



Asta Sahramaa

Rakennusautomaation aikataulutus, yhteensovitus ja valvonta rakennushankkeessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

LVI-rakennusmestari

LVI-tekniikka

10.10.2024

Tiivistelmä

| | |
|-------------------------|---|
| Tekijä: | Asta Sahramaa |
| Otsikko: | Rakennusautomaation aikataulut, yhteensovitus ja valvonta rakennushankkeessa |
| Sivumäärä: | 49 sivua |
| Aika: | 10.10.2024 |
| Tutkinto: | Rakennusalan työjohto |
| Tutkinto-ohjelma: | Rakennusmestari, LVI (AMK) |
| Suuntautumisvaihtoehto: | LVI-tekniikka |
| Ohjaajat: | Lehtori Aamos Lemström Talotekniikkapäällikkö, käyttöönotot Mikko Heimonen |

Rakennusautomaatio on avainasemassa nyt ja tulevaisuudessa energiatehokkuuden lisäämisessä, koska se nitoo yhteen tekniikan ja ohjaa sen toimivuutta. Tämä johtaa kasvavaan tarpeeseen rakennusautomaatio-osaajista. Tämän takia osaavan työjohtoon merkitys rakennushankkeissa korostuu entisestään. Opinnäytetyön aiheena oli kartoittaa rakennusautomaatiourakoiden yleistä sujuvuutta ja toistuvia riskitekijöitä koko hankkeen aikana hankinnoista takuuajan loppuun saakka ja yhtenäistää urakan valvontaa.

Opinnäytetyön aihe syntyi tarpeesta selvittää rakennusautomaatiourakoiden sujuvuutta ja valvontaa SRV Rakennus Oy:ssä. Opinnäytetyötä varten laadittiin laaja kyselytutkimus talotekniikkaosaston henkilöstölle ja sen lisäksi toteutettiin useita asiantuntijahaastatteluita suunnittelijoille, suunnittelunohjaajille, aikatauluinsinööreille sekä käyttöönottoinsinööreille.

Tutkimustuloksien ja haastatteluiden perusteella saatiin kattava kuva rakennusautomaatiourakoiden valvonnan toimintatavoista sekä suuri määrä kehitysehdotuksia ja riskikohtia, jonka pohjalta toteutettiin prosessiohje avuksi automaatiourakan valvontaan SRV Rakennus Oy:n käyttöön.

Avainsanat: Rakennusautomaatio, aikataulu, yhteensovitus, valvonta, LVI, tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Asta Sahramaa
Title: Scheduling, Coordination and Control of Building Automation Contract in Building Project

Number of Pages: 49 pages
Date: 10 October 2024

Degree: Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme: Construction Site Management
Specialisation option: HVAC Engineering
Instructors: Aamos Lemström, Principal Lecturer
Mikko Heimonen, Deployment Engineer

The final year project aimed at observing the conduct of building automation projects. A further goal was to identify recurring risk factors throughout a project, from procurement till the end of the guarantee period. The ultimate aim was to standardise the supervision and control of projects.

Information was collected with a survey from the staff of the building services department of the commissioning company. Furthermore, experts in commissioning and schedule planning were interviewed to collect more information and ensure the reliability for the project. The results of the survey and the interviews were used as a basis for the creation of a guideline aimed at helping the everyday work of the personnel on site.

The results of the final year project assisted in the mapping of the level of site supervision. Furthermore, they were used to develop a process guideline to harmonize the working methods of site personnel. The process guideline is useful in the monitoring and scheduling of building automation contracts.

Keywords: building automation, schedule planning, coordination, supervision, HVAC

Sisällys

| | |
|--|----|
| Lyhenteet | 1 |
| 1 Johdanto | 2 |
| 1.1 Opinnäytetyön aihe | 2 |
| 1.2 Työn rajaus ja tavoitteet | 3 |
| 2 Rakennusautomaatio | 4 |
| 2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä | 4 |
| 2.2 Rakennusautomaatiota koskevat määräykset | 7 |
| 3 Rakennusautomaatiourakan kulku | 8 |
| 3.1 Urakkasopimus ja lähtötiedot | 8 |
| 3.2 Tarkastukset | 10 |
| 3.3 Aikataulutus ja yhteensovitus | 12 |
| 3.4 Valvonta ja projektinhoito | 13 |
| 3.5 Toimintakokeet ja käyttöönotto | 16 |
| 3.6 Loppudokumentointi | 20 |
| 3.7 Takuu aika | 24 |
| 4 Tutkimus ja tutkimusmenetelmät | 25 |
| 5 Kartoittavan kyselytutkimuksen tulokset | 26 |
| 5.1 Kysymyksien läpikäynti | 28 |
| 5.2 Yhteenveto kyselytutkimuksesta | 35 |
| 6 Henkilöhaastattelut | 36 |
| 6.1 Käyttöönottoinsinöörin teemahaastattelu | 37 |
| 6.2 Aikatauluinsinöörin haastattelu | 40 |
| 6.3 Suunnittelijoiden haastattelut | 41 |
| 6.4 SRV:n suunnittelunohjauksen haastattelu | 42 |
| 6.5 Yhteenveto haastatteluista | 43 |
| 7 Johtopäätökset | 45 |
| 8 Yhteenveto | 46 |
| Lähteet | 48 |

Lyhenteet

| | |
|------------------------|--|
| LVISA: | Lämmitys-, vesi-, ilmanvaihto-, sähkö- ja automaatiotekniikka. |
| RAU: | Rakennusautomaatio. |
| RAU-järjestelmäkaavio: | Periaatekaavio toiminnasta, rakenteesta ja tiedonsiirrosta. |
| Sijaintipiirustus: | Tasokuva missä laitteiden sijainnit merkattu. |
| Säätökaavio: | Prosessikaavio LVIS-järjestelmille missä piirretty loogiset ja toiminnalliset pisteet mitkä liittyvät valvomoon. |
| TATE: | Talotekniikka. |
| Toimintaselostus: | Sanallinen selostuksen osio mikä on säätökaavion liitteenä. |
| VAK: | Valvonta-alakeskus. |
| Väylä: | Sitä pitkin tieto siirtyy laitteelta järjestelmälle tai rakennusautomaatiojärjestelmälle. |
| YSE: | Rakennusalan yleiset sopimusehdot. |

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön aihe

Opinnäytetyön aiheena on automaatiourakan aikataulutusta, yhteensovitus ja valvonta rakennushankkeissa. Rakennusautomaation huomaamattomuudella ja sen täydellisellä virityksellä mitataan nykypäivänä rakennuksen toimivuutta, viihtyvyyttä ja energiatehokkuutta. Rakennusautomaatio on lisääntynyt 2000-luvun alkupuolelta saakka todella voimakkaasti ja rakennuksista on tullut teknisiä kokonaisuuksia, joita säädetään toivottujen olosuhteiden ylläpitämiseksi. Kasvava tarve rakennusautomaatio-osaajista on nykypäivänä suurta, ja valvonnan merkitys rakennushankkeilla korostuu entisestään. Osaajia tarvitaan niin päätoteuttajan, automaatiourakoitsijan kuin tilaajankin rooliin.

