdolla laadunvarmistussuunnitelman mukaisesti ja sen määrittämässä laajuudessa.

3.17 Viranomaistarkastukset

TATE-urakoitsija varmistaa töiden edetessä yhteydenpidon rakennusvalvontaviranomaisiin ja muihin osapuoliin, joiden tarkastuksia tai hyväksyntää TATE-järjestelmät ja -laitteet edellyttävät. Viranomainen voi teettää tarkastustehtäviä ulkopuolisella taholla tilaajan suostumuksella. Ennen tilaajan vastaanottotarkastusta on varmistettava, että viranomaistarkastukset ovat suoritettu ja niistä on laadittu tarkastuspöytäkirjat. Pääurakoitsija vastaa, että rakennusluvan mukaiset viranomaistarkastukset on suoritettu joko ennen rakennusvalvonnan käyttöönottotarkastusta tai loppukatselmusta. Kaikki tarpeelliset viranomaistarkastukset toteutetaan ja hyväksytetään viimeistään vastaanottotarkastukseen mennessä. Viranomaistarkastuksissa havaitut puutteet tulee olla korjattuna ennen hankkeen luovutusta.⁷ CxA seuraa ja varmistaa, että viranomaistarkastukset suoritetaan suunnitelmien mukaisesti.

Luovutus- ja käyttöönottovaihe

4.1 Luovutusasiakirjat

Luovutusasiakirjat luovutetaan tilaajalle sopimusasiakirjoissa vaaditussa muodossa sekä esitetyn aikataulun puitteissa. Luovutusasiakirjat kootaan luovutuskansioihin tai tilaajan hallinnoimaan projektipankkiin. CxA tarkastaa aineiston ennen sen hyväksymistä luovutusaineistoksi. Loppupiirustuksissa esitetään TATE-järjestelmät ja -tuotteet, siten kun ne on asennettu ja säädetty. Loppupiirustuksiin päivitetään kaikki tarkepiirustuksissa esitetyt ja muut työn aikana tehdyt muutokset. Loppupiirustukset luovutetaan yleensä hankkeen projektipankkiin, josta ne siirretään kiinteistönpitokirjaan. Luovutusaineistoon kuuluvat asiakirjat ja kokonaisuudet on lueteltu RT10-11301 kohdassa 5.13 Luovutus ja käyttöasiakirjat. Laadunvarmistussuunnitelmassa on esitetty ohjeet kiinteistönpitokirjan laatimisesta ja kokoamisesta. Kiinteistönpitokirjan kokoamisen tarkastaa ja hyväksyy CxA, joka antaa hankkeen toteuttajille ja suunnittelijoille tarkentavia ohjeita luovutettavasta aineistosta ja niiden luovutusaikataulusta.

⁷ RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 5.12 Viranomaistarkastukset s.8

4.2 Käyttöönotto ja koulutus

Käyttöhenkilökunnan koulutus on erittäin tärkeää, jotta rakennusta voidaan käyttää tarkoituksen mukaisesti ja energiatehokkaasti. Hyvin koulutettu käyttöhenkilökunta vähentää myös merkittävästi toimintahäiriöiden esiintymistä ja laitteiston rikkoutumista. Toiminnanvarmistukseen kuuluu olennaisena osana laaja ja kattava koulutusvelvollisuus, minkä avulla varmistetaan rakennuksen suunnitelmien mukainen toimivuus. Rakennuksen käyttöönotto ja siihen liittyvä koulutus toteutetaan tyypillisesti useamassa vaiheessa ja aloitetaan jo rakentamisvaiheessa. Koulutusohjelman laadinnasta vastaavat yhteistyössä TATE-valvojat, urakoitsijat ja suunnittelijat. CxA:n tehtävänä varmistaa, että koulutussuunnitelman laajuus ja laatu täyttävät tilaajan tavoitteet. Kiinteistön huoltohenkilökunnalle on järjestettävä käyttökoulutus asennettujen TATE-järjestelmien ja -tuotteiden toiminnasta, käytöstä ja ylläpidosta, perehdytys kiinteistö- ja huoneistokohtaisiin käyttö- ja huolto-ohjeisiin, kiinteistönpitokirjaan sekä muhin luovutusasiakirjoihin. Urakoitsijoiden tulee varmistaa loppukäyttäjien sekä huoltohenkilökunnan riittävä koulutus järjestelmien tarkoituksenmukaista käyttöä varten. CxA valvoo koulutussuunnitelman toteutumista ja varmistaa että kaikki osapuolet ovat täyttäneet koulutusvelvollisuutensa.

