

Anssi Mielonen

**LVIÄ-JÄRJESTELMÄT:
TOIMINTAKOKEET JA
KÄYTTÖÖNOTTOVAIHEEN
TARKASTUKSET
TOIMITILARAKENNUKSISSA**

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

2025



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä	Anssi Mielonen
Työn nimi	LVIÄ-järjestelmät: Toimintakokeet ja käyttöönottovaiheen tarkastukset toimitilarakennuksissa
Toimeksiantaja	Fira Rakennus Oy
Vuosi	2025
Sivut	49 sivua
Työn ohjaajat	Teemu Lahikainen, Niklas Virtanen

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selkeyttää toimitilarakennusten LVIÄ-järjestelmien käyttöönottovaiheen kokonaisuutta, erityisesti toimintakokeiden ja käyttöönoton tarkastusten osalta. Työ on tehty Fira Rakennus Oy:n toimeksiannosta, ja sen taustalla on tarve parantaa käyttöönottoprosessien läpinäkyvyyttä, dokumentointia sekä eri osapuolten yhteistoimintaa.

Työssä kartoitetaan systemaattisesti LVIÄ-järjestelmien käyttöönottoon liittyvät vaiheet, kuten laite- ja materiaalihyväksynät, tiiviys- ja painekokeet, rakennusautomaatiojärjestelmän viritykset, toimintatarkastukset, rakennuttajan toimintakokeet sekä mittaukset ja viranomais tarkastukset. Työn lähdeaineistona on käytetty ohjekortteja, standardeja sekä asiantuntijahaastatteluja. Erityistä huomiota on kiinnitetty eri osapuolten tehtäviin ja dokumentoinnin laatuun sekä siihen, miten toimintakokeet käytännössä toteutetaan. Aineisto hankittiin asiantuntijahaastatteluilla ja kirjallisuuden teemallisella analyysillä, joiden avulla muodostettiin käsitys rakennuksen käyttöönottovaiheen vaatimuksista. Sisällön jäsentelyä ja tarkastusasiakirjojen käytännön toteutusta tuettiin Microsoft Excel -ohjelmiston teknisillä työkaluilla.

Tuotoksena työssä on laadittu tarkastuslista, toimintakoepöytäkirjapohja sekä toimintakokeiden seurantataulukko, joiden tarkoituksena on toimia työkaluna pääurakoitsijan koordinoimassa käyttöönottoprosessissa. Näiden työkalujen avulla voidaan varmistaa, että toimintakokeet suoritetaan järjestelmällisesti ja läpinäkyvästi sekä dokumentointi täyttää laatuvaatimukset. Tulokset perustuvat käytännön kokemuksiin, asiantuntijoiden näkemyksiin sekä RT- ja ST-ohjekortteihin, ja ne tukevat yhtenäisten toimintatapojen vakiinnuttamista erityyppisissä rakennushankkeissa.

Asiasanat: käyttöönotto, pöytäkirja, rakennusautomaatio, tarkistuslista, talotekniikka

Degree title	Bachelor of Engineering
Author	Anssi Mielonen
Thesis title	HVAC and automation systems: Commissioning, functional testing, and inspections during the handover phase in commercial buildings
Commissioned by	Fira Rakennus Oy
Time	2025
Pages	49 pages
Supervisors	Teemu Lahikainen, Niklas Virtanen

ABSTRACT

The objective of this thesis is to clarify the commissioning phase of HVAC systems in commercial buildings, with a particular focus on functional testing and commissioning inspections. The work was commissioned by Fira Rakennus Oy, and was driven by the need to improve transparency, documentation, and collaboration between various parties involved in the commissioning process.

The thesis systematically examines the different stages involved in the commissioning of HVAC systems, such as equipment and material approvals, tightness and pressure tests, tuning of the building automation system, functional inspections, client-driven functional testing, as well as measurements and official inspections. The source material includes technical guidelines and standards, and expert interviews. Special attention is paid to the roles of different stakeholders, the quality of documentation, and the practical implementation of functional tests. The data was collected through expert interviews and thematic analysis of literature, which helped to form an understanding of the requirements during the building commissioning phase. The structuring of content and the practical implementation of inspection documents were supported by the technical tools provided by Microsoft Excel.

As a result of the thesis, a commissioning checklist, a functional testing report template, and a monitoring table for functional testing were developed to serve the main contractor during the coordination of the commissioning process. These tools help ensure that functional testing is conducted systematically and transparently, and that the documentation meets quality standards. The results are based on practical experience, expert opinions, and RT and ST guidelines, and they support the establishment of consistent practices in various types of construction projects.

Keywords: building automation, building services engineering, checklist, commissioning, report

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	RAKENNUKSEN KÄYTTÖÖNOTTOVAIHE.....	6
2.1	Laite- ja materiaali hyväksyntä	10
2.2	Paine- ja tiiviyskokeet.....	13
2.3	Putkistojen huuhtelu ja kanavistojen puhtauden tarkastus	14
2.4	Rakennusautomaatiojärjestelmän viritys	16
2.5	Urakoitsijoiden itselleluovutukset.....	17
2.6	Urakoitsijoiden toimintatarkastukset	17
2.7	Rakennuttajan toimintakokeet	19
2.8	Järjestelmien virtauksien säätötyöt.....	20
2.9	Koekäytöt ja kuormituskokeet	22
2.10	Mittaukset.....	23
2.11	Viranomaistarkastukset.....	25
2.12	Toimivuustarkastukset.....	27
3	MENETELMÄT	28
3.1	Haastattelut	28
3.2	Haastatteluiden tulokset	29
3.3	Kirjallisen aineiston analysointimenetelmät	30
3.4	Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelma.....	31
4	TULOKSET	32
4.1	LVIA-järjestelmien käyttöönottoprosessin tarkastuslista.....	32
4.2	Toimintakoepöytäkirjapohja ja seurantataulukko.....	35
5	TULOSTEN TARKASTELU.....	44
5.1	Menetelmät	44
5.2	Tulosten tarkastelu.....	45
6	POHDINTA.....	47

1 JOHDANTO

LVIA-järjestelmien eli lämpö-, vesi-, ilmanvaihto- ja automaatiojärjestelmien oikeaoppinen käyttöönotto on keskeinen osa toimitilarakennuksen valmistumisvaihetta. Se toimii siltana suunnittelu- ja rakennusvaiheen sekä varsinaisen käytön välillä ja vaikuttaa suoraan rakennuksen toiminnallisuuteen, energiatehokkuuteen ja sisäympäristön hallintaan. Käyttöönotossa varmistetaan, että järjestelmät täyttävät niille asetetut tekniset ja toiminnalliset vaatimukset ja että ne on dokumentoitu asianmukaisesti osaksi rakennuksen luovutusaineistoa. (RT 10-11301: 2018, 5–6; Junnonen & Kankainen 2020, 10–12.)

Taloteknisten järjestelmien laadunvarmistukseen ja käyttöönottovaiheeseen sisältyy useita kriittisiä tarkastuksia ja kokeita, kuten laite- ja materiaalihyvaksyntä, paine- ja tiiviyskokeet, rakennusautomaatiojärjestelmän testaukset, toimintatarkastukset sekä rakennuttajan toimintakokeet. Jokainen vaihe edellyttää huolellista suunnittelua, selkeää vastuunjakoa ja kattavaa dokumentaatiota. RT 10-11301 -ohjekortin mukaan toimintakokeiden onnistunut läpivienti edellyttää, että järjestelmien turvallisuus-, tiiviys-, puhtaus- ja säätövaatimukset ovat ensin täytetty ja että eri osapuolten roolit ovat tarkasti määriteltynä. (RT 10-11301: 2018, 6–7.)

Tämän produktiivisen opinnäytetyön tavoitteena on kehittää toimitilarakennusten LVIA-järjestelmien käyttöönottoprosessia tuottamalla tarkastuslista, toimintakoepöytäkirjapohja sekä toimintakokeiden seurantataulukko pääurakoitsijan käyttöön. Työssä hyödynnetään rakennuttamiseen liittyvää kirjallisuutta, RT- ja ST-ohjekortteja, asiantuntijahaastatteluja sekä käytännön kokemuksia työmaalta. Tulokset tukevat käyttöönottovaiheen jäsentämistä ja yhdenmukaistamista sekä parantavat prosessin dokumentaation laatua ja läpinäkyvyyttä tulevissa rakennushankkeissa.

2 RAKENNUKSEN KÄYTTÖÖNOTTOVAIHE

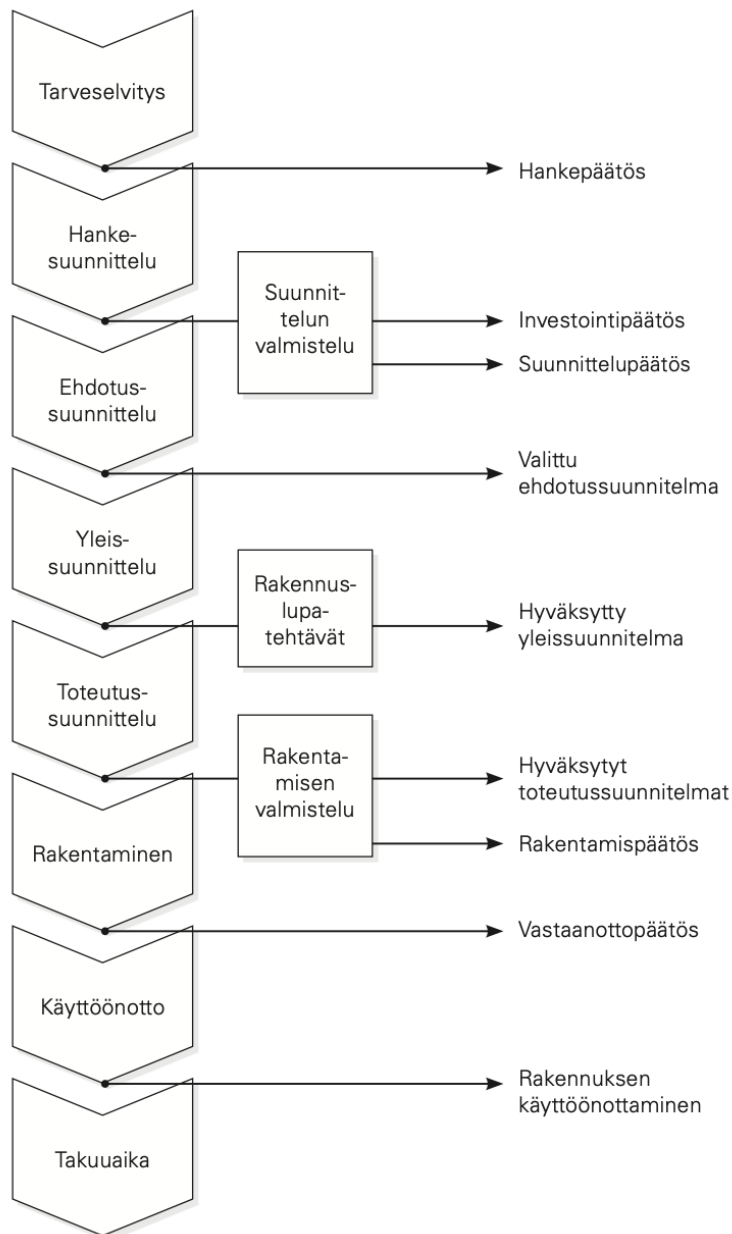
Rakennushankkeen kulku etenee vaiheittain tarpeen synnystä aina rakennuksen käyttöönottoon ja takuu-aikaan asti. Käyttöönottovaiheen näkökulmasta on keskeistä ymmärtää, miten eri vaiheet luovat edellytyksiä onnistuneelle käyttöönotolle. Hankkeen alkuvaiheessa, kuten tarveselvityksessä ja hankesuunnittelussa, määritellään tilan käyttäjän tarpeet ja toimintojen vaatimukset, jotka

ohjaavat koko suunnittelu- ja toteutusprosessia. Näin varmistetaan, että lopullinen tila todella palvelee käyttötarkoitustaan. (Junnonen & Kankainen 2020, 10–12.)

Ehdotussuunnittelussa ja yleissuunnittelussa tarkennetaan toiminnallisia ja teknisiä ratkaisuja, ja toteutussuunnittelussa määritellään tarkat yksityiskohdat, joiden perusteella rakentaminen tapahtuu. Rakentamisvaiheessa suunnitelmat toteutetaan käytännössä, ja valmiin rakennuksen on täytettävä sekä tekniset että toiminnalliset vaatimukset, jotta käyttöönotto onnistuu sujuvasti. (Junnonen & Kankainen 2020, 10–12.)

Käyttöönotossa rakennus tai sen osa siirtyy käyttäjien hallintaan. Tällöin varmistetaan, että kaikki järjestelmät toimivat suunnitellusti, ja käyttäjät saavat riittävän perehdytyksen tilojen ja teknisten järjestelmien käyttöön. Käyttöönotto on siten seurausta aikaisempien vaiheiden onnistuneesta suunnittelusta ja toteutuksesta, ja se toimii lähtökohtana rakennuksen pitkäaikaiselle ja häiriöttömälle käytölle. (Junnonen & Kankainen 2020, 10–12.)

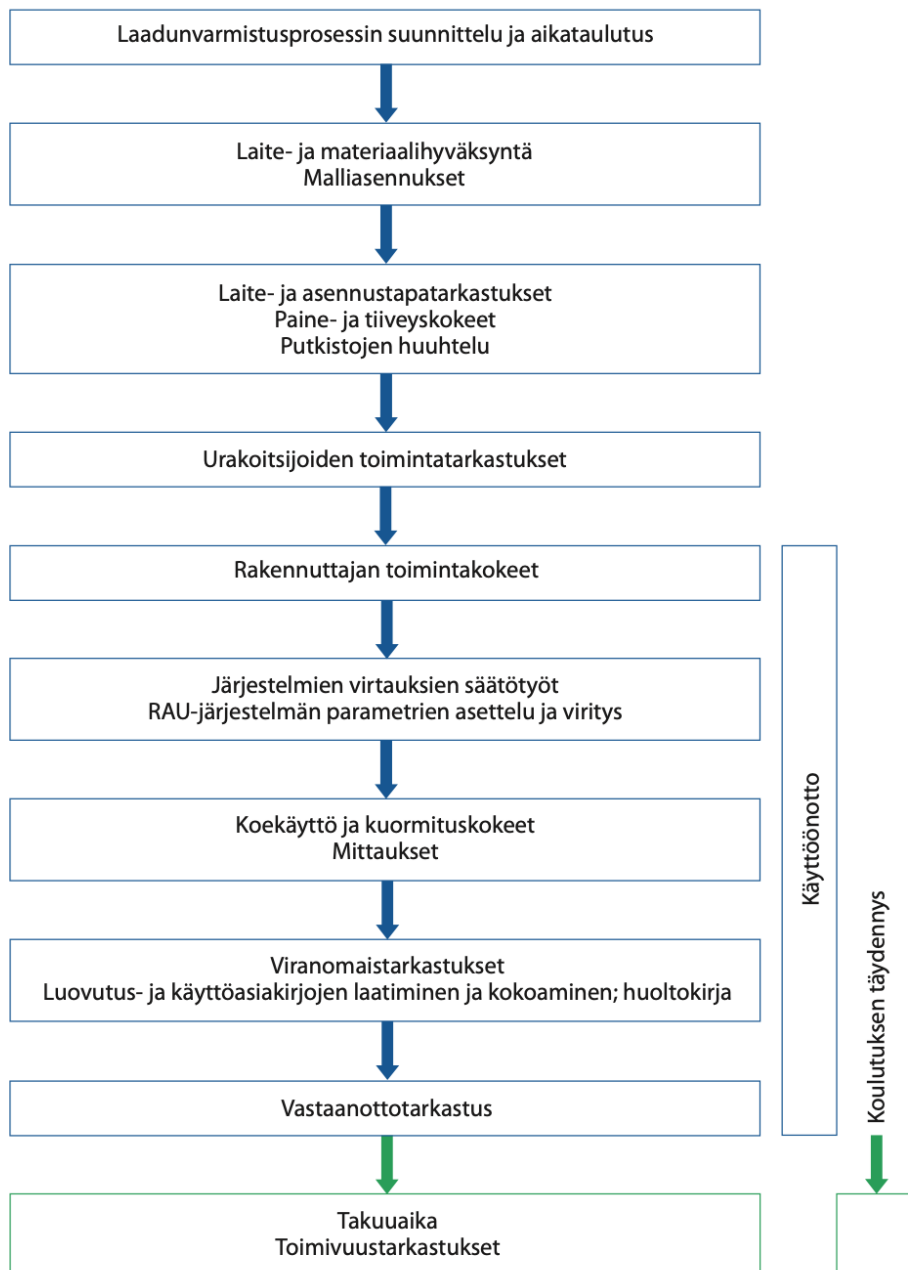
Kuvassa 1 on esitetty talonrakennushankkeen vaiheet prosessikaaviona, josta käy selkeästi ilmi, että käyttöönottovaiheen toimenpiteet sijoittuvat hankkeen loppupäähän. Käyttöönotto seuraa rakentamisen valmistumista ja toimii siirtävävaiheena, jossa varmistetaan rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien toimivuus ennen lopullista luovutusta. Tässä vaiheessa tarkastetaan, että LVIA-järjestelmät toimivat suunnitellusti ja että kaikki osapuolet ovat toteuttaneet vastuunsa hyväksytyllä tavalla. Käyttöönottovaiheen onnistuminen vaikuttaa suoraan rakennuksen käyttöönoton sujuvuuteen, sisäolosuhteiden laatuun sekä mahdollisten takuuajakaisten ongelmien määrään. Prosessikaavio havainnollistaa, että vaikka suuri osa hankkeen päätöksenteosta ja suunnittelusta tapahtuu aiemmissa vaiheissa, käyttöönottovaiheessa konkretisoituu koko hankkeen tekninen toimivuus ja valmius siirtyä rakennuksen todelliseen käyttöön. (Junnonen & Kankainen 2020, 11.)