Kasvavan rakennusautomaation osaamistarpeen takia perehdyin rakennusautomaatiourakan kulkuun ja kartoitin SRV Rakennus Oy:n automaatiourakoiden sujuvuutta ja nykyhetken tilannetta työmaavalvonnassa. Opinnäytetyö on toteutettu SRV Rakennus Oy:n tarpeeseen, ja tarkoituksena on ollut kehittää ja yhteneväistää yrityksen rakennusautomaatiourakoiden huomioimista aikatauluissa, yhteensovituksessa ja valvonnassa hankkeiden alusta loppuun saakka.

SRV Rakennus Oy on yksi Suomen suurimmista rakennusalan yrityksistä. SRV rakentaa toimitiloja sekä asuinrakennuksia ympäri Suomea. Käynnissä olevia hankkeita ovat Jorvin uusi osastorakennus, Horisontti-toimistotornitalo, Laakson yhteissairaalahanke ja Okmeticin piikiekkotehdas.

1.2 Työn rajaus ja tavoitteet

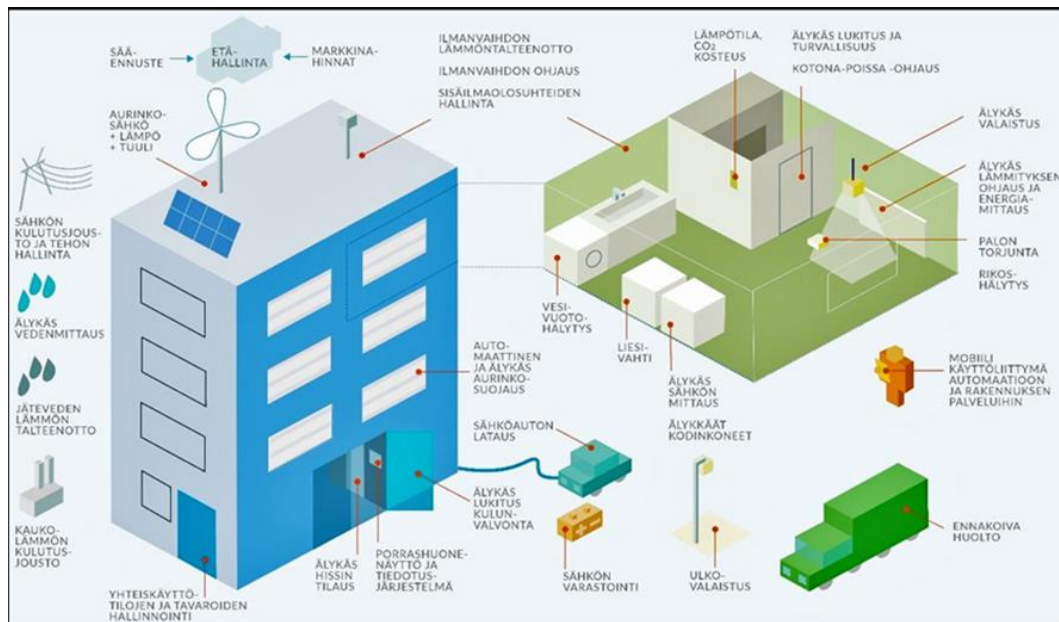
Opinnäytetyö on rajattu koskemaan rakennusautomaatiourakan toteutusvaiheen osa-aluetta päätoteuttajan talotekniikka-työnjohdon näkökulmasta. Ydinaiheena keskitytään työmaavalvonnan tekniseen toteuttamiseen ja toivotun lopputuloksen saavuttamiseen eli automaatiojärjestelmien valmistumiseen ja aikataulunmukaiseen rakennuksen luovutukseen, joka johtaa tilaajan ja käyttäjän tyytyväisyyteen.

Tavoitteena on kartoittaa pääasiassa työmaalla tehtävää asennusten valvontaa, ja ohjelmallisen puolen valmiuden varmistamista sekä sopimusteknisiä ja aikataulullisia prioriteetteja. Näiden pohjalta laaditaan prosessiohje talotekniikan työmaahenkilöstölle automaatiourakan valvonnasta ja koko urakan aikaisista huomioonotettavista nippelitiedoista. Ohje tehdään helpottamaan päivittäistä valvontaa, poistamaan suurimmat riskitekijät urakan onnistumisen suhteen ja antamaan paremmat mahdollisuudet aikataululliseen ja oikea-aikaiseen reagointiin.

2 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatio on järjestelmä, joka avustaa LVI- ja sähköjärjestelmiä toimimaan optimoidusti rakennuksissa. Sen avulla pystytään vaikuttamaan energiankulutukseen ja ohjaamaan keskitetysti koko rakennuksen toimintoja. Tavoitteena luoda käyttäjille viihtyvyyttä, turvallisuutta ja mukavuutta. (1).

Kuvassa 1 nähdään, kuinka paljon erilaisia mahdollisuuksia rakennusautomaatio antaa. Niiden optimoidulla käytämisellä on mahdollista hyötykäyttää hukkalämpöä, seurata järjestelmien toimintaa erilaisilla hälytyksillä ja saavuttaa energiatehokkaampi rakennus.