4.3 Vastaanottotarkastus

Vastaanottomenettely on laadunvarmistusprosessi, jota toteutetaan koko työnsuorituksen ajan. Hankkeen vastaanottotarkastus tapahtuu yleisten sopimusehtojen ja ennalta sovitun laadunvarmistussuunnitelman mukaisesti. Vastaanottotarkastuksessa todennetaan, että hanke on toteutettu sopimusasiakirjojen mukaisesti, tilaajan vaatimukset on täytetty ja kaikki vastaanottotarkastusta edeltäneet laadunvarmistustoimenpiteet ja tarkastukset on hyväksytysti suoritettu ja dokumentoitu. Vastaanottotarkastus voidaan tehdä vasta kun rakennusurakka ja talotekniset toimitukset on viety loppuun sopimusasiakirjojen mukaisesti. Vastaanottotarkastukseen tulee osallistua jokaisen TATE-järjestelmän toimituksen vastaava työnjohtaja. Vastaanottotarkastus päättyy ja kuitataan suoritetuksi, kun työsuoritus luovutetaan hyväksytysti tilaajalle.⁸ CxA osallistuu vastaanottotarkastukseen ja varmistaa tilaajan tavoitteiden sekä Cx-laadunvarmistussuunnitelman kokonaisvaltaisen toteutumisen.

4.4 Cx-päätöskokous ja -raportti

Hankkeen vastaanottotarkastuksen ja luovutuksen jälkeen CxA kokoaa hankkeen aikana syntyneet toiminnanvarmistuksen asiakirjat ja varmistaa, että laadunvarmistuksen aineisto toimitetaan kokonaisuudessaan tilaajalle. Hankkeen pääosalliset kutsutaan toiminnanvarmistuksen päätöskokoukseen, jossa käydään läpi toiminnanvarmistusprosessin onnistuminen. Erityisen tärkeää on kirjata mahdolliset ongelmakohtat tai toimintatavat, joita on syytä muuttaa seuraavassa hankkeessa. Tilaaja kuittaa rakennushankkeen Cx-laadunvarmistusprosessin suoritetuksi. Hankkeen laadunvarmistusprosessin laajuudesta riippuen jatketaan käytönaikaiseen toiminnanvarmistukseen.

⁸ RT Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely RT10-11301 5.15 Vastaanottotarkastus s.9

Takuuaika ja jatkuva toiminnanvarmistus

5.1 Datan analysointi ja TATE-järjestelmien optimointi

Käytönaikaisen toiminnanvarmistuksen ensimmäinen vaihe on analysoida ensimmäisten käytönaikaisten kuukausien monitoroitua dataa ja sen avulla säätää TATE-järjestelmien toimivuutta optimaaliseksi. Analysoitavia parametreja ovat vähintään rakennuksen kokonaisenergiankulutus, merkittävien TATE-järjestelmien toimivuus ja vedenkulutus. Sopimuksesta riippuen toiminnanvarmistusta jatketaan joko tietyn määräajan esimerkiksi kaksi vuotta, tai sitten toiminnanvarmistusta jatketaan pidempään. CxA on aktiivisesti mukana käytönaikaisissa mittauksissa ja kerätyn tiedon analysoinnissa.