Kuva 1. Talonrakennushankkeen vaiheet (Junnonen & Kankainen 2020, 11)

Kuvassa 2 on esitetty talotekniikan laadunvarmistuksen prosessikaavio, joka jäsentää järjestelmällisesti LVIA-järjestelmien käyttöönottoon liittyvät tehtävät koko hankkeen ajalta. Prosessi käynnistyy laadunvarmistuksen suunnittelulla ja aikataulutuksella, jota seuraavat laite- ja materiaalihyväksynät sekä malliasennukset. Seuraavissa vaiheissa keskitytään laite- ja asennustapojen tarkastuksiin, putkistojen huuhteluun ja paine- sekä tiiviyskokeisiin. Merkittävässä roolissa ovat urakoitsijoiden suorittamat toimintatarkastukset ja niitä seuraavat rakennuttajan toimintakokeet, joiden avulla varmistetaan järjestelmien toiminnallinen valmius. Kaavio korostaa myös järjestelmien säätö- ja viritystehtävien merkitystä ennen koekäyttöä ja mittauksia. Käyttöönottovaiheessa suoritetaan kuormituskokeet, viranomaistarkastukset sekä laaditaan ja

kootaan kaikki tarvittavat luovutus- ja käyttöasiakirjat. Prosessi huipentuu vastaanottotarkastukseen, jonka jälkeen siirrytään takuuajalle. Takuuajana toteutetaan toimivuustarkastuksia ja tarvittaessa koulutuksen täydennystä. Kaavio havainnollistaa, että laadunvarmistus ei ole yksittäinen toimenpide, vaan jatkuva, hankkeen eri vaiheisiin sijoittuva kokonaisuus, joka tukee talotekniikan moitteetonta toimintaa ja rakennuksen elinkaaren aikaista toimivuutta. (RT 10-11301: 2018, 1.)



Kuva 2. Talotekniikan laadunvarmistus, prosessikaavio (RT 10-11301: 2018, 1)

2.1 Laite- ja materiaalihyväksyntä

Laite- ja materiaalihyväksynnällä varmistetaan, että urakoitsijoiden esittämät laitteet, materiaalit, järjestelmät ja asennustavat täyttävät suunnitelma-asiakirjojen sekä säädösten vaatimukset. Kaikki tekniset järjestelmät on hyväksyttävä rakennuttajalla, ja urakoitsijoiden tulee toimittaa niihin liittyvä tuotedokumentaatio ja elinkaarilaskelmat tarkistettavaksi talotekniikkavalvojille ja -suunnittelijoille. Hyväksytyt asiakirjat arkistoidaan sekä projektipankkiin että luovutusmateriaaleihin. (RT 10-11301: 2018, 5.)

Jos urakoitsija ehdottaa suunnitelmista poikkeavaa laite- tai järjestelmävalintaa, rakennuttaja pyytää suunnittelijaa tarkistamaan sen tekniset ominaisuudet, yhteensopivuuden ja säädösten mukaisuuden, kuten CE-merkinnän ja energiatehokkuusvaatimukset. Suunnittelija antaa esityksestä kirjallisen lausunnon, mutta ei voi hyväksyä valintoja ilman erillistä valtuutusta. TATE-valvoja hyväksyy valtuuksiensa mukaisesti urakoitsijoiden valinnat tai ohjaa ne rakennuttajan päätettäväksi. Hyväksyntäprosessille on varattava 5–7 työpäivää hankeaikataulussa. Mikäli rakennuttaja hyväksyy muutoksen, on samalla sovittava sen vaikutuksista muihin urakkasuorituksiin, suunnitelmiin ja kustannuksiin. Käyttäjän ja rakennuttajan erillishankinnat hyväksytään erillisen ohjelman mukaisesti. Suunnitelma-asiakirjoissa määrätään, mitkä LVI-järjestelmät, -keskukset ja -tuotteet edellyttävät hyväksytyin valinnan jälkeen vielä kytkentää koskevien sähkö- ja rakennusautomaatiosuunnitelmien laatimista. (RT 10-11301: 2018, 5.)

Tehtävät ja dokumentointi

Laite- ja materiaalihyväksyntä on LVIA-töiden laadunvarmistuksen ensimmäinen vaihe, jossa urakoitsijoiden valitsemat tuotteet tulee hyväksyttävä ennen asennustöiden aloittamista. Rakennuttajan on hyväksyttävä kaikki työvaiheessa käytettävät laitteet ja materiaalit, eikä hyväksymättömiä tuotteita saa tuoda työmaalle tai asentaa. (RT 10-11302: 2018, 4.)

Hyväksyntäprosessi etenee siten, että urakoitsija toimittaa tarvittavat asiakirjat rakennuttajan edustajalle, joka on yleensä LVIA-valvoja. Mikäli sovittu, asiakir-

jat lähetetään myös LVIA-suunnittelijan tarkastettavaksi. Suunnittelijan hyväksynnän jälkeen rakennuttajan edustaja tekee lopullisen päätöksen tuotteen hyväksymisestä tai hylkäämisestä. Kaikki päätökset dokumentoidaan, ja hylkäämisen tapauksessa prosessi käynnistetään uudelleen. Jos urakoitsija ehdottaa suunnitelmista poikkeavaa ratkaisua, suunnittelijan on arvioitava sen hyväksyttävyyden ja annettava kirjallinen lausunto. Vaikka käytettävä tuote olisi suunnitelmien mukainen, kaikki hyväksyntään liittyvät asiakirjat on toimitettava ennen tuotteen käyttöönottoa. Hyväksyntäprosessiin varataan yleensä 1–2 viikkoa, ja lopullisen päätöksen tekee rakennuttajan valtuuttama henkilö. LVIA-suunnittelija ei yleensä toimi hyväksyjänä, mutta rakennuttaja voi vaatia hänen tarkastustaan ennen lopullista hyväksyntää. (RT 10-11302: 2018, 4.)

Hyväksyntään vaadittavat asiakirjat sisältävät muun muassa CE-merkinnän, tyyppihyväksynnän, valmistuksen laadunvalvonta-asiakirjat, tekniset suoritusarvotiedot (kuten teho, virtaus ja painehäviöt) sekä käyttö-, huolto- ja asennusohjeet. Urakoitsija hankkii nämä asiakirjat tuotteen markkinoille saattajalta ja toimittaa ne rakennuttajalle suomenkielisinä. Hyväksytyt asiakirjat tallennetaan projektipankkiin tai muuhun sovittuun paikkaan. Hyväksynnöistä pidetään yhteenvetoa, jota ylläpitää joko urakoitsija tai rakennuttajan hyväksyjä, ellei projektipankissa ole valmista seurantajärjestelmää. (RT 10-11302: 2018, 4.)

Hyväksyntämenettelyn merkitys käyttöönottovaiheeseen

Ohjekortti ST 711.01 Rakennusautomaatiosuunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat määrittelee rakennusautomaatioon liittyvien laitteiden ja järjestelmien hyväksyntäprosessit sekä eri osapuolten vastuut. Laite- ja materiaalihyväksyntä varmistaa, että rakennusautomaatioon liitettävät laitteet ovat yhteensopivia ja täyttävät suunnittelun tekniset vaatimukset. Ohjekortissa määritellään eri osapuolten, kuten LVI-, sähkö- ja rakennusautomaatiosuunnittelijoiden tehtävät ja vastuut, jotta taloteknisten järjestelmien yhteen liittäminen olisi mahdollisimman tehokasta ja selkeää. Ohjekortissa painotetaan, että laitemallin vaihtaminen toteutusvaiheessa voi vaikuttaa merkittävästi rakennusautomaation liittäntöihin, kaapelointeihin ja sähkökytkentöihin mikä aiheuttaa ongelmia laitteiden käyttöönottovaiheessa. Jos laitemallit muuttuvat hankkeen aikana on varmistettava kaikkien suunnittelualojen sekä valvojen hyväksyntä laitteelle sekä

päivitettävä säätökaaviot ym. suunnitelmat vastaamaan valittua hyväksyttyä laitetta.

Väyläliitäntäisten laitteiden, kuten ilmanvaihtokoneiden, lämpöpumppujen ja jäähdytyskoneiden, hyväksynnässä keskeistä on, että valittu laitemalli pysyy samana toteutuksen aikana. Jos laite vaihdetaan, muutoksen vaikutukset rakennusautomaatioliitäntöihin, kaapelointeihin ja sähkökytkentöihin tulee arvioida, ja hyväksyntä on saatava LVI-, sähkö- ja RAU-suunnittelijoilta sekä LVIAS-valvojlta. Tämä prosessi varmistaa, että järjestelmä toimii suunnitellusti ja integroituu oikein muihin taloteknisiin järjestelmiin. (ST 711.01: 2024, 7.)

Palopeltijärjestelmissä hyväksyntä edellyttää, että toteutus vastaa suunnitelmia. Jos poiketaan alkuperäisestä suunnitelmasta, muutokset on hyväksyttävä ilmanvaihto-, sähkö- ja RAU-suunnittelijoilla sekä valvojilla. Suunnittelijat arvioivat vaihtoehtoisten laitteiden vaikutukset palopeltien ohjaukseen, sähkökeskuksiin ja automaatiojärjestelmään. (ST 711.01: 2024, 7–8.)

Savunpoistojärjestelmien osalta suunnitteluvastuu on yleensä palokonsultilla, mutta RAU-suunnittelija vastaa savunpoistojärjestelmän liityntöjen esittämisestä rakennusautomaatiossa sekä järjestelmän toiminnan määrittelystä hälytystilanteessa (ST 711.01: 2024, 8–9).

Ilmanvaihdon pysäytysjärjestelmien hyväksyntä liittyy rakennuksen turvallisuusmääräyksiin. Pysäytysohjauksia voidaan toteuttaa RAU-järjestelmällä, sähkökeskuksilla tai niiden yhdistelmällä. Jos ilmanvaihdon pysäytys toteutetaan RAU-järjestelmän kautta, suunnitelmissa tulee määrittää kytkinten sijainnit ja toimintaperiaatteet. Sähköisesti toteutettavassa pysäytyksessä sähkösuunnittelijan vastuulla on kaapelointien ja sähkönsyöttöjen määrittely. (ST 711.01: 2024, 9.)

Rakennusautomaatiosuunnitteluun liittyvä laiteluettelo toimii keskeisenä dokumenttina hyväksyntäprosessissa. Se sisältää tiedot rakennusautomaatioon kuuluvista laitteista, niiden teknisistä vaatimuksista ja mahdollisista hankintarajoista. Laiteluettelon avulla voidaan tarkistaa, täyttävätkö mahdollisesti vaihtoehtoisiksi ehdotetut laitteet sovitut vaatimukset. (ST 711.01: 2024, 5–6.)

Hyväksyntäprosessi ulottuu myös olosuhdeseurantaan sekä energia- ja kulumittausjärjestelmiin, joissa rakennusautomaatiosuunnittelijan vastuulla on määrittää mittausjärjestelmien ominaisuudet ja tietojen siirto. LVI- ja sähkösuunnittelijat toimittavat laitteiden mittausarvot ja niiden sijoitustiedot, jotka rakennusautomaatiosta vastaava suunnittelija hyväksyy. (ST 711.01: 2024, 12.)

Laite- ja materiaalihyväksyntäprosessi on olennainen osa hankkeen toteutusta sekä käyttöönottovaiheen tehokkaan onnistumisen edellytys. Se varmistaa, että kaikki järjestelmät ovat yhteensopivia, toimivat suunnitellusti ja täyttävät tekniset ja turvallisuusvaatimukset. Jokaisen hyväksyttävän laitteen osalta eri suunnittelualojen asiantuntijat tarkistavat vaatimustenmukaisuuden, ja tarvittavat muutokset dokumentoidaan asianmukaisesti. Tämä hyväksyntämenettely varmistaa, että rakennusautomaatiojärjestelmä toimii suunnitellusti ja integroituu oikein muihin taloteknisiin järjestelmiin.

2.2 Paine- ja tiiviyskokeet

Paine- ja tiiviyskokeiden laajuus ja suoritusmenetelmät määritellään LVI-järjestelmittäin sopimusasiakirjoissa. Hankkeen aloituskokouksessa sovitaan käytännöistä, joiden mukaisesti LVI-urakoitsija ilmoittaa kokeiden ajankohdat. Tarvittaessa kokeisiin osallistuu myös rakennusvalvontaviranomainen tai muita osapuolia, mikäli asennustyön laatu sitä edellyttää. (RT 10-11301: 2018, 5–6.)

LVI-järjestelmien on täytettävä niille asetetut tiiviysvaatimukset, ja niiden tiiviys todennetaan sopimusasiakirjoissa määritellyllä tavalla. Kokeiden aikana liitosten on oltava näkyvissä, ja testaukset voidaan suorittaa verkoston osissa tai koko verkostossa. Osapainekokeet tehdään työn etenemisen mukaan erityisesti niille verkoston osille, jotka jäävät rakenteiden sisään tai jotka eristetään. Kokeet suoritetaan ennen rakenteiden peittämistä. (RT 10-11301: 2018, 5–6.)

Jos tiiviys- tai painekokeessa havaitaan vikoja tai vuotoja, ne korjataan, ja järjestelmä testataan uudelleen ennen hyväksyntää. Kokeista laaditaan pöytäkirja, jonka TATE-urakoitsija laatii ja TATE-valvoja vahvistaa allekirjoituksella.

laan. Lisäksi rakennusvaiheen vastuuhenkilön on tehtävä merkintä rakennustyön tarkastusasiakirjaan ilmanvaihtojärjestelmän tiiviiden suunnitelmanmuokaisuudesta. (RT 10-11301: 2018, 5–6.)