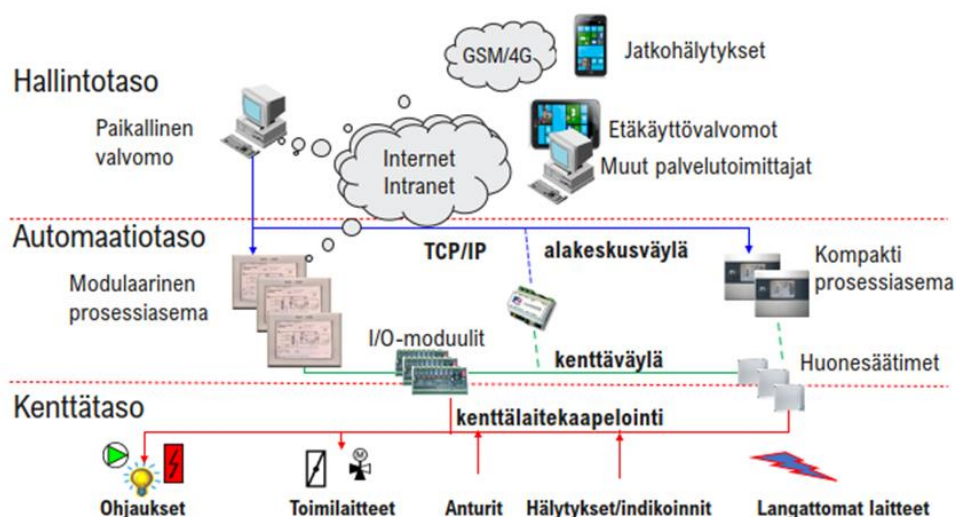


Kuva 1. Automaation erilaisia ulottuvuuksia ja mahdollisuuksia suurissa asuinrakennuksissa (2).

2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennusautomaation perusjärjestelmä koostuu kentälaitteista, hallintalaitteista ja valvomosta (kuva 2). Kentälaitteet ovat antureita, mittareita, pumppuja,

toimilaitteita ja taajuusmuuttajia. Kenttälaitteiden datan avulla pystytään säätämään mm. lämpötilaa, painesuhdetta, kosteustasapainoa sekä moottorin käymistäajuutta ja taajuusmuuttajien käyntitaajuuksia. Tiedot siirtyvät valvomoon analogisesti kaapeleita pitkin tai digitaalisesti verkon kautta. Tietojen perusteella valvomo antaa käskyjä ja ohjaa koko automaatiojärjestelmää. (3, s. 7.)



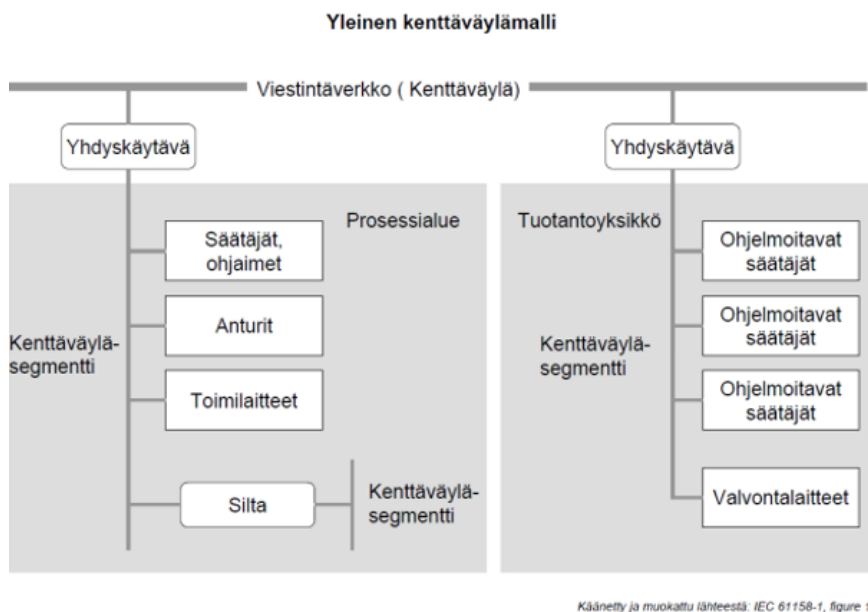
Kuva 2. Rakennusautomaatiojärjestelmän yleinen rakenne (4, s. 60).

Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne on jaettu kolmeen osaan. Näitä ovat hallinta, automaatio ja kenttätaso. Hallintataso tarkoittaa etävalvomoa tai paikan päällä kiinteistössä sijaitsevaa kiinteää PC-konetta, jonka kautta kaikki automaatiodata kulkee. Valvomosta pystytään seuraamaan grafiikoita, eli miten automatiikka on ohjelmoitu toimimaan, ja siitä pystytään säätämään lämpötilojen asetusarvoja ja muokkaamaan valaistuksen aikaohjausta. Valvomo välittää hälytyksiä ja jatkohälytyksiä esimerkiksi kiinteistön huoltohenkilöstölle tai sopimusurakoitsijalle, joka vastaa valvomon kautta tehtävästä etäpäivystyksestä. (4, s. 59–61.)

Toisena on automaatiotaso, jossa sijaitsevat valvonta-alakeskukset. Näihin on kytketty I/O-moduuleita. Alakeskuksissa on ohjelmia, joiden kautta kenttälaitteita pystytään ohjaamaan I/O-pisteiden avulla. Rakennusautomaation tiedonvälitys

kulkee verkon kautta Ethernet-kaapeleiden välityksellä tai WLAN-verkon kautta. Näitä kaapeleita ovat CAT-kaapelit ja optiset kuidut. (4, s. 59–61.)

Kolmantena tasona on kenttätaso, jossa taloteknisiin järjestelmiin on asennettu erilaisia toimilaitteita ja mittareita. Mittareista saadaan reaaliaikaista tietoa, minkä avulla valvonta-alakeskuksen aivot eli ohjelmistot osaavat verrata saatua dataa säätökäyriin ja muihin annettuihin tavoitteisiin ja ohjata laitteita niin, että haluttu olosuhde tai muu tavoite saavutetaan. Kenttätasolla voi olla sekä itsenäisesti I/O-pisteiden kautta reagoivia säätimiä, kuten huonesäätimiä tai valmiisiin moduuleihin liitettyjä säätimiä, esimerkiksi tehdasvalmisteisissa IV-koneissa. Tämän lisäksi kommunikointi tapahtuu kenttäväylän avulla (kuva 3). Useimmin käytettyjä kenttäväyliä ovat uudemman polven Modbus- DALI- ja KNX-väylät ja vanhemman polven M-bus- ja BACnet -väylät. (4, s. 59–61.)



Kuva 3. Yleinen kenttäväylämalli (5, s. 113).

Rakennusautomaatiojärjestelmään pystytään liittämään myös muita järjestelmiä, ja näitä ovat mm. turvallisuuteen liittyviä järjestelmät, kuten erilaiset kulunvalvonta-, murto-, sekä paloilmoitinjärjestelmät. Näitä voidaan liittää suoraan valvonta-alakeskukseen tai yhdistää silmukkalähtöisen moduulin kautta. (4, s. 62).