5.2 Koulutusten loppuun vieminen

CxA varmistaa, että kaikki keskeneräiset koulutukset viedään loppuun sopimusasiakirjojen mukaisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä sellaisten järjestelmien koulutuksiin, joiden käyttö on kausittaista. Käyttäjillä ja huoltohenkilökunnalla on merkittävä vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen ja järjestelmien käyttöikäen, joten on hyvin tärkeää varmistaa, ettei koulutus jää puutteelliseksi. Juuri käyttäjien ja huoltohenkilökunnan koulutus on toiminnanvarmistuksen yksi kulmakivistä.

5.3 Kausitestausta

Monet talotekniset järjestelmät ovat käytössä vain tiettyinä vuodenaikoina. Näin ollen, kaikkien järjestelmien toimivuutta todellisella käyttökuormituksella ei pystytä toteuttamaan luovutus- ja käyttöönottovaiheessa. Kausitestaukset tulee toteuttaa kuormituskoesuunnitelman mukaisesti heti kun se on mahdollista. Testaukset ja kuormituskokeet täytyy toteuttaa valtuutetun testaajan toimesta, tai CxA:n valvonnan alaisena. CxA:n tehtävänä on analysoida järjestelmien toimivuus ja vertailla todennettuja arvoja tilaajan hankkeen alussa asettamiin vaatimuksiin.

5.4 Takuuajan tehtävät

CxA tulee varmistaa rakennuksen toimivuus ennen takuuajan päättymistä. CxA voi esimerkiksi haastatella huoltohenkilökuntaa sekä monitoroinnista vastaavaa tahoa, jotta mahdolliset ongelmat tulisivat paremmin esille. Kaikki mahdolliset puutteet tulee korjata viipymättä ja laitteiden toimintaa tulee säätää optimaalisen toimivuuden saavuttamiseksi. Toiminnanvarmistussuunnitelmaan päivitetään vastaanoton ja takuuajan toiminnanvarmistustoimenpiteet ja tiedot mahdollisista käytön aikana ilmenneistä ongelmista. Päivitykset tehdään toiminnanvarmistussuunnitelmaan, tilaajan tavoitteisiin ja järjestelmäkirjaan niin, että kaikki asiakirjat ovat päivitettyinä ennen takuuajan päättymistä. Tämän lisäksi eri ympäristösertifikaateilla on erikseen määriteltäviä vaatimuksia käytönaikaiseen toiminnanvarmistukseen, ja nämä tulee huomioida hankekohtaisesti.

5.5 Ensimmäisen vuoden takuutarkastus

CxA varmistaa, että urakkasuoritusten, järjestelmien ja laitteiden toiminta on todennettu ja kaikki mahdolliset ongelmat on selvitetty ennen takuuajan päättymistä. CxA laatii suunnitelman ja aikataulun takuuajan katselmuksien suorittamisesta ja vastuista. Toimenpiteen tarkoituksena on varmistaa, että laitteet ja järjestelmät vastaavat tilaajan toimivuustavoitteita ennen takuuajan päättymistä.

Takuuajan päätteeksi CxA pitää kokouksen hankkeen tilaajan, suunnittelijoiden, käyttäjien ja huolto-organisaation edustajan kanssa. Kokouksessa arvioidaan toiminnanvarmistusprosessin onnistuminen. Tarkoituksena on todentaa, toimiiko rakennus sille asetettujen vaatimusten mukaisesti ja varmistaa että mahdolliset puutteet on korjattu takuuajana. Toiminnanvarmistusprosessi on onnistunut, kun rakennus toimii energiatehokkaasti, täyttää tilaajan tavoitteet ja kun käyttäjät ovat tyytyväisiä.

5.6 Huoltokirjan päivittäminen

Rakennuksen dokumentaation kerääminen on yksi keskeisin osa toiminnanvarmistuksen prosessia. Takuukuukausien aikana tehdään usein vielä korjauksia ja muutoksia järjestelmiin. CxA varmistaa, että käytön aikana tehdyt muutokset ja kaikki olennainen tieto havainnoista on päivitetty huoltokirjaan.