Tehtävät ja dokumentointi

Paine- ja tiiviyskokeet suoritetaan putkistoille, ilmakehävaihto- ja jäte- ja hulevesiviemäreille niiden asennuksen edettyä riittävän pitkälle. Erityisesti rakenteisiin jäävät ja eristettävät osat on testattava ennen peittämistä. Putkiverkostot voidaan koepaineistaa osissa, mutta lopuksi jokaisen järjestelmän koko verkosto testataan yhtenä kokonaisuutena. (RT 10-11302: 2018, 5–6.)

Putkistot koepaineistetaan vedellä tai jäätymättömällä nesteellä, jos jäätymisvaara on olemassa. Ennen testiä putkistosta on poistettava ilma, ja koepaineessa käytettävän nesteen lämpötilan on tasoitettava ympäristön lämpötilaan. Vesijohtoverkoston koepaine on vähintään 1,0 MPa (10 bar), ja muiden putkistojen koepaine on 1,3 kertaa niiden suurin käyttöpainne. Jäte- ja hulevesiviemäreiden tiiviys todetaan ilmalla tai vedellä standardien SFS 3113, SFS 3114 ja SFS-EN 1610 mukaisesti. (RT 10-11302: 2018, 5–6.)

Ilmanvaihtokanavien tiiviyskokeet suoritetaan ilmalla koepaineputkistojen avulla standardien SFS-EN 12599 ja SFS-EN 14239 mukaisesti. Testeissä mitataan kanavien pinta-ala, tiiviysluokka sekä ilmavuotokertoimet. (RT 10-11302: 2018, 5–6.)

Urakoitsija laatii pöytäkirjat kaikista paine- ja tiiviyskokeista, jotka sisältävät muun muassa testin suoritusajan, testauksen suorittajat, mittausvälineet, ilman lämpötilan ja paineen sekä asennetun järjestelmän tiedot. Ilmanvaihtokanaviston testiraportissa ilmoitetaan myös saavutettu ilmativiysluokka ja ilma- vuodon raja-arvo. (RT 10-11302: 2018, 5–6.)

2.3 Putkistojen huuhtelu ja kanavistojen puhtauden tarkastus

Tiiviys- ja painekokeiden jälkeen LVI-järjestelmien osat huuhdellaan ja puhdistetaan sopimusasiakirjoissa määritellyillä menetelmillä. Urakoitsija laatii huuhtelusta toteutussuunnitelman, joka on hyväksyttävä rakennuttajalla ennen

työn aloittamista. Huuhtelut suoritetaan rakennuttajan edustajan valvonnassa, ja niiden onnistuminen varmistetaan vesianalyysillä, jonka tulokset hyväksytään rakennuttajalla. Verkostoon ei saa jäädä laatua heikentäviä aineita tai virtausta rajoittavia esteitä. (RT 10-11301: 2018, 6.)

Rakennuksen viemäreiden suoruus, tiiviys ja puhtaus varmistetaan sisäpuolisella videokuvauksella, jonka suorittaja ja toteutustapa määritellään LVI-suunnitelmissa. Maahan upotettavat viemärit ja ilmanvaihtokanavat kuvataan vähintään kerran ennen hankkeen vastaanottoa, ja suosituksena on toinen kuvaus putkistojen peittämisen jälkeen. Kuvauksista laaditaan yksityiskohtaiset raportit, joissa esitetään kohteet, ajankohdat, suorittajat ja valvojat. (RT 10-11301: 2018, 6.)

Tehtävät ja dokumentointi

Kaikki käyttöönotettavat putkistot ja kanavistot on huuhdeltava tai puhdistettava ennen käyttöönottoa. Huuhtelu ja puhdistus suoritetaan rakennuttajan valvonnassa, ja niiden hyväksyntä on saatava ennen verkoston käyttöönottoa. Lopullisten verkostosuodattimien on oltava asennettuna ennen järjestelmän käyttämistä. Jos verkosto otetaan käyttöön vaiheittain, jokainen osa on huuhdeltava erikseen ennen sen liittämistä pääverkostoon. (RT 10-11302: 2018, 6.)

Lämmitys- ja lämmöntalteenottoverkostot huuhdellaan poistamalla suuret epäpuhtaudet, ja putkiston pesulla poistetaan hienojakoinen lika ja rasvat pesuaineen avulla. Putkiston pesu tehdään, jos epäpuhtauksia ei voida poistaa vesihuuhtelulla. Vesijohtoverkoston huuhtelulla poistetaan lika ja irtoaines sekä parannetaan kupariputkien suojakerroksen muodostumista. Huuhtelu tehdään mahdollisimman pian verkoston valmistuttua ja suoritetaan voimakkaalla veden virtauksella. Jos kanavistojen puhtaudesta herää epäilyksiä visuaalisessa tarkastuksessa, se varmistetaan mittauksilla, ja kanavat puhdistetaan tarvittaessa alipaineistamalla ja koneellisesti harjaamalla. (RT 10-11302: 2018, 6.)

Urakoitsijan tulee laatia pöytäkirjat kaikista putkistojen huuhteluista ja kanavistojen puhdistuksista. Putkistojen huuhtelupöytäkirjassa esitetään huuhdellun

putkiston laajuus, huuhtelussa käytetty neste sekä analyysitulokset huuhtelunesteestä. Kanavistojen puhdistuspöytäkirjaan sisällytetään puhtausmittausten tulokset ennen ja jälkeen puhdistuksen sekä valokuvat prosessin eri vaiheista. (RT 10-11302: 2018, 6.)

2.4 Rakennusautomaatiojärjestelmän viritys

Rakennusautomaatiojärjestelmän lopulliset käyttöönottoasetukset voidaan tehdä vasta, kun LVI-järjestelmien ilmavirrat sekä vesi- ja liuosvirrat on säädetty. RAU-urakoitsija määrittää taloteknisten prosessien lopulliset asetusarvot TATE-urakoitsijoilta saatujen tietojen perusteella. Järjestelmien säädön on toimittava tarkasti ja nopeasti ilman jatkuvaa värähtelyä tai huojuntaa, ja automaation on kyettävä toimimaan kaikissa käyttötilanteissa ilman tarpeettomia vikatilanteita. Toimivuus arvioidaan kriittisimpien käyttöolosuhteiden perusteella. (RT 10-11301: 2018, 7.)

Viritysten onnistuminen varmistetaan säätöpiirikohtaisilla trendiajoilla, joiden tulokset toimitetaan rakennuttajan LVIA-valvojalle tarkastusta ja hyväksyntää varten. Hyväksytyt tulokset tallennetaan osaksi hankkeen luovutusaineistoa tai luovutetaan RAU-urakoitsijalle liitettäväksi luovutusasiakirjoihin. Mikäli sopimusasiakirjoissa on vaadittu rakennusaikaista kosteuden ja materiaalipäästöjen tehotuuletusta, RAU-urakoitsija vastaa siitä, että ilmanvaihto toimii täydellä teholla mittaus- ja säätötöiden valmistuttua. Tällöin RAU-urakoitsija tekee tarvittavat väliaikaiset ohjelmoinnit tiloihin, joissa ilmanvaihto on pakko-ohjattava maksimitasolle. Nämä asetukset palautetaan suunnitelman mukaisiksi vastaanottotarkastuksen yhteydessä tai sovittuna ajankohtana. (RT 10-11301: 2018, 7.)

RAU-urakoitsija dokumentoi rakennusautomaatiojärjestelmän ja -laitteiden asetusarvot sekä viritystiedot. Erityistä huomiota kiinnitetään kenttävyöliä hyödyntävien integroitujen järjestelmien toimintaparametrien ja loogisten kytkentöjen huolelliseen dokumentointiin, jotta järjestelmän toiminta on jäljitettävissä ja säädettävissä. (RT 10-11301: 2018, 7.)

2.5 Urakoitsijoiden itselleluovutukset

Itselleluovutus on urakoitsijan suorittama työvaihe, jossa varmistetaan, että työ on toteutettu sopimuksen mukaisesti ja että mahdolliset puutteet on tunnistettu ennen tilaajan vastaanottomenettelyä. Sen tarkoituksena on osoittaa tilaajalle, että järjestelmä on riittävän valmis vastaanotettavaksi. Itselleluovutuksen dokumentaatio sisältää yksityiskohtaiset tiedot järjestelmän tilanteesta, kuten piste- ja kytkentäluettelot, jotka päivitetään asennustyön edetessä. Luetteloiden ja säätökaavioiden avulla testataan järjestelmän toiminnallisuus ennen niiden luovuttamista tilaajalle. (ST 736.00: 2013, 8.)

Itselleluovutus edellyttää hyvää valmiusastetta kaikilta urakoitsijoilta, ja sen toteuttaminen vaatii koordinaatiota eri työvaiheiden välillä. Ennen luovutuksen käynnistämistä varmistetaan sähkö-, ilmanvaihto- ja putkitöiden valmius, minkä jälkeen sovitaan tarkastusten aikataulut ja tarvittavat toimenpiteet. Prosessin aikana koestetaan eri järjestelmien toiminnallisuus ja varmistetaan oikeat ilma- ja vesivirrat. (ST 736.00: 2013, 8.)

Dokumentit luovutetaan tilaajalle kirjallisena, ja ne käsitellään työmaakokouksessa. Ne toimivat myös työkaluna mahdollisten puutteiden ja virheiden korjaamiseen, koska ne luovat selkeän ja dokumentoidun pohjan vastuukysymyksille ja sopimuksille. Tämä varmistaa, että asiat saadaan ratkaistua vielä työmaaorganisaation ollessa toiminnassa. (ST 736.00: 2013, 8.)

2.6 Urakoitsijoiden toimintatarkastukset

Urakoitsijat laativat toimintatarkastussuunnitelman yhdessä pääurakoitsijan kanssa, joka vastaa sen aikataulutuksesta ja koordinoinnista. Lisäksi laaditaan toimintakoesuunnitelma, jota tarkennetaan rakennuttajan johdolla tarkastusten edetessä. Suunnitelman tulee olla yksilöity ja vaiheittainen, ja sen hyväksyvät pääurakoitsija, talotekniikkaurakoitsijat sekä rakennuttajan valvojat. Tarvittaessa suunnittelijat voivat kommentoida suunnitelmaa. (RT 10-11301: 2018, 6.)

Pääurakoitsija huolehtii toimintatarkastusten kokonaisvaltaisesta suorituksesta, kun taas talotekniikkaurakoitsijat tarkastavat omien järjestelmiensä ja tuotteidensa toiminnan. Tarkastukset toteutetaan järjestelmällisesti suunnitel-

mien mukaisesti. Rakennusautomaatiourakoitsijalla on keskeinen rooli eri järjestelmien rajapintojen tarkastuksessa, minkä vuoksi hänen vastuualuettaan voidaan laajentaa tarkastusten koordinoinnissa. (RT 10-11301: 2018, 6.)

Toimintatarkastusten aloittaminen edellyttää, että asennustavat on tarkastettu ja järjestelmille on suoritettu tiiviys- ja painekokeet. Lisäksi tilojen tulee täyttää sopimusasiakirjojen mukaiset puhtausvaatimukset. Tarkastukset tehdään ennalta laadittujen tarkastuslistojen perusteella, mikä takaa niiden järjestelmällisyyden ja kattavuuden. TATE-suunnittelijat laativat tarkastuslistapohjat, joiden pohjalta urakoitsijat kokoavat omat tarkastuslomakkeensa. (RT 10-11301: 2018, 6.)

Havaitut puutteet ja virheet korjataan viipymättä. Toimintatarkastuksista laaditaan pöytäkirja, jota hyödynnetään myöhemmin toimintakokeiden pohjana. Tarkastuslomakkeisiin kirjataan tarkastetut järjestelmät ja toiminnot sekä mahdolliset korjausta vaativat kohdat. Tarvittaessa tietoja täydennetään muistioilla, joissa määritellään vastuuhenkilöt ja korjausaikataulu. Kaikki dokumentit liitetään osaksi luovutusaineistoa ja toimitetaan rakennuttajalle. (RT 10-11301: 2018, 6.)

Toimintatarkastukset varmistavat, että järjestelmät ja laitteet ovat toimintakokeita varten valmiita. Toimintakokeet voidaan aloittaa vasta, kun tarkastukset on suoritettu hyväksytysti. (RT 10-11301: 2018, 6.)

Tehtävät ja dokumentointi

Pääurakoitsija koordinoi ja valvoo TATE-urakoitsijoiden toimintatarkastuksia, jotka merkitään rakennusaikatauluun. Tarkastukset voidaan suorittaa vasta, kun laitteet on lopullisesti asennettu ja sähköurakoitsijan käyttöönottotarkastukset on tehty. Urakoitsijat tarkastavat yhdessä, että kaikki talotekniset laitteet ja -järjestelmät toimivat suunnitelmien mukaisesti ennen rakennuttajan toimintakokeita. Ilmanvaihtolaitteiden ja puhallinkäyttöisten laitteiden toimintatarkastukset edellyttävät, että pölyävät työvaiheet ovat päättyneet ja tilat on puhdistettu. (RT 10-11302: 2018, 6–7.)

Toimintatarkastukset suoritetaan yhteistyössä kaikkien asianomaisten urakoitsijoiden kesken. Joissain tapauksissa tarkastuksessa riittää laitteen toimittanut ja asentanut urakoitsija, mutta usein mukana tarvitaan useampia urakoitsijoita. Rakennusautomaatiourakoitsija johtaa niitä tarkastuksia, jotka liittyvät rakennusautomaation töihin. Jokainen urakka-asiakirjoissa mainittu ja laitteiden oikean suorituskyvyn edellyttämä toiminto tarkastetaan huolellisesti. (RT 10-11302: 2018, 6–7.)

Urakoitsijat laativat toimintatarkastuksista pöytäkirjat, joissa jokainen tarkastettu toiminto ja sen tulos kirjataan erikseen. Kaikki tarkastettavat kohteet dokumentoidaan, ja tarkastuskirjojen pohjana voidaan käyttää toimintakokeiden pöytäkirjoja. Kun kaikki tarkastukset on suoritettu ja laitteet sekä järjestelmät toimivat suunnitellusti, urakoitsijat toimittavat pöytäkirjat rakennuttajan edustajalle, jotta rakennuttajan toimintakokeet voidaan aloittaa. (RT 10-11302: 2018, 6–7.)

2.7 Rakennuttajan toimintakokeet

Rakennuttajan toimintakokeet järjestetään vasta, kun urakoitsijoiden suorittamat toimintatarkastukset on hyväksytty. Tilojen on oltava sopimusasiakirjojen mukaisessa puhtausluokassa ennen kokeiden aloitusta. Laadunvarmistuskataulussa on varattava riittävästi aikaa toimintakokeiden eri vaiheille, ja ennen niiden aloittamista rakennuttajan johdolla viimeistellään ja hyväksytään toimintakoesuunnitelma. TATE-valvojat vastaavat siitä, että kaikki kokeet toteutetaan hankekohtaisen suunnitelman mukaisesti. (RT 10-11301: 2018, 6–7.)

Toimintakokeiden laajuus ja tarkkuus riippuvat urakoitsijoiden toimintatarkastusten laadusta ja kattavuudesta. Jos tarkastukset ovat hyvin dokumentoituja ja puutteet vähäisiä, toimintakokeet voidaan toteuttaa pääosin pistokoemaisesti. Mikäli pistokokeiden aikana havaitaan virheitä aiemmin hyväksytyissä toiminnoissa, valvojilla on oikeus keskeyttää kokeet tai muuttaa ne tarkemmiksi järjestelmäkohtaisiksi testeiksi. (RT 10-11301: 2018, 6–7.)

Rakennuttajan toimintakokeet suoritetaan vaiheittain rakennuksen valmistumisen tahdissa, ja lopulta niistä muodostuu suunnitelman mukainen kokonaisuus. Kuormituskokeet ja sähkökatkotestit (Black out -testit) määritellään tarkemmin toimintakoesuunnitelmassa. Toimintakokeiden tavoitteena on varmistaa, että järjestelmät toimivat suunnitellusti. Niiden jälkeen varataan riittävästi aikaa koekäyttöihin, säätöihin ja mittauksiin. (RT 10-11301: 2018, 6–7.)