2.2 Rakennusautomaatiota koskevat määräykset

Kauppa- ja teollisuusministeriö on laatinut sähköasennuksia koskevat turvallisuusvaatimukset (1193/1999), joita on noudatettava. Näiden pohjalta on kehitetty sähköalan standardisarja SFS 6000. Suomen Sähköteknillinen Standardisoimisyhdistys (SESKO ry) vastaa SFS-standardien päivittämisestä ja julkaisemisesta. (6, s.13.)

Standardeja ei ole pakollista noudattaa absoluuttisesti, eli asennus voidaan toteuttaa poikkeusmenettelyllä, jos se täyttää turvallisuusvaatimukset. Poikkeusmenettelyä varten täytyy suunnitella, jotta toteutus on toimiva ratkaisu. Poikkeusmenettelystä vastaa viimekädessä hankkeen sähkötoiden johtaja. (6, s. 13.)

Automaatioon liittyviä ammattitietolähteitä ovat ST-kortit ja käsikirjat. Näitä voidaan käyttää työkaluna, jossa ohjeistetaan, kerrotaan menetelmistä ja annetaan esimerkkejä. Materiaali on objektiivista, todenmukaista ja yleisesti hyväksyttyä. Näitä ohjeita noudattamalla päästään säädösten ja standardien mukaiseen lopputulokseen. (7.)

Alla listattuna monia automaatioon liittyviä ohjekortteja, joita Seti Oy:n RAU-ohjausryhmä suosittelee:

- ST 701.60 Talotekniikan kenttäväyläteknikka. Peruskäsitteet ja suunnittelun perusteita
- ST 709.00 Kiinteistön hallintajärjestelmien peruskäsitteet ja terminologia
- ST 710.00 Rakennusautomaatiojärjestelmän säädökset, määräykset, standardit ja ohjeet
- ST 710.02 Rakennusautomaation tietoturva
- ST 710.10 Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen
- ST 711.01 Rakennusautomaatiosuunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat
- ST 711.13 Rakennusautomaatiolaitteiden yleisiä asennus- ja valintaohjeita
- ST 711.15 Ohjelmistojen dokumentointi
- ST 711.16 Rakennusautomaatiojärjestelmän signaalitunnusten muodostaminen
- ST 715.40 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja rakennusautomaation taa-juusmuuttajakäyttöille
- ST 721.01 Talotekniikan tietojärjestelmien käyttöliittymät

- ST 730.00 Toimitustarkastuspöytäkirja
- ST 730.01 Asennus- ja kytkentätarkastuspöytäkirja
- ST 730.02 Toimintatarkastuspöytäkirja
- ST 730.03 Tarkastuspöytäkirja. Rakennusautomaatiotöiden itselleluovutustarkastus
- ST 730.04 Rakennusautomaatiojärjestelmän kaapeloinnin tarkastus- ja mittauspöytäkirja
- ST 730.05 Rakennusautomaatiojärjestelmän tietoturvan tarkastuspöytäkirja
- ST 736.00 Rakennusautomaatiototeutuksen projektinhallinta
- ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät
- ST-käsikirja 22 Kiinteistöjen valvomojärjestelmät sekä sen liite
- ST-käsikirja 21 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät
- ST-käsikirja 23 KNX-järjestelmän perusteet
- ST-esimerkit 09 Rakennusautomaation mallikaaviot
- ST-esimerkit 06 Huonetilakohtaisen säädön esimerkkejä. (8.)

Näistä korteista löytyy suuri määrä automaatiourakointiin ja valvontaan liittyvää tietoutta. Näiden mukaan toimiminen tukee hyvän rakentamisen tapaa.

3 Rakennusautomaatiourakan kulku

3.1 Urakkasopimus ja lähtötiedot

Rakennusautomaatiourakkaan sovelletaan normaalin käytännön mukaan YSE1998 -yleisiä sopimusehtoja ja sopimus tehdään RT-80260-sopimuslomakkeen pohjan mukaan tai sitä mukailleen, jotta kaikki oleellinen on kirjattu sopimukseen. Sopimukseen liitetään kaikki kaupalliset- ja tekniset asiakirjat. Kaupallisia asiakirjoja ovat aliurakkasopimus, tarjoukseen liittyvät asiakirjat, joita ovat mm. tarjouspyyntö ja neuvottelumuistiot, yrityksen oma urakkaohjelma, YSE 1998, maksurajataulukot ja työmaan turvallisuuteen liittyvät asiakirjat. Teknisiin asiakirjoihin kuuluvat kaikki urakkaan liittyvät suunnitelmat, työselostukset sekä yleiset laatuvaatimukset. (9, s. 1.)

Allianssi-urakkamuodossa YSE:ä ei sovelleta, vaan allianssihankkeessa on käytössä Allianssin yleiset sopimusehdot -RT-kortti. Allianssihankkeessa on

suurempi organisaatio, johon kuuluu tilaaja ja pääurakoitsija sekä muut allianssikumppaneiksi hyväksytyt konsultit ja urakoitsijat. Nämä yhdessä vastaavat hankkeen kehityksestä, suunnittelusta, toteutusvaiheesta ja jälkivastuujasta. Tavoitteena on tehdä yhteistyötä avoimesti ja hankkeen parhaaksi. Ajalliset sekä taloudelliset vastuut kannetaan yhteisvastuullisesti. (10, s. 2.) Tässä mallissa urakoitsijalle annetaan suurempi vastuu, jolloin automaatiotyönjohtaja on saman arvoinen päätoteuttajan työnjohtajin kanssa.

Tilaajan lähtötiedot määrittelevät koko projektin tavoitteet, miten ja millainen järjestelmä kokonaisuudessa tarvitaan ja sitä kautta suunnitellaan ja toteutetaan. Suunnittelunohjaajan tai automaatiosuunnittelijan tulee selvittää automaation lähtötiedot niin tarkasti, että ne ovat lopulta tarpeeksi yksiselitteiset ja riittävän laajat. Lähtötietoja pyydetään tilaajan lisäksi muilta suunnittelijoilta, joita ovat LVI-suunnittelijat, sähkösuunnittelijat, arkkitehti, rakennesuunnittelija, sprinklerisuunnittelija, kylmäsuunnittelija, palokonsultti ja muut erikoissuunnittelijat. (4, s. 143.)

Jokaisen suunnittelualan kanssa käydään yhteensovitus ja ristiintarkastelupalaveria, jotta järjestelmät saadaan suunniteltua mahdollisimman hyvin yhteensovivaksi kokonaisuudeksi. (4, s. 144.)

Lähtötietoihin kuuluu myös selvitys projektin yleisistä lähtötiedoista. Näitä ovat esimerkiksi asiakkaan eli tilaajan tiedot ja se, miten heihin ollaan yhteydessä. Lähtötietoihin kuuluu myös tehtävien sisältö, jossa on määritelty sopimuksen sisältö, urakkarajat, urakan budjetti ja lisätöiden rajaukset. Lähtötiedot sisältävät koko suunnitteluyhteisön yhteystiedot yhteydenpitoa varten sekä tiedon, miten yhteyttä pidetään ja mitkä ovat yleiset dokumentointitavat. Työnjako, aikataulu ja suunnittelun vaiheistus selostetaan lähtötiedoissa. Suunnittelun vaiheistuksessa on aikataulu sille, milloin mitäkin suunnitelmia tulee olla valmiina. mm. piirustus- ja laiteluettelot, järjestelmä- ja säätökaaviot ja sijaintipiirustukset. Tämän lisäksi vaiheistus sisältää erilaiset lähtötietopalaverit, laskentapaketit, työpiirustuspaketit ja tarkastukset sekä luovutusajan vaiheistuksen. (4, s. 144.)

3.2 Tarkastukset

Automaatiourakoitsijan laitevalintojen ja työpiirustuksien tarkastuksilla varmistetaan siitä, että suunnitellut laitteet ovat teknisesti suunnitelmien mukaisia. Yleisesti tarkastetaan IP-luokitukset, käyttöjännite, käyttölämpötila ja laitteen kiinnitystapa, millä varmistetaan, että laite toimii ulkona tai sisällä teletilassa tai muussa lämpenevässä tilassa. Arkkitehti määrittelee näkyville tulevien laitteiden koon, värin, ulkonäön ja muita mahdollisia erityisiä tietoja. Mittalaitteissa tarkastetaan laitteen aikavakio, tarkkuus, mittausalue, lähdöt sekä väylät, joissa se toimii. Venttiileissä tarkastetaan todella monia asioita, kuten venttiilin painehäviö, virtaama, paineluokka, KV-arvo ja se, minkä nesteen kanssa venttiili on yhteensopiva ja kuinka nopeasti se reagoi, kun sitä säädetään erilaisen ajotavan ja ajoajan puitteissa. Kaukolämpöventtiileissä tulee ottaa huomioon myös korkean lämpötilan takia mm. rakenne- ja sulkupaine ja rakennelämpötila. (4, s. 158.)

Ilmastointijärjestelmässä olevien sähköisten säätöpeltien peltimoottoreiden toimivuus varmistetaan ohjaustavalla, vääntömomentilla ja mahdollisella jousipalautuksella (4, s. 158.) Pelti avautuu ohjausjännitteellä, ja kun jännite häviää sähkökatkon tapahtumahetkellä, jousivoima sulkee pellin, jolloin kylmä ilma ei pääse virtaamaan takaisin virrattomaan järjestelmään. Peltimoottorien ohjausviesti on joko 24V tai 230V, ja jatkuvan säädön ohjausviesti on 0–10 V. (11.)

Taajuusmuuttajista tulee tarkastaa niiden virta ja teho sekä I/O- ja väyläliitännät. Tämän lisäksi selkokieline näyttö ja lukitusominaisuudet on hyvä varmistaa. (4, s. 158.)

Valvonta-alakeskuksista ja muista koteloista tulee varmistaa niiden koko ja läpivientien määrä ja koko, vedonpoistot, tilavaraukset, 24V- ja 230V-laitteiden sijoittelu, lukitus, valaistus, dokumenttitasku kaikkia tärkeitä dokumentteja varten sekä avainketju avainta varten, jolloin valvonta-alakeskuksen saa tarvittaessa nopeasti auki, kun avain roikkuu vieressä. Tämän lisäksi kaikkien kytkennät merkitään ja laitteet kiinnitetään DIN-kiskoon. (4, s. 158.)

Keskusvalvomolaitteesta tulee varmistaa, että sen prosessorin teho on riittävä ja että muistin sekä SSD-levyn kapasiteetti on riittävä ja näytön tarkkuus sekä tulostintyyppi ovat suunnitelmien mukaiset. (4, s. 158.)

Näiden lisäksi on vielä tarkastettava kaikki säätimet ja niiden säätöominaisuudet ja I/O- ja väyläliitännät sekä mahdollisuus sijoittaa ne seinälle ja alakattoon. Muiden tiedonsiirtolaitteiden, eli modeemien ja jakamoiden sekä ip-kytkinten ja langattomien asemien tulee olla tarpeeksi tehokkaita ja tietoa siirtäviä. (4, s. 158.)

Automaatiolaitteiden hyväksynnän lisäksi suunnittelijan on varmistuttava siitä, että kaikki LVIS-laitteet ovat yhteensopivia automaatiojärjestelmän kanssa. LVI-suunnittelijan tulee hyväksyä RAU- ja sähkösuunnittelijan laitehyväksynät. Tällä hyväksyttämisprosessilla varmistetaan ristiin tarkastelu ja se, että rajapinnat kohtaavat keskenään eikä yhteensopivuusongelmia esiinny käyttöönotossa.

Työpiirustusten tarkastus tehdään, jotta varmistutaan siitä, että urakoitsija on laatinut suunnitelmat lähtötietojen perusteella ja järjestelmä tulee olemaan ominaisuuksiltaan suunnitelmien mukainen. (4, s. 159–160.) Ominaisuuksia, joita tarkastetaan työpiirustuksista, on havainnoitu kuvassa 4.



Kuva 4. Työpiirustusten tarkastukset (4).

Työpiirustuksista tarkastetaan kaapelivetoluettelot, joissa on listaus käytettävistä automaatio- ja sähkökaapelityypeistä automaatiolaitteiden välillä. Laiteluettelot sisältävät laitteiden merkki- ja tyyppinumerot, laitetunnukset sekä niiden tekniset ja fyysiset arvot. Venttiililuetteloista ilmenevät venttiilien valinta, tyyppi ja mitoitus tiedot. (4, s. 159.)

3.3 Aikataulutus ja yhteensovitus

Urakoitsijan yhtenä tärkeänä sivuvelvollisuutena on osallistua työaikataulun laatimiseen YSE1998:n 2. §:n mukaan, vaikka urakan kaupallisissa asiakirjoissa ei olisikaan tätä mainittu. (12, s. 4). Työaikataulu hyväksytään kaikkien urakoitsijoiden kesken ja sitä noudatetaan yhdessä. Muutokset aikatauluun hyväksytään yhteisesti. Urakoitsijan tulee myös osallistua töiden yhteensovitukseen ja työsuunnitelman laatimiseen YSE1998:n 5. §:n mukaan. (12, s. 5).