TATE-valvojat laativat ja allekirjoittavat toimintakokeiden pöytäkirjat, joista on ilmentävä tarkastetut asiat. Pelkkä puutteiden kirjaaminen ei riitä, vaan pöytäkirjojen on oltava kattavia ja selkeitä. (RT 10-11301: 2018, 6–7.)

Tehtävät ja dokumentointi

Rakennuttajan toimintakokeet suoritetaan urakoitsijoiden toimintatarkastusten jälkeen yhdessä rakennuttajan edustajien ja urakoitsijoiden kanssa. Toimintakokeiden laajuus määräytyy kohteen vaativuuden mukaan, ja erityisen vaativissa kohteissa ne kattavat 100 % laitteista ja järjestelmistä. Kokeissa keskitytään turvallisuuden, tilojen käytettävyyden ja käyttökustannusten kannalta merkittävimpiin laitteisiin ja toimintoihin. (RT 10-11302: 2018, 7.)

Toimintakokeet tehdään muuttamalla asetusarvoja, antureiden mittaamia suureita, kytkimien asentoja ja venttiilien tilaa, jolloin häiritään säädön normaalia toimintaa. Laitteiden toimintaa seurataan sekä asennuspaikalla että valvomonäyttöillä. Ennen vastaanottotarkastusta TATE-valvojat tarkistavat ja hyväksyvät valvomon toiminnallisuuden, mukaan lukien kenttäväyläyhteydet, automatiojärjestelmän käyttöliittymän, hälytysjärjestelmät sekä trendi- ja tilasto-seurannat. Rakennuttajan edustaja vastaa toimintakokeiden dokumentoinnista ja laatii pöytäkirjat, joissa jokainen tarkastettu toiminto ja sen tulos kirjataan erikseen. (RT 10-11302: 2018, 7.)

2.8 Järjestelmien virtauksien säätötyöt

Järjestelmien säätötyöt perustuvat verkosto- ja tietomallien laskentatuloksiin, joiden pohjalta määritellään venttiilien ja peltien säätöarvot. Ennen säätötyötä suunnittelijan verkostomalli päivitetään urakoitsijan punakynäpiirustusten ja to-

teutettujen asennusten mukaiseksi. LVI-urakoitsija toimittaa käytettyjen tuotteiden virtaustekniset tiedot, ja rakennuttaja hyväksyy mittauspöytäkirjamallit ennen mittauksen aloittamista. (RT 10-11301: 2018, 7.)

Ennen ilmavirtojen säätöjä ja mittauksia varmistetaan kanavien ja tilojen sisäpuolinen puhtaus, ja tarkastukset kirjataan tarkastusasiakirjaan. Rakennuksen ilmantiivysmittaus tehdään ennen ilmavirtojen mittauksia. Mittauksiin sisältyvät paine-eron mittaukset ulkovaipan yli sekä tila- ja vyöhykekohtaiset mittaukset eri ilmanvaihtojärjestelmän kuormitustilanteissa. (RT 10-11301: 2018, 7.)

Säätötyöt tehdään tila-, vyöhyke- ja rakennuskohtaisesti siten, että järjestelmät vastaavat asennussuunnitelmia. Säätötyöt voidaan aloittaa vasta, kun toimintakoe on suoritettu siltä osin että, järjestelmä toimii automaation ohjaimana ja varolaitteet ovat käytössä. LVIA-valvoja tarkastaa ja vahvistaa toteuttajan laatimat säätö- ja mittauspöytäkirjat, ja poikkeamat raportoidaan välittömästi urakoitsijoille ja suunnittelijoille. Mahdollisten poikkeamien syyt selvitetään ja niihin määritellään korjaavat toimenpiteet. Raja-arvoja ylittäviä poikkeamia ei hyväksytä ilman rakennuttajan erillishyväksyntää. (RT 10-11301: 2018, 7.)

Tehtävät ja dokumentointi

Toimintakokeiden jälkeen urakoitsijat säätävät putkiverkostojen ja ilmanvaihtokanavien virtaukset sekä asettavat tilojen päätelaitteiden virtauskuviot suunnitelmien mukaisiksi. Urakoitsija vastaa mittalaitteiden hankinnasta ja mittauksien dokumentoinnista, ja säätötyöt suoritetaan rakennuttajan valvomana ja hyväksyntään perustuen. (RT 10-11302: 2018, 7.)

Vesivirtojen säätö suljetuissa kiertopiireissä voidaan aloittaa, kun verkostot on kytketty, huuhdeltu, täytetty ja ilmattu sekä toimintakokeet on hyväksytyt. LVI-suunnitelmissa määritellyt vesivirrat ja paine-erot toimivat säätöarvoina, jotka asetetaan venttiileihin ja mitataan. Lämmitysverkostojen säädöt tarkistetaan kylmällä säällä, ja tarvittavat muutokset tehdään huonelämpötilojen varmistamiseksi. (RT 10-11302: 2018, 7.)

Käyttövesiverkostojen vesivirrat säädetään siten, että niiden poikkeamat mitoitustarvosta pysyvät sallituissa rajoissa. Ilmavirtojen säätö voidaan aloittaa vasta, kun rakennuksen pölyä aiheuttavat työt on tehty ja tilat puhdistettu pölystä. Rakennuksen ovien ja ikkunoiden on oltava kiinni säätöjen aikana. Ilmankäsittelykoneet, ulkoilmakammiot ja kanavistot tulee suojata pölyltä koko rakentamisen ajan, ja niiden puhtaus tarkastetaan ennen toimintakokeita. Jos puhtaus ei täytä vaatimuksia, järjestelmä puhdistetaan. (RT 10-11302: 2018, 7.)

Ilmanvaihdon päätelaitteiden virtauskuviot asetetaan suunnitelmien mukaisiksi, ja niiden suuntaukset tarkistetaan merkkisavulla tai virtausmittarilla. Urakoitsija laatii kaikista säädöistä ja mittauksista pöytäkirjat taulukkomuodossa, joissa esitetään säädöt ja mittaustulokset. (RT 10-11302: 2018, 7.)

Järjestelmien virtauksien säätötöistä löytyy yksityiskohtaiset ohjeet RT-10-11302 liite 4.

2.9 Koekäytöt ja kuormituskokeet

Koekäyttöohjelma laaditaan yhteistyössä rakennuttajan, urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden kanssa. Kuormituskokeilla varmistetaan talotekniikkajärjestelmien toiminta erilaisissa kuormitusolosuhteissa suunnitelman mukaisesti. Kokeet voidaan aloittaa vasta, kun toimintakokeet, säädöt ja mittaukset on hyväksytty, rakennusautomaation parametrit asetettu ja laitteet viritetty. Kokeita seurataan tiedonkeruulaitteilla ja rakennusautomaatiojärjestelmällä, ja järjestelmän tulee toimia eri käyttötilanteissa. (RT 10-11301: 2018, 7.)

TATE-valvojat vastaavat kuormituskokeiden suorittamisesta ja dokumentoinnista sekä kutsuvat kiinteistöhuollon edustuksen mukaan. Kokeiden aikana tuotetaan suunnitelmassa esitetty jäähdytys- tai lämmityskuorma urakoitsijan toimesta. Sähkökatkotestillä (Black-out testi) varmistetaan turvajärjestelmien toimivuus, kuten turvavalot, varavoimat, savunpoisto, kulunvalvonnalla varustetut hätäpoistumistieovet sekä paloilmoitinjärjestelmä. Testissä tarkastetaan myös hissien ja rakennusautomaatiojärjestelmän kriittisten toimintojen toimivuus. (RT 10-11301: 2018, 7.)

TATE-valvojat ja suunnittelijat analysoivat testitulokset ja päättävät kokeiden hyväksymisestä tai tarvittavista korjaustoimenpiteistä ja uusintakokeista. Kuormituskokeet dokumentoidaan, ja TATE-valvojat vahvistavat hyväksytyin suorituksen allekirjoituksellaan. (RT 10-11301: 2018, 7.)

Koekäytöistä löytyy yksityiskohtaiset ohjeet RT-10-11302 liite 5.

Tehtävät ja dokumentointi

Koekäytössä testataan yksittäisiä järjestelmiä erikseen, kuten ilmastointi-, lämmöntuotanto-, jäähdytys- ja savunpoistojärjestelmiä sekä ylipaineistusjärjestelmiä. Yhteiskoekäytöissä testataan useiden järjestelmien samanaikaista toimintaa, jotta varmistetaan, ettei niiden toiminta ole ristiriidassa keskenään. Kuormituskokeet tehdään tiloille ja laitteille, joiden suorituskyky ja olosuhteet on tarkasti määritelty suunnitelmissa. (RT 10-11302: 2018, 8–9.)

Koekäytöt suoritetaan normaaleissa tai muutetuissa käyttöolosuhteissa, ja yhteiskoekäytöissä tarkastellaan järjestelmien kokonaisvaltaista toimintaa. Sähkökatkotesti on osa yhteiskoekäyttöä. Kuormituskokeissa tilapäisillä koekuormilla mitataan järjestelmien suorituskyky mahdollisimman lähellä mitoitusolosuhteita. (RT 10-11302: 2018, 8–9.)

Urakoitsijat laativat pöytäkirjat koekäytöistä ja kuormituskokeista. Koekäyttöjen raportteihin sisällytetään mittaustulosten arviointi ja seurannassa saadut käyrät. Kuormituskokeissa mitataan ja dokumentoidaan kaikki tarvittavat suureet, jotta voidaan varmistaa tilojen, laitteiden ja järjestelmien mitoitusarvojen täyttyminen. (RT 10-11302: 2018, 8–9.)

2.10 Mittaukset

LVI-urakoitsijat mittaavat ja dokumentoivat kaikki järjestelmien toimintaan ja sisäilmastoon liittyvät suureet, joille on asetettu tavoitearvot ja todentamismuuttamukset suunnitelma-asiakirjoissa. Näitä suureita ovat muun muassa äänitasot, ilman nopeus, ilmanjakolaitteiden puhalluskuviot, tilojen lämpötilat, tuloilman lämpötilat, paine-erot, hyötysuhteet ja SFP-luvut. (RT 10-11301: 2018, 7–8.)

Mittaukset ja säädöt tarkastetaan rakennuttajan johdolla laaditun ohjelman mukaisesti. LVI-toteuttaja suorittaa tarkastusmittaukset omilla mittalaitteillaan rakennuttajan läsnä ollessa, ja rakennuttajalla on halutessaan oikeus käyttää omia mittalaitteitaan. Mittaustulokset dokumentoidaan ja verrataan aiempiin mittaustuloksiin. Jos tulokset poikkeavat sallituista rajoista, säädöt korjataan, kunnes vaaditut arvot saavutetaan. Tarvittaessa voidaan suorittaa uusia tarkastusmittauksia. (RT 10-11301: 2018, 7–8.)

Tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa mittausmenetelmistä, virherajoista sekä mittauksien luetettavuudesta löytyy ohjekortista LVI-laitosten mittaukset (LVI 014-10290: 1999).

Tehtävät ja dokumentointi

Urakoitsijat suorittavat järjestelmien virtaussäätöjen jälkeen mittaukset, jotka määritellään urakka-asiakirjoissa. Näihin kuuluvat muun muassa huonelämpötilojen, äänenpainetason, SFP-luvun, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton hyötysuhteen sekä erilaisten vesikalusteiden ja pumppaamoiden virtausmittaukset. Lisäksi mitataan tilojen paine-erot ulkoilman ja sisätilojen välillä. (RT 10-11302: 2018, 7–8.)

Rakennuttaja suorittaa pistokoemittauksia urakoitsijan mittausten jälkeen. Näihin kuuluvat nesteverkostojen ja ilmanvaihtokanavien virtausmittaukset, äänenpainetasojen mittaukset ja huonelämpötilamittaukset. Mittaukset tehdään joko urakoitsijoiden toimittamilla tai rakennuttajan omilla mittareilla. (RT 10-11302: 2018, 7–8.)

Huonelämpötilamittaukset suoritetaan oleskelualueilla standardien EN ISO 7730 ja EN 15251 mukaisesti, ja ne tehdään pään, keskikehon ja jalkaterän tasoilta. Mittaukset tulisi tehdä lämmityskaudella, kun sisä- ja ulkolämpötilan erotus on vähintään 50 % mitoituslämpötilaerosta, sekä jäähdytyskaudella vastaavissa olosuhteissa. Äänenpainetasojen mittaukset suoritetaan standardin SFS-EN 12599 mukaisesti, ja jos taustamelu vaikuttaa mittaustulokseen, mittaukset tehdään työajan ulkopuolella. (RT 10-11302: 2018, 7–8.)

Muita mitattavia suureita ovat ilman nopeus, ilman kosteus, SFP-luvut, kattilan hyötysuhde, lämpöpumpun lämpökerroin sekä pumppaamoiden ja pikapalo-postien virtaus. Paine-eromittaukset tehdään joko kertaluonteisesti tai tallentavilla laitteilla, ja niiden avulla arvioidaan aiheuttaako järjestelmä yli- tai alipainetta eri käyttötilanteissa. (RT 10-11302: 2018, 7–8.)

Kaikista mittauksista laaditaan pöytäkirjat, jotka sisältävät mittaustiedot taulukkomuodossa. Urakoitsijat ja rakennuttajan edustajat tekevät omat pöytäkirjansa, ja mittaustulokset verrataan suunniteltuihin tavoitearvoihin. (RT 10-11302: 2018, 7–8.)

2.11 Viranomaistarkastukset

Talotekniikkatoteuttaja vastaa yhteydenpidosta rakennusvalvontaviranomaisiin ja muihin osapuoliin, joiden tarkastukset ja hyväksynnät ovat tarpeen TATE-järjestelmille ja -tuotteille. Viranomainen voi käyttää tarkastustehtävissä ulkopuolista tahoa, jos sekä rakennuttaja että viranomainen hyväksyvät sen. Ennen tilaajan vastaanottotarkastusta kaikki viranomaistarkastukset on suoritettava ja tarkastuspöytäkirjat laadittava. (RT 10-11301: 2018, 8.)

Pääurakoitsijan vastuulla on varmistaa, että rakennusluvan mukaiset tarkastukset, kuten KVV- ja IV-loppukatselmukset, palotarkastus, terveystarkastus, hissitarkastus ja VSS-tarkastus, on suoritettu joko ennen rakennusvalvonnan käyttöönottotarkastusta tai loppukatselmusta. Sähköurakoitsijan tehtävänä on huolehtia sähköjärjestelmiin liittyvistä tarkastuksista, kuten sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta, palonilmaisulaitteiston ja turva- sekä merkkivalojärjestelmien tarkastuksesta ennen palotarkastusta sekä sähköjärjestelmien varmennustarkastuksesta, mikäli se on sähköturvallisuusmääräyksissä erikseen vaadittu. (RT 10-11301: 2018, 8.)

Järjestelmien toimittaja tai asentaja vastaa sammutuslaitteiston ja savunpoistolaitteiston tarkastusten suorittamisesta. Kaikki tarkastukset ovat hyväksyttävä ennen vastaanottotarkastusta, ja niissä havaitut puutteet on korjattava siihen mennessä, jotta järjestelmät täyttävät niille asetetut vaatimukset ja rakennus voidaan ottaa käyttöön suunnitellusti. (RT 10-11301: 2018, 8.)

Tehtävät ja dokumentointi

Rakennusluvan ja rakennusvalvonnan aloituskokouksen yhteydessä viranomaiset ilmoittavat, mitkä tarkastukset he suorittavat ja milloin ne on pidettävä. Tarkastusten ajankohta sovitaan vastaavien työnjohtajien ja rakennusvalvontaviranomaisten kesken. (RT 10-11302: 2018, 9.)

LVI-urakoitsijat hoitavat yhteydenpidon viranomaisiin ja muihin osapuoliin sen mukaisesti, mitä tarkastuksia ja hyväksyntöjä LVI-järjestelmät ja -tuotteet vaativat. Viranomaiset voivat teettää tarkastuksia ulkopuolisella taholla, jos rakennuttaja ja viranomainen hyväksyvät sen. Kaikki viranomaistarkastukset on suoritettava ennen rakennuttajan vastaanottotarkastusta, ja niistä on laadittava tarkastuspöytäkirjat. Pääurakoitsijan vastuulla on varmistaa, että rakennusluvan mukaiset tarkastukset, kuten KVV- ja IV-loppukatselmukset, palotarkastus, terveystarkastus, hissitarkastus ja VSS-tarkastus, on tehty ennen käyttöönottoa ja loppukatselmusta. (RT 10-11302: 2018, 9.)

Sähköjärjestelmien käyttöönottotarkastus sekä sähkölain edellyttämien erityis-tilojen, kuten lääkintätilojen ja räjähdysvaarallisten tilojen tarkastus, suoritetaan ennen käyttöönottoa kolmannen osapuolen toimesta. Rakennusvalvonnan käyttöönottotarkastus tehdään ennen loppukatselmusta, ja joissain tapauksissa loppukatselmus voidaan suorittaa osittain, esimerkiksi piha-alueiden osalta, rakennuksen käyttöönottoluvan myöntämisen jälkeen. Sähkölaitteiston varmennustarkastus tehdään tavanomaisissa hankkeissa kolmen kuukauden kuluessa käyttöönotosta. (RT 10-11302: 2018, 9.)

Pääurakoitsija vastaa myös erillistarkastuksista, kuten sammutuslaitteiston, savunpoistolaitteiston sekä merkki- ja turvavalaistusjärjestelmän tarkastuksista. Paloilmoittimen ja merkki- sekä turvavalaistuslaitteiston erillistarkastuksista vastaa yleensä sähköurakoitsija. Kaikki tarkastukset ovat hyväksyttävä ennen vastaanottotarkastusta, ja niissä havaitut puutteet on korjattava ennen käyttöönottoa. Urakoitsija laatii kaikista tarkastuksista pöytäkirjan, jonka viranomainen allekirjoittaa, varmistaen näin tarkastusten suorittamisen ja dokumentoinnin. (RT 10-11302: 2018, 9.)

2.12 Toimivuustarkastukset

Toimivuustarkastuksen tavoitteena on varmistaa rakennuksen energiatehokas käyttö, hyvät sisäilmaolosuhteet sekä talotekniikan asianmukainen käyttö ja huolto. Tarkastus toteutetaan sekä lämmitys- että jäähdytyskauden aikana, ja toinen tarkastus suoritetaan ensimmäisen vuoden takuutarkastuksen yhteydessä. Rakennuksen käyttäjien ja ylläpito-organisaation havainnot sekä kokeemukset käydään yksityiskohtaisesti läpi, jotta voidaan arvioida järjestelmien toimivuutta. (RT 10-11301: 2018, 9.)

Rakennuttajan edustaja kutsuu toimivuustarkastuksen koolle, ja TATE-valvoja laatii tarkastussuunnitelman sekä kerää käytönaikaiset tiedot olosuhteista käyttäjiltä ja ylläpidolta. Rakennusautomaatiourakoitsijalta pyydetään trendiseurannat ja hälytyshistoria, joiden avulla analysoidaan laitoksen toimintaa vähintään kahden viikon ajanjaksolta ennen tarkastusta. Tarvittaessa sisäympäristön mittaustuloksia hyödynnetään lisätietona. (RT 10-11301: 2018, 9.)

TATE-valvoja laatii tarkastuksesta yhteenvetoraportin, jossa kirjataan havaitut puutteet sekä tarvittavat muutos- ja korjaustoimenpiteet vastuutahoineen. Toimivuustarkastuksen suorittaminen määritellään yleensä suunnittelu- ja urakkasopimuksissa, ja sen kustannukset sisältyvät urakan maksueriin. (RT 10-11301: 2018, 9.)

Tehtävät ja dokumentointi

Toimivuustarkastus on suositeltava toimenpide takuuajana, ja se suoritetaan sekä lämmitys- että jäähdytyskaudella, kun rakennuksen vastaanotosta on kulunut vähintään vuosi. Tarkastuksessa arvioidaan talotekniikan tarpeenmukainen käyttö, toteutuneen käytön vastaavuus suunnittelun lähtötietoihin sekä energiankulutuksen ja vedenkulutuksen suhde suunniteltuihin laskelmiin. Lisäksi tarkastellaan käyttöhenkilökunnan osaamista energiatehokkuuden kannalta sekä talotekniikan käytettävyyttä ja huollettavuutta ja niiden vaikutusta energiatehokkuuden toteutumismahdollisuuksiin. Sisäympäristöolosuhteet varmistetaan mittauksilla ja käyttäjähaastatteluilla. (RT 10-11302: 2018, 9–10.)

Rakennuttajan edustaja kutsuu tarkastuksen koolle, ja siihen osallistuvat TATE-valvojat, TATE-suunnittelijat ja kiinteistöhoitajat. Tarkastuksessa hyödynnetään automaatiojärjestelmän keräämää dataa ja trendiseurantoja sekä kertamittauksia, jotka suoritetaan TATE-suunnitelmissa esitetyn menettelyn mukaisesti. TATE-valvojat varmistavat, että RAU-urakoitsija ja muut tarvittavat urakoitsijat suorittavat säädöt ja korjaukset tavoitteiden saavuttamiseksi. (RT 10-11302: 2018, 9–10.)

Toimivuustarkastuksesta laaditaan raportti, jonka liitteinä ovat tehtyjen mitausten pöytäkirjat sekä trendiseurantojen käyrät, mikä mahdollistaa tarkastusten tulosten analysoinnin ja jatkotoimenpiteiden suunnittelun (RT 10-11302: 2018, 9–10).

3 MENETELMÄT

Menetelmäkuvauksessa esitellään keinot, joiden avulla aineistoa hankittiin, käsiteltiin ja hyödynnettiin tarkastuslistojen ja toimintakoepöytäkirjojen laadinnassa. Kokonaisuus rakentuu haastatteluista, kirjallisen aineiston teemallisesta analyysistä sekä Microsoft Excel -ohjelmiston tarjoamista teknisistä työkaluista, jotka tukivat sisällön jäsentelyä ja käytännönläheistä toteutusta LVIA-järjestelmien käyttöönottoaiheessa.

3.1 Haastattelut

Haastattelut toteutettiin avoimella haastattelumenetelmällä. Avoin haastattelu on laadullisen tutkimuksen menetelmä, jossa haastattelu etenee vapaamuotoisesti tietyn teema-alueen sisällä ilman tarkasti ennalta määrättyjä kysymyksiä. Menetelmässä korostuu vuorovaikutteisuus ja haastateltavan omien kokemusten, näkökulmien ja merkitysten esiin tuominen. Haastatteliija ohjaa keskustelua tarvittaessa tarkentavilla kysymyksillä, mutta antaa tilaa haastateltavan vapaalle ilmaisulle. Avoin haastattelu soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa halutaan syvällistä ymmärrystä yksilön kokemuksista ja ilmiön merkityksistä. (Avoin haastattelu 2006.)

Suoritin asiantuntijahaastattelut 28.3.-8.4.2025 välisenä aikana. Toteutin kolme haastattelua avoimella haastattelumenetelmällä, jotka suoritettiin luon-

tevasti kahvipöytäkeskustelujen muodossa. Haastattelut toteutettiin osana vapaamuotoisia keskustelutilanteita työympäristössä, mikä mahdollisti avoimen ja rennon ilmapiirin. Tällä tavoin saatiin esiin asiantuntijoiden käytännön kokemuksia ja näkemyksiä ilman muodollisen haastattelun asettamia rajoitteita. Haastateltavina olivat talotekniikka-asiantuntija sekä kaksi talotekniikan projektipäällikköä, joilla kaikilla on laaja kokemus taloteknisten järjestelmien käytöstä ja niiden valvonnasta eri vaiheissa. Haastattelujen tavoitteena oli kerätä syvempää ymmärrystä siitä, millaisia käytännön haasteita ja huomioita käyttöönottoon liittyy, ja miten nämä kohdat ilmenevät työmaiden arjessa. Keskusteluissa käsiteltiin muun muassa toimintakokeiden toteuttamista, dokumentoinnin käytäntöjä sekä yhteistyötä eri toimijoiden välillä käyttöönoton eri vaiheissa. Tämä lähestymistapa mahdollisti sen, että haastateltavat pystyivät kertomaan kokemuksistaan vapaasti ja tuomaan esiin sellaisia näkökulmia, joita strukturoitu haastattelulomake ei välttämättä olisi tavoittanut. Haastateluista saadut havainnot täydensivät kirjallisuudesta saatua tietoa ja tarjosivat käytännönläheistä näkökulmaa aiheeseen liittyen.

3.2 Haastatteluiden tulokset

Haastattelujen perusteella kävi ilmi, että urakoitsijan toimintatarkastukset eivät olleet riittäviä ennen tilaajan toimintakokeita. Esiin nousi myös, että varsinkin vaativissa kohteissa puutteita jäi laitteiden toimintoihin liikaa ja oli välttämätöntä tehdä pääurakoitsijan toimintakokeet. Talotekniikkaurakoitsijat olisi pitänyt sitouttaa paremmin toimintatarkastuksiin jo sopimusvaiheessa esimerkiksi bonuksen tai sakollisen välitavoitteen avulla. Tämän takia todettiin hyödylliseksi, että pääurakoitsija teki omat toimintakokeet urakoitsijoiden toimintatarkastusten jälkeen ennen tilaajan toimintakokeita. Monissa hankkeissa sovittiin, että pääurakoitsijan toimintakokeet tehtiin yhteistyössä tilaajan kanssa, jolloin tilaajan omia toimintakokeita ei ollut välttämätöntä pitää. Tämä tarkoitti sitä, että pääurakoitsijan käyttöönottoinsinööri ja talotekniikka-asiantuntijat tekivät yhteistyössä tilaajan valvojen kanssa toimintakokeet sovitulla laajuudella.

Asiantuntijahaastatteluissa nousi myös vahvasti esiin tarve kehittää toimintakokeiden suunnitelmallisuutta ja roolitusta erityisesti tilanteissa, joissa eri toimijoiden vastuut eivät ole selkeästi rajattu tai dokumentoitu. Haastateltavat ko-

rostivat, että toimintakokeet tulisi nähdä kokonaisvaltaisena prosessina, ei pelkästään yksittäisinä testisuorituksina. Kokemusten mukaan talotekniikkaurakoitsijoiden tekemät toimintatarkastukset jäävät monesti pintapuolisiksi, eikä niiden pohjalta voida varmistua järjestelmien toiminnallisesta valmiudesta. Tämän vuoksi pääurakoitsijan rooli itsenäisten toimintakokeiden toteuttajana nähtiin erityisen tärkeänä laadunvarmistamisessa ennen tilaajan tarkastuksia.

Keskusteluissa nousi esiin myös se, että nykyinen käytäntö, jossa pääurakoitsijan toimintakokeet tehdään vasta tilaajan vaatimuksesta tai kiireessä ennen luovutusta, aiheuttaa epävarmuutta ja usein lisätyötä. Haastateltavien mielestä toimintakokeet pitäisi aikatauluttaa jo käyttöönoton alkuvaiheessa ja kirjata sopimukseen selkeämmin, jotta aliurakoitsijoiden ja pääurakoitsijan vastuut konkretisoituvat. Lisäksi nähtiin tarpeelliseksi luoda mallipohjia ja selkeitä dokumenttiprosesseja, joiden avulla toimintakokeiden laajuus, toteutus ja tulosten käsittely voidaan hallita systemaattisesti. Tämä helpottaisi kaikkien osapuolten työtä ja vähentäisi väärinkäsityksiä.

Asiantuntijat pitivät hyvänä käytäntönä sitä, että pääurakoitsijan ja tilaajan toimintakokeet yhdistetään, jolloin molemmat osapuolet osallistuvat testaukseen yhtäaikaaisesti. Tällöin tilaaja voi halutessaan varmistaa toimintojen toimivuuden, mutta päävastuu säilyy pääurakoitsijalla. Tämä malli edellyttää kuitenkin sitä, että toimintakokeiden valmisteluun panostetaan ja että käytettävät pöytäkirjat ja dokumenttipohjat ovat riittävän kattavia ja helposti käytettäviä. Yhteisesti sovittu toimintatapa ja jaettu vastuu nähtiin keinona lisätä luottamusta, parantaa valmiustasoa ja vähentää päällekkäisiä tarkastuksia.

3.3 Kirjallisen aineiston analysointimenetelmät

Kirjallisen aineiston analysointiin käytettiin teemoittelua. Teema-analyysi on laadullisen tutkimuksen menetelmä, jossa aineistosta tunnistetaan tutkimuskysymyksen kannalta keskeiset ja toistuvat aiheet eli teemat. Ne eivät perustu tutkijan ennako-oletuksiin, vaan nousevat esiin aineistosta analyysin myötä. Teemoittelu voi toimia itsenäisenä analyysinä tai pohjana muille menetelmille. Sitaatit ovat tärkeä osa raportointia, koska ne osoittavat, mihin teemat perustuvat. (Teemoittelu 2006.)

Tarkastuslistojen laatimisessa hyödynnettiin talotekniikan laadunvarmistukseen liittyviä ohjekortteja (RT 10-11301: 2018; RT 10-11302: 2018; ST 711.01: 2024; ST 711.04: 2020). Lisäksi hyödynnettiin rakennuttamiseen ja rakennusautomaatioon liittyvää kirjallisuutta (Junnonen & Kankainen 2020; ST-käsikirja 17 2018). Käyttämäni lähteet ovat luotettavia, koska RT- ja ST-ohjekortit ovat alan virallisia, asiantuntijoiden laatimia asiakirjoja, joita käytetään laajasti talotekniikan laadunvarmistuksessa ja suunnittelussa. Lisäksi lähteet ovat ajantasaisia ja vastaavat nykyaikaisten rakennusten käyttöönoton vaatimuksia. Myös rakennuttamiseen ja rakennusautomaatioon liittyvä kirjallisuus perustuu asiantuntijatietoon ja alan vakiintuneisiin käytäntöihin, mikä tukee niiden käyttökelpoisuutta tarkastuslistojen laadinnassa.

Kirjallisen aineiston analysointiin sovellettiin teemallista analyysia, jossa aineisto jaoteltiin etukäteen määritelyihin aihealueisiin tarkastelun kohteena olleen käyttöönottovaiheen tarkastuslistan näkökulmasta. Analyysissä muodostetut teemat, kuten ”laite- ja materiaalihyväksynät”, ”käyttöönottotarkastukset”, ”toimintakokeet” ja ”luovutusmenettely” pohjautuivat keskeisiin prosesseihin, jotka liittyvät LVI-järjestelmien käyttöönottoon. Tavoitteena oli tunnistaa järjestelmien luovutukseen liittyvät olennaisimmat tehtävät ja tekniset vaatimukset, ja jäsentää nämä selkeiksi ja käytännönläheisiksi osiksi tarkastuslistaa, jotta se tukisi mahdollisimman hyvin dokumentointia, kenttätöitä ja käytännön toteutusta.

3.4 Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelma

Tarkastuslistan ja toimintakoepöytäkirjapohjien tekninen toteutus tehtiin Microsoft Excel -ohjelmistolla, koska se tarjoaa selkeän ja joustavan alustan tiedon jäsentelyyn ja muokattavien taulukoiden luomiseen. Excelin käyttö mahdollistaa listan systemaattisen rakentamisen, eri tarkastuskohteiden ryhmittelyn sekä vaatimusten ja huomioiden kirjaamisen loogisesti etenevään muotoon. Lisäksi ohjelman taulukko-, suodatus- ja ehdollisen muotoilun ominaisuudet tukevat tarkastusprosessin käytännönläheistä hyödyntämistä työmaalla ja helpottavat myöhempää päivitystyötä tai kohdekohtaista räätälöintiä.