Rakennusautomaatiourakoita voidaan toteuttaa useammalla eri tavalla. Ensimmäinen toteutustapa on hankkia urakoitsija ajoissa hankkeen kehitysvaiheen aikana, jolloin rakennusautomaatiourakoitsija osallistuu toteutussuunnitteluun kommentoimalla kehitysvaiheen suunnitelmia ja ehdottamalla mahdollisia muutoksia, miten toteutuksen voisi tehdä järkevämmän ajallisesti, rahallisesti, ohjelmallisesti tai fyysisesti.

Toinen tapa on hankkia rakennusautomaatiourakoitsija vasta myöhemmin, jolloin suunnitelmat ovat jo toteutuskelpoiset, mutta niihin voi tulla useita eri revisioita, kun automaatiourakoitsija pääsee kommentoimaan suunnitelmapiirustuksia myöhäisessä vaiheessa. (13, s. 7.)

Urakoitsijan valinnan jälkeen toteutuksen käyttöön tulevat työpiirustukset ovat toteutuskelpoisia vasta, kun kaikki urakkalaskenta-aineiston suunnitelmat, luettelot, selitykset ja kaaviot on täydennetty hankinnan mukaisilla laite- ja järjestelmävalintatiedoilla. Tähän vaiheeseen tarvitaan paljon aikaa selvitystyölle ja yhteistyötä suunnittelijoiden ja muiden yhteistyötahojen kanssa. Käyttäjätietojen mukaisesti täydennetään tilasuunnittelun RAU-sijaintipiirustukset ja huonesäätiimet yhteensovitetään kalustusvaihtoehtojen kanssa. Muutoksia ja tarkennuksia

voi tulla esimerkiksi väyliin, valvonta-alakeskuksiin tai sähkönsyöttöihin. (4, s. 159–160).

Suunnitelmat vaativat monesti tarkennuksia. Urakoitsijan on hyvä päästä tekemään ajoissa tarkastuksia ja katsoa, että heiltä löytyy edellytykset mm. säätö- ja viritystöille ja on mahdollista saavuttaa yleisaikataulun ja käyttöönottoaikataulun mukainen toimintakoevalmius. Useimmiten liian pieneksi mitoitettut toimilaitteet viivästyttävät toimintakokeiden alkamista ja käyttöönottovaihetta kokonaisuudessaan, mikä taas tuo projekteille taloudellisia ja aikataulullisia haasteita rakennuksen luovutuksen kannalta. (13, s. 6.)

3.4 Valvonta ja projektinhoito

YM4/601/2015 -ympäristöministeriön ohje ohjeistaa työnjohtajien vaativuusluokista ja kelpoisuudesta suorittaa työtehtävää. Tällä varmistetaan sitä, että työnjohtajilla on tarvittava osaaminen ja he ovat soveliaita työtehtävään. Rakennusautomaatiotyöt eivät kuitenkaan sisälly erityisalan työnjohtajien työnjohtotehtävän vaativuusluokkiin, joihin tarvitaan yleisesti kunnan tai kaupungin rakennusvalvonnan hyväksyntä. Näitä erityisaloja ovat esimerkiksi KVV-vastaava ja IV-vastaavatyönjohtaja. (14.) Rakennusautomaatiourakkaa ei vielä osata nähdä yhtä vaativana työnsuorituksena kuin LVI-puolen aselajeja, joten hyväksyntää viranomaisilta ei vaadita. Pätevyyksistä automaatiourakan suorittamiseksi ei ole erikseen määrätty laissa.

Seti Oy myöntää rakennusautomaatio urakointipätevyyksiä. Seti Oy on puolueeton Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin nimeämä sähköturvallisuuslain mukainen pätevyysarviointilaitos. (15). Automaatiourakointipätevyyksiä ovat henkilöpätevyudet ja urakoitsija hyväksynnät. Hyväksyntöjen määrittelemisessä on ollut mukana automaatioalan monet järjestöt. Hyväksyntöjä varten tarvitaan kokemusta ja teknistä osaamista. Pätevyudet ovat kuitenkin vapaaehtoisia. (16.)

Rakennuksen automaatioteknisiin järjestelmiin vaaditaan ympäristöministeriön asetuksessa eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksissa 718/2020, että uusissa tai saneerattavissa rakennuksissa tulee ottaa huomioon nämä määräykset, ja rakennuksen teknisten järjestelmien, rakennusautomaation ja ohjausjärjestelmien tulee olla sellaisia, että niitä pystytään ohjaamaan energiatehokkaasti. (17.)

Järjestelmän tulee olla kokonaisenergiatehokas ja asianmukaisesti asennettu, mitoitettu ja käyttöön otettu. Automaatiojärjestelmää pitää pystyä tarkastelemaan ja säätämään niin, että energiaa kulutetaan optimoidusti kaikkien teknisten järjestelmien kanssa. Järjestelmän päätarkoitus on terveellinen ja turvallinen sisäilma-energiatehokkaasti tuotettuna. Suunnittelijan tulee ottaa huomioon rakennuksessa tuotettu energia ja sen uudelleen hyödyntäminen. Suunnitelmien mukaisuus dokumentoidaan tarkastusasiakirjaan rakennusvaiheen vastuuhenkilön toimesta. Tämän henkilön tulee myös toteennäyttää oikeanlainen käyttöönotto ja selvitys laitteiden suunnitelmanmukaisuudesta ja mittauslaitteiden ja ohjaus- ja säätöpiirien toiminasta. (17.)

Rakennusten energia-tehokkuus-direktiivin uudistus tuli voimaan EU-parlamentin päätöksellä toukokuussa 2024. Sen tavoitteena on energiankulutuksen ja kasvihuonepäästöjen vähentäminen 2030 vuoden loppuun mennessä. Pidemmän aikavälin tavoite on siirtää rakennuskantaa kohti Euroopan Unionin ilmastoneutraaliutta, johon tähdätään vuonna 2050. Muutoksia on tulossa korjaus- ja uudisrakentamiseen, ja lainsäädäntöä tulee muokata direktiivin perusteella. Päätöksenteosta on annettu kahden vuoden siirtymäaika. Muutoksia tulee mm. Päästöihin. Uusien rakennuksien tulee olla vielä energiatehokkaampia kuin nykyiset nollaenergiarakennukset, jolloin niiden tulee olla täysin päästöttömiä. (18.)