Excel mahdollistaa myös värikoodauksen käytön esimerkiksi tarkastuskohteiden tilatietojen, kuten hyväksytyt, hylätty tai tarkastamatta, visuaaliseksi esittämiseksi. Toimintakoepöytäkirjoissa hyödynnettiin Exceliin luotuja VBA-makroja, joiden avulla voidaan automatisoida esimerkiksi välilehtien värikoodausta tiettyihin ehtoihin perustuen, tietojen siirtoa eri osioiden välillä tai koetulosten yhteenvetojen muodostamista. (Microsoft 2022.)

Excelin laskentatoiminnot tarjoavat lisäksi merkittäviä etuja. Kaavojen avulla voidaan laskea automaattisesti esimerkiksi tarkastuskohteiden kokonaismäärä sekä valmiiden ja keskeneräisten kohteiden lukumäärät ja näiden prosentuaaliset osuudet. Tämä tuo läpinäkyvyyttä ja tarkkuutta tarkastusprosessiin sekä auttaa seuraamaan järjestelmien käyttöönottovalmiuden etenemistä reaaliajassa. Näin Excel toimii paitsi tiedon tallennus- ja jäsentelyalustana myös tehokkaana analysointivälineenä, joka tukee tarkastuslistojen käytettävyyttä ja käytännön toimivuutta LVIA-järjestelmien käyttöönottoaiheissa.

4 TULOKSET

Tuloksissa esitellään työn konkreettiset lopputuotteet, jotka ovat LVIA-järjestelmien käyttöönottoprosessin tarkastuslista sekä toimintakoepöytäkirjapohja ja siihen liittyvä seurantataulukko. Nämä tuotokset ovat suunniteltu tukemaan käyttöönottoprosessin hallittua ja dokumentoitua läpivientä. Sisällön muodostamisessa on hyödynnetty sekä haastatteluista saatua tietoa että kirjallisen aineiston analyysia. Osiossa käydään läpi, miten tuotokset on rakennettu ja mitä ne sisältävät.

4.1 LVIA-järjestelmien käyttöönottoprosessin tarkastuslista

Tarkastuslistan suunnitteluvaihe

Haastattelujen pohjalta lähdin suunnittelemaan tarkastuslistaa, joka kokoaisi LVIA-järjestelmien käyttöönottoprosessin tehtävät vaiheittain yhteen paikkaan. Lähtökohta oli rakentaa selkeä ja käytännönläheinen kokonaisuus, jonka avulla eri osapuolet voivat seurata tehtävien etenemistä ja varmistaa, että kukin vaihe tulee dokumentoiduksi ajallaan. Tarkastuslistan suunnittelua ohjasivat esiin nousseet tarpeet jäsentää laaja käyttöönotto kokonaisuudeksi, jossa tehtävät eivät jää epäselviksi ja jonka etenemistä voidaan seurata portaittain.

Suunnitteluvaiheessa jäsensin käyttöönoton viiteen päävaiheeseen, jotka ovat laite- ja materiaalihyväksyntämenettely, malliasennukset ja asennustarkastukset, käyttöönottovaiheen aikataulut, toimintakoevalmius ja luovutusvalmius. Näiden vaiheiden alle ryhmittelin yksittäisiä tehtäviä, jotka liittyvät muun muassa materiaalihyväksyntöihin, malliasennuksiin, paine- ja tiiviyskokeisiin, huuhteluihin ja puhtaus- sekä toimintatarkastuksiin. Tavoitteena oli muodostaa looginen eteneminen, jossa jokaisella portilla on oma tehtäväkokonaisuutensa ja niihin liittyvät vastuuroolit.

Tarkastuslistan suunnittelussa hyödynsin myös RT-ohjekorttia RT 10-11302, jossa on esitetty talotekniikan laadunvarmistuksen ja vastaanottomenettelyn tehtävät. Mukaan valitsin erityisesti ne kohdat, joiden toteutuminen edellyttää selkeää seurantaa ja jotka ovat olennaisia järjestelmien käyttöönoton näkökulmasta. Suunnittelin tehtävärivit siten, että niissä voidaan arvioida tehtävän tila, kirjata suorituspäivämäärä ja esittää mahdolliset huomiot. Lisäksi mukaan otettiin sarakkeet urakoitsijan vastuista, tarkastuspaikoista ja dokumenttien tallennuspaikasta.

Suunnittelussa kiinnitin huomiota myös siihen, että tarkastuslistan rakenne tukee viestintää eri toimijoiden välillä. Tietojen esitystapa muotoiltiin niin, että lista toimii sekä muistilistana että dokumentointipohjana. Pyrkimyksenä oli luoda selkeä kokonaisuus, jonka avulla käyttöönottoprosessin eri vaiheita voidaan hallita ennakoivasti ja johdonmukaisesti. Tässä vaiheessa painopiste oli tarkastusprosessin hahmottamisessa ja rakenteen suunnittelussa.

Tarkastuslistan toteutusvaihe

Toteutusvaiheessa rakensin tarkastuslistan Excel-pohjaiseksi työkaluksi aiemmin suunnitellun rakenteen pohjalta, mutta lopullinen sisältö muodostui haastatteluissa saadun asiantuntijapalautteen perusteella. Keskusteluissa käytiin yksityiskohtaisesti läpi, mitä tehtäviä ja tarkastuskohteita LVIA-järjestelmien käyttöönottoprosessissa on syytä huomioida, missä vaiheessa ne ovat tarkoituksenmukaista suorittaa ja miten eri toimijat vastaavat niiden toteuttamisesta. Näiden pohjalta kokosin rakenteen, jossa käyttöönotto jakautuu viiteen porttiin

eli niin sanottuihin TATE-portteihin, ja jokaisella portilla on oma tehtäväkohtainen tarkastusosionsa.

Kuvassa 3 on esiteltyä kuvankaappaus tarkastuslistan toimintakoevalmiuden osuudesta. Tarkastuslista koostuu riveittäin määritellyistä tehtävistä, ja sarakkeisiin on lisätty kenttiä, jotka ohjaavat tehtävien dokumentointia. Pääsarakeissa esitetään tehtävän kuvaus, vastuullinen osapuoli, tallennuspaikka ja päivämäärä, tehtävän tilatiedot sekä huomioita ja tarkastusajankohta. Tilareportointi tehdään valintaruutujen avulla, jolloin käyttäjä voi yksiselitteisesti merkitä tehtävän olevan kunnossa tai vielä tekemättä. Tämä mahdollistaa nopean visuaalisen arvion siitä, mitä on tehty ja mitä on vielä kesken.

4. TATE-PORTTI TOIMINTAKOEVALMIUS						
Tehtävä	Vastuullinen	Tallennuspaikka ja päivämäärä	OK	Rinkek	Huomiot ja tarkastusajankohta	
□ Toimintakoevalmiudet on valmistettu (ennen urakoitsijoiden toimintatarkastuksia)	TATE		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Blackout testauksen pöytäkirja on valmistettu	TATE		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Yhteiskäyttäjien ja kuormituskokosten pöytäkirjat ja suunnitelmat on valmistettu	TATE		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Pöytäkirjainkäsittely on tehty ja puhtaustarkastukset päätetty	TATE		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Säätömittauspöytäkirjat on toimittu	TATE		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Vesiverojen mittauspöytäkirjat on toimittu	TATE		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Kuva 3. LVIA-järjestelmien käyttöönottoprosessin tarkastuslista, toimintakoevalmius

Tarkastuslistan rakenne jäsentyy porttikohtaisesti siten, että jokaiselle portille on määritelty siihen kuuluvat tarkastuskohteet. Ensimmäiset portit sisältävät esimerkiksi laite- ja materiaalihyväksyntään sekä mallikatselmuksiin liittyviä kohtia, kun taas myöhemmät portit painottuvat toimintakoevalmiuteen, säätöihin ja luovutusvaiheen tehtäviin. Rakenteen keskeinen periaate on se, että kunkin portin tehtävien tulee olla suoritettuna ja hyväksytysti dokumentoitu ennen kuin siirrytään seuraavaan porttiin. Tämä ohjaa projektin etenemistä loogisesti vaihe vaiheelta ja varmistaa, että kokonaisuus etenee hallitusti.

Visuaalisessa toteutuksessa hyödynsin otsikoita, lihavoituja ja loogisia ryhmittelyjä, joiden avulla portit ja niiden alle kuuluvat tehtävät erottuvat toisistaan. Taulukon sarakeotsikot sijoitettiin jokaisen portin alkuun siten, että käyttö pysyy selkeänä myös työmaaolosuhteissa. Jokainen rivi toimii tarkastuspisteinä, joka voidaan täyttää ja päivittää suoraan käyttöönottoprosessin edetessä. Näin tarkastuslista palvelee sekä työn ohjausta että dokumentointia yhtä aikaa.

Lopputuloksena syntyi kattava ja rakenteeltaan selkeä tarkastuslista, joka ei ainoastaan tue laadunvarmistusta ja dokumentointia, vaan myös rytmittää koko LVIA-järjestelmien käyttöönottoa vaiheittain. Rakenteessa yhdistyvät

käytännön toiminnan ohjaus, seurattavuus ja dokumentointitarpeet, ja sen sisältö perustuu sekä RT-ohjeistuksiin että asiantuntijahaastatteluissa tunnistettuihin todellisiin tarpeisiin.

4.2 Toimintakoepöytäkirjapohja ja seurantataulukko

Toimintakoepöytäkirjan kehittäminen lähti liikkeelle siitä tarpeesta, että toimeksiantajayrityksen käytössä ollut dokumentointi vaati päivitystä ja rakenteellista kehitystä vastaamaan paremmin nykyaikaisen työmaan ja luovutusvaiheen vaatimuksia. Pöytäkirjaa ryhdyttiin suunnittelemaan tiiviissä vuorovaikutuksessa yrityksen asiantuntijoiden kanssa, jotta sen sisältö ja rakenne muodostuisivat aidosti käytännönläheiseksi ja eri käyttäjäryhmille soveltuvaksi. Koko toteutusprosessin ajan pyysin yrityksen asiantuntijoilta kommentteja ja palautetta sekä esitin heille ehdotuksia toiminnoista ja sisällöistä, jotka itse koin tarpeellisiksi ja toimiviksi osaksi dokumenttia. Yhteistyö mahdollisti sen, että pöytäkirjapohjan kehitys eteni käytännön kokemuksen ja asiantuntemuksen pohjalta vaiheittain kohti toimivaa lopputulosta.

Kun esittelin valmista toimintakoepöytäkirjapohjaa toimeksiantajayritykselle, nousi esiin tarve myös toimintakokeiden seurantataulukolle. Taulukko, jota voitaisi jakaa tilaajalle, ja josta voitaisi seurata toimintakokeiden etenemää yhdestä paikasta.

Toimintakoepöytäkirjapohjan suunnitteluvaihe

Toimintakoepöytäkirjapohjan suunnitteluvaiheessa keskityin erityisesti siihen, miten toimintakokeen kulku ja sen eri osa-alueet saadaan jäsenneiltyä loogisesti ja teknisesti oikein. Pohdin aluksi, millaisia tietoja toimintakokeessa tarvitaan ja millä tavalla ne tulisi ryhmitellä, jotta pöytäkirja tukisi sekä kenttätyötä että dokumentointia. Suunnittelu lähti liikkeelle toimintakokeiden perusrakenteen hahmottelusta, mitä järjestelmiä kokeet koskevat, miten yksittäiset toiminnot erottuvat toisistaan ja miten niitä tulisi tarkastella.

Tärkeä osa suunnittelua oli toimintokohtaisten välilehtien rakenteen määrittely. Mietin, miten eri LVIA-järjestelmät jakautuvat toiminnallisiin kokonaisuuksiin ja miten näiden perusteella voidaan rakentaa selkeä lohkojako taulukon sisällä.

Pohdin myös millä nimikkeillä toimintokohtia kuvataan ja kuinka yksityiskohtaisesti ne tulisi nimetä, jotta sisältö on ymmärrettävää eri rooleissa toimiville käyttäjille. Samalla suunnittelin, mitä tietoa kunkin toiminnon yhteyteen tarvitaan ja millä tavalla sen esittäminen tukee testauksen seuranta ja dokumentointia.

Suunnittelussa nousi esiin myös kysymys eri tarkastusvaiheiden roolista toimintakokeen kokonaisuudessa. Mietin, miten pöytäkirjaan voidaan liittää tieto siitä, missä vaiheessa mikäkin osa-alue on, esimerkiksi onko laite asennettu, onko itselleluovutus tehty, onko toiminta tarkastettu tai säädetty. Suunnittelin, miten ennen toimintakoetta suoritettavat tarkastusvaiheet voidaan esittää selkeänä kokonaisuutena. Samalla hahmottelin, kuinka toimintakokeen lopputulosta tukevat valinnat kuten hyväksyntä tai jälkitarkastustarve voidaan tuoda esiin yksiselitteisesti ja ymmärrettävästi.

Pohdin myös, miten dokumentin eri osat yhdistyvät keskenään. Mietin, minkälainen rooli kansisivulla on kokonaisuuden sisällä ja miten se voisi toimia sekä aloituspisteenä että tiivistettynä yhteenvedona. Tässä vaiheessa suunnittelua keskityin siihen, mitä tietoja pöytäkirjaan tarvitaan kuten kohdetiedot, laitetunnukset ja palvelualue. Lisäksi suunnittelin, että kansisivulle kirjataan myös toimintakokeen päivämäärät ja läsnäolijat, jotta dokumentti sisältää tarvittavat perustiedot valvontaa ja jäljitettävyyttä varten. Suunnittelin lisäksi, miten huomioille ja lisätiedoille voidaan jättää riittävästi tilaa ilman, että rakenne käy rasakaaksi tai epäselväksi.

Suunnitteluvaiheessa otin huomioon myös sen, että pöytäkirjaa tullaan käyttämään ja tarkastelemaan eri tilanteissa ja eri käyttäjäryhmien toimesta. Mietin, miten rakenne tukee sekä teknisesti orientoitunutta että vähemmän teknistä käyttäjää. Tästä syystä kiinnitin huomiota terminologian johdonmukaisuuteen, rivien ja sarakkeiden järjestykseen sekä siihen, miten valinnat ja merkinnät ohjaavat käyttäjää oikeaan täyttötapaan.

Koko suunnitteluvaiheen ajan tarkastelin taulukon rakennetta kokonaisuutena, jossa jokaisella osalla on oma roolinsa mutta jonka tulee silti toimia yhtenäisenä, selkeänä ja teknisesti luotettavana dokumenttina toimintakokeiden hallintaan.

Toimintakoepöytäkirjapohjan toteutusvaihe

Toteutusvaiheessa aloin rakentaa toimintakoepöytäkirjan Excel-tiedostoa vaihe vaiheelta valmiiksi käyttökelpoiseksi dokumenttipohjaksi. Ylätunnisteesen vasemmalle on asetettu toiminto, joka hakee siihen tiedostonimen esimerkiksi "I205TK_PK" ja tämän alapuolella vastaavasti välilehden nimi esimerkiksi "lukitus, ohjaus ja rinnankäyttö". Keskellä ylätunnistetta on toimeksiantajayrityksen logo. Oikeassa reunassa ylätunnistetta automaattisesti päivittyvä päivämäärä sekä sivunumerointi. Ylätunniste on esitetty kuvan 6 vaaleansinisessä laatikossa. Tämä ylätunniste toistuu jokaisella välilehdellä ja sivulla, jolloin pohja on yhdenmukainen ja tulostus visuaalisesti selkeä.

Kansilehdestä muodostin eräänlaisen yhteenveto- ja tunnistetietosivun. Kansilehdelle rakensin sarakkeet projektin perustiedoille, joihin täydennetään projektinimi, osoite, kohde tai työnnumero, laitetunnus, tarkennus tai palvelualue sekä järjestelmätason tunniste. Kansilehden perustiedot ovat esitetty kuvan 6 oranssissa laatikossa. Otsikkona on selkeästi "TOIMINTAKOEPÖYTÄKIRJA", joka on aseteltu näkyvästi sivun yläosaan.