Talotekniikkatöiden työmaavalvonta voidaan jakaa neljään osioon. Niitä ovat yleisvalvonta, ajallinen valvonta, taloudellinen valvonta ja teknisen toteutuksen valvonta. Näihin sisältyy myös dokumentoinnin sekä käytönopastusten valvonta. Valvojan tulee olla pätevä tehtäväänsä, jolloin hänellä tulee olla riittävä

koulutus ja kokemus rakennusteknisistä töistä, viranomais määräyksistä ja rakennuslaista sekä muista säädöksistä, ja hänen tulee tuntea yleiset sopimusehdot Talotekniikkatöiden työmaavalvonnan RT-kortin mukaan. (19, s. 2.)

4 TEKNISEN TOTEUTUKSEN VALVONTA

Laadunvalvonnan tarkoituksena on omalta osaltaan varmistaa urakkasopimuksen, suunnitelmien ja hyvän rakentamistavan mukainen rakentaminen.

- 4.1 Valvotaan, että työsuoritukset, työmenetelmät ja työolosuhteet ovat sellaiset, että työn tulos vastaa teknisesti ja laadullisesti hyvää rakennustapaa ja urakkasopimusta.
- 4.2 Valvotaan, että tavarantoimittajien ja valmistajien antamia asennus- ja työohjeita sekä erityisohjeita noudatetaan.
- 4.3 Valvotaan, että urakoitsijoille kuuluva laadunvalvonta ja muu omavalvonta toteutuu.
- 4.4 Valvotaan, että urakoitsija teettää kokeita ja ottaa näytteitä tärkeitä rakenteista ja rakennusvaiheista ennakoita laatimansa suunnitelman mukaisesti.
- 4.5 Varmistetaan ja valvotaan, että erikoistyöt ja suurta ammattitaitoa vaativat työsuoritukset on huolella valmisteltu, tarvittavat ennakokokeet on suoritettu ja asiantuntijoiden lausunnot saatu.
- 4.6 Seurataan urakoitsijoiden työjohtajien työsuoritusta.
- 4.7 Varmistetaan, että räjäytystöissä ja muissa riskialttiissa töissä työlle on nimetty vaarallisten töiden johtaja/vastuuhenkilö, ja että työsuorittajilla on vaaditut pätevyyydet.
- 4.8 Selvitetään ehdotettujen alihankkijoiden tekninen osaaminen ja alihankkijoiden hyväksyminen osaltaan.
- 4.9 Varmistetaan, että mallikatselmusaikataulu on laadittu. Tarkastetaan sovitut työmallit ja malliasennukset.
- 4.10 Tehdään asennustapataarkastukset.
- 4.11 Valvotaan työmaakäyntien yhteydessä sillä hetkellä työmaalla käynnissä olevia töitä (pistokoevalvonta). Mikäli valvonnan tehtävän laajuus halutaan toteuttaa laajemmin, tulee siitä sopia erikseen.
- 4.12 Valvotaan, että rakennustuotteiden kelpoisuustaulukkoa ylläpidetään.
- 4.13 Valvotaan, että käytettävät rakennustuotteet varastoidaan ja suojataan asianmukaisesti.
- 4.14 Huolehditaan, että on sovittu hyväksyttämismenettely urakoitsijan esittämille vaihtoehtoisille laitteille, materiaaleille ja varusteille.
- 4.15 Valvotaan, että käytettävät rakennustuotteet ovat suunnitelman mukaisia. Tarkastus tehdään mahdollisuuksien mukaan ennen niiden asentamista.

Kuva 5. Teknisen toteutuksen valvonta -listaus (19).

RT-kortissa 103172, Talotekniikkatöiden työmaavalvonnan tehtäväluettelossa, on läpikäyty kohta kohdalta tarkasti, miten talotekniikkaurakoitsijoita ja urakkaa tulee valvoa. Valvontaa suorittavat pääurakoitsijan edustajat, tilaajan edustajat ja rakennusvalvonta. (19.)

Teknisen toteutuksen valvonta pitää sisällään kaikki itse työskentelyyn liittyvät toimet, kuten työsuoritukset, erilaiset menetelmät ja työolosuhteiden eli työturvallisuuden valvonnan. Työ tulee suorittaa hyvää rakennustapaa noudattaen, ja laadun pitää vastata sopimukseen kirjattuja yksityiskohtia. (19.)

Luettelossa korostetaan valvonnan merkitystä ja varmistamista ja sitä, että urakoitsija täyttää kaikki mainitut kohdat. Materiaalihyväksynät, asennusten vastaavuus suunnitelmiin, erilaiset kokeet ja testaukset ja asennustapatarkastukset varmistavat kaikille rakennushankkeeseen ryhtyville, tilaajille, käyttäjille sekä valvojille, että rakennus on terveellinen, turvallinen, ja se voidaan ottaa käyttöön rakennusvalvonnan hyväksynnällä. Tämä edellyttää suurta ja huolellista dokumentointia rakennusprojektin vaiheista alusta loppuun saakka. (19, ohjekortti 5.)

3.5 Toimintakokeet ja käyttöönotto

Tarkastukset ja mittaukset ovat osa toimintakokeita ja käyttöönottoa. Taloteknisiä järjestelmiä tarvitsee mitata ja tarkastaa Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen (YSE1998) mukaan, jotta ne täyttävät urakkasopimuksessa määritellyt kriteerit ja ovat turvallisia käyttää, minkä perusteella rakennusviranomainen antaa rakennuksen käyttöönottoluvan. YSE:n 10. §:n mukaan urakoitsijan tulee laatia suunnitelma, kuinka hän varmistaa työsuorituksensa laadun. YSE:n 71. §:n mukaan vastaanottotarkastuksessa tarkastellaan, onko urakka saatu valmiiksi ja onko se sopimusasiakirjojen mukainen sisältäen vähäisiä viimeistelytyöitä vai onko työsuoritteet puutteelliset sisältäen esteitä tai haittaa rakennuksen käyttöönotolle tai käyttäjille. (12, s. 2.)

Urakoitsijan tulee toteuttaa oma laadunvarmistussuunnitelma, johon on kirjattu, miten laatu tullaan varmistamaan projektin eri työvaiheissa ja minkälaisia riskejä hankkeessa on. Riskejä voivat ovat esimerkiksi ajalliset, taloudelliset ja resurssilliset riskit. Riskien tunnistaminen ja niiden etukäteen pohtiminen ja mahdolliset toimintatavat riskien sattuessa ovat osa riskienhallintaa. (12, s. 6.)