Kansilehdelle kirjasin myös ennen toimintakokeiden aloittamista tehtäviä vaiheita kuten, asennustapatarkastukset, itselleluovutukset, toimintatarkastukset, säädöt ja viritykset sekä näiden perään valintaruudut ja suorituspäivämääräsarake, jotka täydennetään ennen varsinaisten toimintakokeiden aloitusta. Ennen toimintakokeita suoritettavat tehtävät ovat esitetty kuvan 6 violetissa laatikossa. Kansilehdellä on myös omat sarakkeet, joihin merkitään toimintakokeen läsnäolijat, läsnäolijan yritys, rooli hankkeessa ja toimintakokeen suorituspäivämäärä.

Kansilehden alaosaan rakensin taulukkomuotoisen yhteenvedon, jonka avulla voidaan helposti laskea toimintakokeessa tarkastettujen toimintojen määrä ja tulkita kokeen kokonaislaatu. Tässä osiossa on kolme päärivä. Kunnossa-rivillä ilmoitetaan hyväksytysti suoritettujen toimintojen lukumäärä ja niiden prosenttiosuus kokonaismäärästä. Puutteet-rivillä esitetään niiden toimintojen määrä ja prosenttiosuus kokonaismäärästä, joissa on havaittu virheitä, puutteita tai jotka ovat jääneet kesken. Yhteensä-rivi kertoo kaikkien testattavien

toimintojen kokonaismäärän. Näiden lukemien perusteella kansilehden alaosaan on lisätty kolme valintavaihtoehtoa, joista valitaan toimintakokeen tulos. Vaihtoehdot ovat toimintakoe on suoritettu hyväksytysti, jälkitarkastus tarvitaan tai jälkitarkastusta ei tarvita ja mahdolliset puutteet todennetaan kuvin laadunhallintajärjestelmään. Nämä vaihtoehdot ovat toteutettu valintaruutuina, joilla käyttäjä voi osoittaa tarkastuksen lopputuloksen. Valinnat ovat esitetty loogisessa järjestyksessä, ja ne liittyvät suoraan yhteenvedon laskentatuloksiin. Tämä rakenne tukee hyvin dokumentin kokonaisvaltaista tarkastuskäyttöä, kun käyttäjä näkee yhdellä vilkaisulla, kuinka monta toimintoa on kunnossa ja tarvitseeko jatkotoimenpiteitä tehdä.

Yhteenveto-osa on selkeä ja yksiselitteinen, se laskee jokaisen välilehden toimintojen määrän, puutteet ja kunnossa olevat pisteet automaattisesti. Näiden perusteella saadaan prosenttiosuudet kyseisen laitteen testauksien tilanteesta suoraan kansilehdelle.

Varsinaisen pöytäkirjan rakennetta lähdin toteuttamaan niin, että jokainen osalue sai oman välilehtensä. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneessa lukitus, ohjaus ja rinnankäyttö, lämpötilasäädöt ja LTO, tuuletus ja yötuuletus, varolaitteet sekä hälytykset ja laskennat ovat kaikki omilla välilehdillään. Välilehdet ovat esitetty kuvassa 6 keltaisessa laatikossa. Jokainen välilehti noudattaa yhtenäistä sarakerakennetta, jonka loogisuus ja käytettävyys olivat toteutusvaiheessa keskeisiä tavoitteita.

Jokaisessa välilehdessä ja sivulla on sarakkeet, joissa esitetään seuraavat tiedot. Toiminto-sarakkeessa kuvataan tarkasti testattava yksittäinen toiminto tai piste. Kunnossa-sarakkeessa on kenttä, johon merkitään toiminnon hyväksytty tila valintaruudulla. Kesken-sarake on tarkoitettu niille toiminnoille, joiden testaus on vielä kesken, ja valinta tehdään valintaruudulla. Säättökaavioon päivityssarakkeessa voidaan merkitä, vaatiiko kyseinen toiminto suunnitelmapäivityksiä valintaruudulla. Huomiot-sarake on vapaa kenttä, johon voidaan kirjata tarkentavia huomioita, lisätietoja testauksesta tai poikkeamia. Jokainen solu on teknisesti toteutettu niin, että alkuarvona on tyhjä valintaruutu, mikä toimii täytön apuna ja visuaalisena ohjeena käyttäjälle. Taulukon solurakenteessa on huolehdittu siitä, että rakenteet pysyvät ehjinä, esimerkiksi tärkeät kentät ja otsikot ovat suojattu tai vakioitu, jotta niiden muotoilu säilyy käytön aikana.

Excel-tiedostoon on myös upotettu VBA-makroja (Visual Basic for Applications), joiden päivitys tapahtuu kansilehdellä olevasta ”Päivitä”- painikkeesta (Microsoft 2022). Näillä on automatisoitu toimintoja välilehtien väritunnisteisiin. Koodiin on rakennettu erilaisia ehtoja, joiden täytyessä välilehden väritunniste värityy tietyllä värillä. Keltainen on ns. lähtötilanne, punainen kun jokin osa välilehden toiminnoista on testaamatta tai niissä on havaittu puutteita, vihreä kun kaikki toiminnot välilehdeltä on testattu hyväksytysti eikä yksikään ole kesken. Tämä tekninen toiminto helpottaa paikantamaan taulukon sisällä missä puutteet tai keskeneräiset pisteet sijaitsevat, kun välilehtiä saattaa olla toimintakoepöytäkirjassa toistakymmentä.

Toteutusvaiheessa viimeistelin jokaisen taulukon ulkoasun. Säädin sarakeleveydet yhtenäisiksi, muotoilin otsikkorakenteet sekä lukitsin ne ja varmistin, että dokumentti on tulostusvalmis. Tällä varmistin, että toimintakoepöytäkirja toimii sekä digitaalisessa käytössä että mahdollisena liitteellisenä tulosteena luovutusvaiheessa. Kuvissa 4 ja 5 esitettynä PDF-tulosteet pöytäkirjapohjan kansisivusta ja välilehden sivulta. Lopputuloksena syntyi teknisesti ja sisällöllisesti valmis Excel-pohjainen toimintakoepöytäkirja, jossa toiminnot, rakenne, sarakejako ja visuaalinen esitystapa on huolella rakennettu dokumentointia ja tarkastuksia varten.

I205TK_PK
Kansi

Fira

16.4.2025
1/19

TOIMINTAKOEPÖYTÄKIRJA

Pilottikohde 10
Työnro

I205 TK/PK
(1. KERROS)
6966B401

Laitteeseen liittyvät **asennustaparkastukset** suoritettu hyväksytysti
Laitteeseen liittyvät **itselleluovutukset** suoritettu hyväksytysti
Laitteeseen liittyvät **toimintatarkastukset** suoritettu hyväksytysti
Laitteeseen liittyvät **säädöt ja viritykset** suoritettu hyväksytysti

Päiväys

<p>Toimintakokeen suoritus Päiväys <input type="text"/></p> <p>Läsnä <input type="text"/></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table> <p>Kunnossa 0 kpl 0 % Puutteita 0 kpl 0 % Yhteensä 124 kpl</p> <p><input type="checkbox"/> Toimintakoe suoritettu hyväksytysti <input type="checkbox"/> Jälkitarkastus tarvitaan <input type="checkbox"/> Jälkitarkastusta ei tarvita, mahdollisten puutteiden korjaukset todennetaan kuvin laadunhallintajärjestelmään</p>					<p>Jälkitarkastuksen suoritus Päiväys <input type="text"/></p> <p>Läsnä <input type="text"/></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table> <p>Kunnossa 0 kpl 0 % Puutteita 0 kpl 0 % Yhteensä 124 kpl</p>				

Kuva 4. Toimintakoeöpöytäkirjapohjan kansilehti

I205TK_PK
lukitus,ohjaus,rinnankäyttö

Fira

16.4.2025
2/19

TOIMINTO	KUNNOSSA	KESKEN	SÄÄTÖKAAVIOON PÄIVITYS	HUOMIOT
18	0	0	0	
Pumppu P04 käy aina (RK).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Puhallin TF01 ei saa käydä, ellei pumppu P04 käy (RK).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pumpun P04 virranvalvontareleellä (VVR) saadaan tilatieto alakeskukseen pumpun P04 käynnistä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Puhaltimella TF01 on grafiikalta asetettava aikaohjelma, johon on asetettavissa päiväkäyttö, yökäyttö, seisontatila ja tuuletuskäyttö.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Puhaltimella TF01 on grafiikalta asetettava aikaohjelma, johon on määriteltävissä milloin puhallin voi siirtyä yötuuletuselle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Puhaltimen TF01 käytössä alakeskus säätää sen pyörimisnopeutta siten, että kanavapaine pysyy aikaohjelman mukaisessa asetusarvossaan anturin PEI05 kohdalla.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Puhaltimen TF01 ilmamäärää (m ³ /s) mitataan lähettimellä FEI05. AU asetellut lähettimeen puhaltimen k-arvon (x).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Puhallin PF01 käy rinnan puhaltimen TF01 kanssa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Puhaltimen PF01 käytössä alakeskus säätää sen pyörimisnopeutta siten, että kanavapaine pysyy aikaohjelman mukaisessa asetusarvossaan anturin PEI10.1 kohdalla.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Kuva 5. Toimintakoeöpöytäkirjapohjan välilehti

I205TK_PK
Kansi

Fira

25.4.2025
1/1

TOIMINTAKOEPÖYTÄKIRJA

Ylätunniste toistuu joka sivulla

Pilottikohte 10
Työnro

I205 TK/PK
(1. KERROS)
6966B401

Kohteen tiedot ylhäällä

Laitteen tiedot
Laitetunnus
Palvelualue
Säätökaaviotunniste

Laitteeseen liittyvät ennen toimintakokeita suoritettavat tarkastukset/säädöt

Laitteeseen liittyvät **asennustapata** tarkastukset suoritettu hyväksytysti

Laitteeseen liittyvät **itselleluovutukset** suoritettu hyväksytysti

Laitteeseen liittyvät **toimintatarkastukset** suoritettu hyväksytysti

Laitteeseen liittyvät **säädöt ja viritykset** suoritettu hyväksytysti

Päiväys

Päivä VBA-makrojen päivityspainike

Toimintakokeen suoritus Päiväys

Läsnä

Kunnossa	123 kpl	99 %
Puutteita	1 kpl	1 %
Yhteensä	124 kpl	

Toimintakoe suoritettu hyväksytysti
 Jälkitarkastus tarvitaan
 Jälkitarkastusta ei tarvita, mahdollisten puutteiden korjaukset todennetaan kuvin laadunhallintajärjestelmään

Hyväksytysti testattujen toimintojen määrä ja prosenttiosuus kaikista laitteen toiminnoista

Puutteiden/keskeneräisten tarkastusten määrä ja prosenttiosuus kaikista laitteen toiminnoista

Tarkastettavien toimintojen/pisteiden määrä laitteessa

Välilehdet ja välilehtien automaattinen värikoodaus valmiuden mukaan (makrot)

Kansi | Tukitus, ohjaus, rinnankäyttö | Jämpötilasäädöt ja LTO | tuuletus, yötuuletus | varolaitteet ja niiden toiminta | Hälyt, laskennat, it ... +

I205TK_PK
tuuletus, yötuuletus

Fira

25.4.2025
1/3

TOIMINTO	KUNNOSSA	KESKEN	SÄÄTÖKAAVIION PÄIVITYS	HUOMIOT
23	22	1	0	
Tuuletuselle on graafikalta asetettava aikaohjelma. Koneen käytössä tuuletuksella se käy normaalisti, ja IV-koneen vaikutusalueella olevat tulo- ja poisto IMS:t ovat maksimimääränsä asetusarvoissaan.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Yötuuletuskäytöllä: LTO tehonsäätyyminen on 0% (LTO ei ole käytössä)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Kuva 6. Toimintakoeöpöytäkirjapohjan toiminnot kuvattuna

Seurantataulukon suunnitteluvaihe

Pohdin, miten toimintakoeprosessin etenemää voisi seurata yhdestä paikasta reaaliajassa. Olin jo laatinut toimintakoeöpöytäkirjapohjat, mutta niiden avulla oli hankalaa muodostaa yleiskuvaa siitä, missä vaiheessa eri testaukset eri laitteille ja järjestelmille kulloinkin olivat. Tarvitsin selkeän näkymän, joka kokoaisi oleellisen tiedon yhteen ilman, että sitä tarvitsee täydentää erikseen.

Aloitin suunnittelemalla taulukon rakenteen Excelliin. Käytin jo laatimaani toimintakoeöpöytäkirjan pohjaa taulukon ulkoasun lähtökohtana. Määrittelin sarakkeet siten, että niissä näkyvät muun muassa laitetunnus, tarkennus ja palvelualue, valmiusprosentti sekä kolme keskeistä päätöstietoa toimintakokeesta eli onko testi suoritettu hyväksytysti, tarvitaanko jälkitarkastus vai jälkitarkastusta ei tarvita vaan se todennetaan kuvin laadunhallintajärjestelmään. Lisäsin myös huomioita varten sarakkeen, johon voidaan automaattisesti

tuoda tarkentavia tietoja pöytäkirjasta. Kaikki nämä tiedot kerätään seuranta-
taulukkoon suoraan jokaisen toimintakoepöytäkirjan kansisivulta. Halusin säi-
lyttää rakenteen mahdollisimman yksinkertaisena ja helposti luettavana, jotta
etenemän hahmottaminen olisi nopeaa ja vaivatonta.

Seurantataulukon toteutusvaihe

Toteutusvaiheessa halusin kehittää ratkaisun ongelmaan, jossa toimintakokei-
den etenemisen seuranta edellyttää manuaalista tietojen kirjaamista useaan
eri paikkaan. Tämä altistaa virheille ja tekee prosessista työlää. Tavoitteena
oli luoda taulukko, joka ei vaadi erillistä täyttämistä, vaan kokoaa olennaiset
tiedot automaattisesti toimintakoepöytäkirjoista yhteen näkymään. Ajatus oli
rakentaa taulukko siten, että tiedot linkittyvät suoraan pöytäkirjoista ja seu-
ranta tapahtuu reaaliaikaisesti. Näin taulukosta muodostuu näkymä, joka toi-
mii käyttöliittymänä koko testausprosessille.

Aloitin tarkastelemalla, mitä tietoja toimintakoepöytäkirjojen kansisivulla kerä-
tään ja miten ne voitaisiin tuoda näkyviin ilman manuaalista työvaihetta. Hyö-
dynsin Excelin soluviittauksia ja kaavoja, joiden avulla yhdistin kansisivujen
keskeiset kentät seurantataulukon riveille. Määrittelin tarkkaan, mitä tietoa
haetaan mistäkin lähteestä ja huolehdin siitä, että kaikki tuodut tiedot pysyvät
ajan tasalla ilman erillisiä toimenpiteitä. Kuvassa 8 on esitetty miten esimer-
kiksi valmiusprosentti, toimintakokeen hyväksyntä ja jälkitarkastukseen liittyvät
merkinnät päivittyvät automaattisesti aina, kun pöytäkirjaan tehdään muutok-
sia.

Tämä toteutustapa mahdollistaa sen, että seurantataulukko toimii lukutilassa
eikä vaadi käyttäjältä manuaalista täyttämistä. Kaikki tieto päivittyy taustalla ja
sen tarkkuus säilyy, mikä vähentää virheiden mahdollisuutta ja vapauttaa
käyttäjän keskittymään itse testaukseen ja laadunvarmistukseen. Taulukosta
tuli samalla helposti laajennettavissa oleva ratkaisu, sillä uusia toiminta-
koepöytäkirjoja voidaan liittää mukaan kopioimalla olemassa olevia linkityksiä
ja kohdistamalla ne uusiin tiedostoihin.

Seurantataulukosta muodostui myös merkittävä kommunikointiväline. Koska sen sisältö päivittyy automaattisesti, se voidaan jakaa tilaajalle ja muille sidosryhmille, joilla on tarve seurata toimintakokeiden etenemistä. Kuvassa 7 esitetynä PDF-tuloste seurantataulukon sivusta. Tällöin kaikki osapuolet saavat ajantasaisen näkymän testausprosessin tilasta ilman, että heidän tarvitsee tarkastella yksittäisiä pöytäkirjoja erikseen tai pyytää erillisiä raportteja.

Testasin rakennetta käytännössä useita kertoja varmistaakseni, että linkitykset toimivat moitteettomasti ja että tiedot päivittyvät luotettavasti. Kiinnitin huomiota myös taulukon visuaaliseen selkeyteen. Asettelin valintaruudut ja numeeriset arvot selkeästi, jotta kokonaisuuden seuraaminen olisi sujuvaa. Suojasin samalla kentät, joita ei ole tarkoitus muuttaa, varmistaen että linkitykset pysyvät ehjinä ja että käyttäjä ei pääse vahingossa muuttamaan taulukon rakennetta.

Lopputuloksena syntyi seurantataulukko, jota ei tarvitse täydentää käsin ja jonka avulla pystytään seuraamaan kootusti ja reaaliajassa, missä vaiheessa toimintakokeet etenevät. Tämä ratkaisu tukee pöytäkirjapohjien käyttöä ja tuo mukaan hallitun yleiskuvan, joka on erityisen hyödyllinen laajoissa toimitilarakentamisen hankkeissa, joissa järjestelmiä, laitteita ja testipisteitä on runsaasti.

Toimintakokeet seuranta		Fira				25.4.2025	
Pilottikohde		1/2					
LAITETUNNUS	TARKENNUS (PALVELUALUE)	VALMIUS (%)	TOIMINTAKOE SUORITETTU HYVÄKSYTYSTI	JÄLKITARKASTUS TARVITAAN	JÄLKITARKASTUS TODENNETAAN KUUVIN	HUOMIOT	
14	KOONTI	7%	0	1	0		
I201 TK/PK	(3 - 7. KERROS)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
I202 TK/PK	(2 - 7. KERROS)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
I203 TK/PK	(1 - 2. KERROS)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
I204 TK/PK1,PK2	(2 - 3. KERROS)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
I205 TK/PK	(1. KERROS)	99%	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
I206 TK/PK	(K1 - 1. KERROS)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
I230PF01-I253PF01	Erillispistot 24kpl (Koko rakennus)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Ilmamääräsäätimet	IMS-yksiköt 120kpl (Koko rakennus)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Vyöhykellit	(Koko rakennus)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Palopellit	(Koko rakennus)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Huoneanturit	(Koko rakennus)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Oviverhokoneet	(Tuulikaapit)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Erillispisteet	(Koko rakennus)	0%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Kuva 7. Toimintakokeiden seurantataulukko

The screenshot displays the Fira software interface. On the left, the 'TOIMINTAKOEPÖYTÄKIRJA' (Action Plan) is visible, showing a list of tasks with checkboxes for completion. On the right, the 'Toimintakokeet seuranta' (Action Plan Monitoring) table is shown, which is identical to the table in Kuva 7. The interface includes various filters, checkboxes, and a sidebar with project details. Red and blue annotations highlight specific features and data points.

Kuva 8. Toimintakoepöytäkirjan ja seurantataulukon toiminnot

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Menetelmät

Tulosten tarkastelun menetelmänä on hyödynnetty laadullista arviointia, joka perustuu käyttäjäkokemuksiin ja käytännön palautteeseen pilottihankkeen toimintakokeiden valmisteluvaiheessa.

Toimintakoepöytäkirjapohjan toimivuutta on tarkasteltu sen käytettävyyden, selkeyden ja kenttäolosuhteissa saadun palautteen perusteella. Palautetta on kerätty käyttöönottohenkilöstöltä erityisesti lomakkeen rakenteesta ja sen käy-

tön ja täydentämisen sujuvuudesta työmaaympäristössä. Lisäksi toimintakokeiden seurantataulukon hyödyllisyyttä on arvioitu sen tarjoaman keskitetyn näkymän ja automaattisten linkitysten kautta saavutettujen hyötyjen, kuten päällekkäisen työn vähenemisen ja tiedon ajantasaisuuden näkökulmasta. Vaikka varsinaiset testausvaiheen tulokset eivät ole vielä käytettävissä, tulosten tarkastelua on tehty pilottihankkeen toimintakokeiden valmisteluvaiheen kokemusten perusteella.

Tarkastuslistan osalta tarkastelu on rajoittunut sen suunnitteluvaiheen tavoitteiden ja rakenteen arviointiin, sillä sitä ei ole vielä otettu käyttöön, eikä siitä näin ollen ole saatavilla vielä käytännön kokemuksiin perustuvia tuloksia. Tulevissa hankkeissa saadut käyttökokemukset mahdollistavat tuotosten tarkemman arvioinnin ja kehitystarpeiden kartoittamisen.

5.2 Tulosten tarkastelu

Toimintakoepöytäkirjapohja ja toimintakokeiden seurantataulukko on otettu käyttöön toimeksiantajayrityksen toimitilahankkeessa, jossa ne otettiin osaksi hankkeen käyttöönottosuunnittelua ja toimintakokeiden valmistelua. Molemmat tuotokset on otettu käyttöön jo ennen varsinaisten toimintakokeiden aloittamista, ja ne ovat tukeneet työmaan järjestelmällistä valmistautumista tulevaan testausvaiheeseen.

Toimintakoepöytäkirjapohjan käyttö ja sen täyttäminen on koettu selkeäksi ja toimivaksi. Erityisesti kansilehden rakenne on saanut positiivista palautetta, koska se ohjaa täyttämään toimintakokeen eri osa-alueet loogisessa järjestyksessä. Tiedot kuten testattava laite, sijainti, järjestelmä, toimintakokeen vaiheistus sekä päätösmerkinnät on koottu yhdelle sivulle, mikä helpottaa sekä täyttämistä että kokonaisuuden hahmottamista.

Toimintakokeiden seurantataulukko on otettu käyttöön rinnakkain pöytäkirjapohjien kanssa. Sen avulla hankkeen johto ja valvonta voivat seurata toimintakokeiden valmiutta ja etenemää yhdestä keskitetystä näkymästä. Seurantataulukon sisältö perustuu suoriin linkityksiin toimintakoepöytäkirjoista, minkä ansiosta taulukkoa ei tarvitse täydentää manuaalisesti. Tämä on vähentänyt

päällekkäistä työtä ja varmistanut, että tiedot pysyvät ajan tasalla ja yhdenmukaisina. Seurantataulukko on toiminut tärkeänä tiedonjakoalustana tilaajalle ja muille sidosryhmille, joilla on tarve pysyä ajan tasalla toimintakokeiden tilanteesta, ja sen avulla on lisäksi pystytty havainnollistamaan toimintakokeiden laajuutta myös niille henkilöille, joille kokonaisuus ei muuten olisi ollut helposti hahmotettavissa.

Koska hankkeessa ollaan vielä toimintakokeiden valmisteluvaiheessa, varsinaisia käyttökokemuksia itse testausvaiheesta ei vielä ole saatavilla. Kun toimintakokeet käynnistyvät, tullaan saamaan tarkempaa tietoa siitä, miten hyvin pöytäkirjapohja ja seurantataulukko tukevat testien toteutusta, poikkeamien käsittelyä ja dokumentaation hallintaa. Tähän mennessä tuotosten käyttöönotto on edennyt suunnitellusti ja niiden on todettu tukevan toimintakokeiden valmistelua merkittäväällä tavalla.

Tarkastuslistaa ei ole vielä otettu käyttöön toimeksiantajayrityksessä, joten siitä ei ole tässä vaiheessa saatavilla käyttökokemuksiin perustuvia tuloksia. Tarkastuslistan kehitystyö on kuitenkin saatu päätökseen ja se on suunniteltu siten, että se voidaan liittää osaksi LVIA-järjestelmien käyttöönottoprosessia tulevaisuudessa hankkeissa. Sen tavoitteena on tukea erityisesti pääurakoitsijan käyttöönottotyötä vaiheittain etenevän rakenteen avulla, ja sen avulla pyritään selkeyttämään tarkastettavien tehtävien jäsentelyä sekä parantamaan laadunhallintaa, aikataulutusta ja vastuunjakoa.

Tarkastuslista on tarkoitus ottaa käyttöön seuraavissa toimitilahankkeissa, jolloin sen toimivuutta ja käytännön hyötyjä päästään arvioimaan osana kokonaisuutta. Tällöin tullaan tarkastelemaan muun muassa sitä, kuinka hyvin se tukee eri osapuolten välistä yhteistyötä, miten se ohjaa tehtävien suorittamista oikeassa järjestyksessä ja millä tavoin se parantaa dokumentoinnin kattavuutta. Tulevaisuudessa hankkeissa saatavat kokemukset tarjoavat mahdollisuuden arvioida tuotoksen kehitystarpeita ja jatkokäyttöä osana yrityksen vakiintuneita toimintamalleja.

6 POHDINTA

Työn edetessä on havaittu, että LVIA-järjestelmien käyttöönottoprosessi toimilatarakennuksissa muodostuu useista tarkasti rajatuista ja toisiinsa kytkeytyvistä vaiheista, joiden onnistunut yhteensovittaminen vaatii huolellista suunnittelua, selkeää dokumentointia ja eri osapuolten saumatonta yhteistyötä.

Vaikka tekniset ohjeistukset ja normit määrittävät yksityiskohtaisesti eri työvaiheiden sisällön, käytännön toteutuksessa esiintyy yhä haasteita, erityisesti toimintakokeiden suunnittelussa, vastuunjaossa ja dokumentoinnissa.

Keskeinen havainto on, että urakoitsijoiden suorittamat toimintatarkastukset eivät yksin riitä varmistamaan järjestelmien toimivuutta ennen tilaajan toimintakokeita. Useissa hankkeissa on ilmennyt puutteita, jotka havaitaan vasta siinä vaiheessa, kun toimintakokeet pitäisi käynnistää. Tämä johtaa tilanteisiin, joissa joudutaan tekemään kiireellisiä korjauksia luovutusvaiheen kynnyksellä, mikä vaarantaa hankkeen aikataulun ja lisää työmaakuormitusta. Tämän vuoksi on perusteltua, että pääurakoitsija suorittaa omat toimintakokeensa ennen tilaajan tarkastuksia tai tekee ne tiiviissä yhteistyössä tilaajan kanssa. Näin varmistetaan, että mahdolliset puutteet havaitaan ja korjataan hyvissä ajoin.

Opinnäytetyöprosessin aikana laaditut tarkastuslista, toimintakoepöytäkirjapohja ja toimintakokeiden seurantataulukko ovat vastanneet havaittuihin tarpeisiin. Jokaisen tuotoksen suunnittelussa ja toteutuksessa on hyödynnetty sekä RT-ohjekortteja että asiantuntijahaastatteluista nousseita näkemyksiä. Suunnitteluvaiheessa kiinnitettiin erityistä huomiota dokumenttipohjien rakenteeseen, selkeyteen ja käyttäjälähtöisyyteen. Tuotosten kehityksessä pyrittiin varmistamaan, että ne tukevat käyttöä työmaan arjessa ja mahdollistavat johdonmukaisen etenemisen läpi koko käyttöönottoprosessin.

Toimintakoepöytäkirjapohjan toteutusvaiheessa korostui teknisen rakenteen suunnittelu kuten valintaruudut, automaattiset laskennat ja kansisivun selkeä yhteenveto antavat käyttäjälle mahdollisuuden tarkastella kokeiden etenemää helposti ja virheettömästi. Näistä elementeistä nousi esiin myös uusia havain-
toja, esimerkiksi automaattisesti värittyvät tunnisteet osoittautuivat käytän-

nössä erittäin hyödylliseksi paikantamaan yksittäisiä toimintoja pöytäkirjan sisällä. Vastaavasti toimintakokeiden seurantataulukko kehitettiin tukemaan reaaliaikaista kokonaiskuvaa ilman erillistä manuaalista täyttämistä, mikä vähentää virheriskejä ja tehostaa tiedonjakoa eri sidosryhmien välillä.

Tarkastuslistan toteutusvaihe vahvisti edelleen tarvetta vaiheistetulle, vastuukohtaisesti rakennetulle käyttöönottosuunnittelulle. Porttirakenne, valmiustietojen kirjaaminen ja tehtäväkohtainen tarkennus mahdollistavat ennakoivan ohjauksen ja selkeän seurannan koko käyttöönottoprosessin ajaksi. Vaikka tarkastuslistaa ei ole vielä otettu käyttöön kentällä, sen suunnittelussa nousseet näkökulmat antoivat syvempää ymmärrystä siitä, mitä käyttöönottoprosessin kokonaisuuden hallinta vaatii.

Jatkokehityksen osalta voidaan todeta, että tuotosten pilotointi useissa eri kohteissa tarjoaisi arvokasta tietoa niiden käytettävyydestä ja vaikuttavuudesta. Erityisesti palautteen kerääminen eri osapuolilta, kuten valvojilta, urakoitsijoilta ja käyttöönottoinsinööreiltä on tärkeää, jotta dokumenttipohjat voidaan tarvittaessa mukauttaa erilaisiin hankemuotoihin ja -kokoluokkiin. Myös suunnitteluresurssien entistä tiiviimpi integrointi käyttöönottovaiheeseen jo varhaisessa suunnittelusopimusvaiheessa voisi tuoda merkittävää lisäarvoa. Esimerkiksi säätökaavioiden vieminen suoraan toimintakoe-pöytäkirjoihin voisi helpottaa tarkastustyötä ja vähentää tulkinnanvaraisuutta.

Lisäksi olisi suositeltavaa kehittää toimintatapoja, joilla talotekniikkaurakoitsijoiden sitoutumista toimintatarkastuksiin voidaan vahvistaa. Tämä voisi tapahtua esimerkiksi sopimuksellisten välitavoitteiden, bonusjärjestelmien tai yhteisesti hyväksytyjen laatuvaatimusten kautta. Kokonaisuutena voidaan todeta, että käyttöönottoprosessin hallinta vaatii rakenteellisia, teknisesti toimivia ja yhteistyötä tukevia työkaluja, joiden kehittäminen on keskeinen osa hankkeen onnistumista ja laadukasta lopputulosta.

LÄHTEET

Avoin haastattelu. 2006. Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. Kvali-MOTV. Menetelmäopetuksen tietovaranto. WWW-dokumentti. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Saatavissa: https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_1.html [viitattu 5.4.2025]

Getting started with VBA in Office. 2022. Microsoft. WWW-dokumentti. Päivitetty 6.8.2022. Saatavissa: <https://learn.microsoft.com/en-us/office/vba/library-reference/concepts/getting-started-with-vba-in-office> [viitattu 17.4.2025]

Junnonen, J-M. & Kankainen, J. 2020. Rakennuttaminen. 6. päivitetty painos. Vaasa: Waasa Graphics.

LVI 014-10290. 1999. Rakennustieto. LVI-laitosten mittaukset.

RT 10-11301. 2018. Rakennustieto. Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely. Prosessikuvaus.

RT 10-11302. 2018. Rakennustieto. Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely. Tehtävät ja dokumentointi.

ST 711.01. 2024. Sähkötieto. Rakennusautomaatiosuunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat.

ST 711.04. 2020. Sähkötieto. Rakennusautomaatiourakan laadunvarmistus-, valvonta- ja vastaanottomenettelyohjeita.

ST 736.00. 2013. Sähkötieto. Rakennusautomaatioprojektin hallinta.

ST- käsikirja 17. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Tietotekniset järjestelmät. 2018. 6. uudistettu painos. Sähkötieto ry. Espoo: Grano Oy.

Teemoittelu. 2006. Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. KvaliMOTV. Menetelmäopetuksen tietovaranto. WWW-dokumentti. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Saatavissa: https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L7_3_4.html [viitattu 23.4.2025]