Laatusuunnitelman mukaisesti urakoitsijan toimintaa dokumentoidaan ja tuloksia tallennetaan erilaisiin katselmus- ja tarkastusasiakirjoihin. Nämä asiakirjat siirretään projektipankkiin, josta löytyy laatumatriisi, joka on osa laadunvarmistusta. Mittaus-, tarkastuskatselmuksiin osallistuu yleensä tilaajan määrittelemä

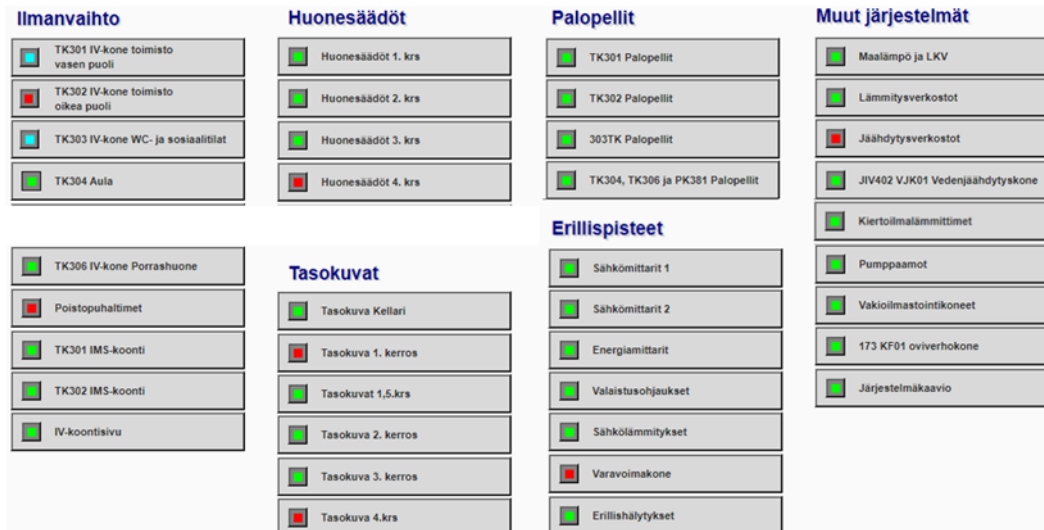
rakennushankkeen valvoja, joka hyväksyy tarkastusasiakirjat. (12, s. 6.) Luovutusaineistoa syntyy koko projektin ajan. Kuvassa 6 on mukailtu taulukko ST71104-kortin automaatiourakan laadunvarmistuksen prosessikaaviosta. Se kuvaa tarkastuksia ja dokumentointia, joita urakan aikana tehdään.



Kuva 6. Mukailtu ST71104- kortin automaatiourakan laadunvarmistuksen prosessikaaviosta (13, s. 17).

Urakoitsijan ensimmäisen asennusten jälkeen tehdään asennustapatarkastuksia eli mallikatselmuksia, jotka dokumentoidaan, ja suunnittelijat, valvojat ja tilaajan edustajat hyväksyvät ne oikeanlaiseksi asennustavaksi allekirjoituksin. Tämän jälkeen urakoitsijan tekee muut asennukset malliasennuksen mukaisesti. Urakoitsijan tulee itse tehdä järjestelmäkohtaisia toimintatarkastuksia ja teknisten järjestelmien käyttöönottoa, sekä laitteiden käyttöönottoa laitetoimittajien avustuksella. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset rasvanerotus- tai polttoaineenerotuskaivojen hälytin järjestelmät, jotka on kytketty kaivoon. Rakennuttajalla voi olla omia suunnitelmia ja tarve järjestää toimintakokeita. LVIAS-järjestelmille toteutetaan aina hankkeiden loppuvaiheessa yhteiskoekäyttö ja Black out -testit, joissa testataan järjestelmien toimivuus esimerkiksi sähkökatkon aikana ja sen jälkeen. (4, s. 160.)

Pistetestauksissa RAU-urakoitsija lataa VAK:n pisteluettelon ja grafiikat ja testaa lopullisella sähköllä, että laite on merkitty työmaalla vastaavasti, on oikealla sijainnilla ja toimii kuten sen kuuluukin, esim. säätöpelti. (20.)



Kuva 7. RAU-järjestelmän koontisivu valvomosta (20).

Koontisivustolla on näkymä kaikista automaatioon liitetyistä järjestelmistä, ja punaisella värillä varustetuissa järjestelmissä on hälytyksiä.

Kiinteistönvalvonta voidaan myös ulkoistaa, jolloin automaatiojärjestelmä siirtää jatkohälytykset niihin erikoistuneelle yritykselle, joka valvoo etäyhteyden kautta kriittisiä hälytyksiä. Tilaaja määrittelee raportoinnin eli jatkohälytyksien siirrot oman valvomojärjestelmänsä ulkopuolelle ja niiden prioriteettiluokittelun. Kriittisiä hälytyksiä voidaan lähettää tekstiviestillä tai sähköpostilla. Kulutustiedot siirtyvät lämmitysenergian tai vedenkäytön raporttina tuottajalle, joka laskuttaa niiden käytöstä. Hälytysten loki ja kuittaus löytyvät automaatiovalvomosta. (21.)

LVV-verkostot viritetään sen jälkeen, kun vesivirrat on otettu käyttöön ja säädetty järjestelmittain. Energiayhtiö tekee käyttöönotto tarkastukset kaukolämpö ja kaukokylmä järjestelmille ja urakoitsija, tai toimittaja tekee käyttöönoton lämpöpumpuille ja vedenjäähdytyskoneille. Virityksien jälkeen suoritetaan yhteiset toimintakokeet ja yhteiskoekäytöt. (20.)

Käyttöönottoinsinööri valvoo urakoitsijoiden välisten testauksien sujumista luovutusaikataulun mukaan. Vastuurajojen selkiyttämiseksi on hyvä luoda periaatesuunnitelma testauksien kulusta ja käyttöönottoprotokollasta. Kuvassa 8 on käyttöönottoinsinöörin laatima suunnitelma urakoitsijoiden välisistä testauksista, joka on jaettu koko talotekniikkaurakoitsijoiden työryhmälle työvaiheiden kulusta ja osa-alueiden vastuunjaosta. (22.)

Testaus- ja käyttöönottoprotokollan periaatteita

- 1.Toimintatarkastus = suoritetaan RAU- vetoisesti pistetestaukset ja koekäytöt laitteille kuten puhaltimet, pumput, venttiilit, jne. tarvittaessa jo työmaasähköllä. Tästä dokumentoidaan itselleluovutus. Tämän vaiheen RAU tekee itsenäisesti tai yhdessä tate-urakoitsijoiden kanssa.
 - 2.Nestetäytöt/kiertopumput (LJH) käyntiin/perusvirtaamien säätö, jonka jälkeen lämpöä oltava saatavilla iv-konehuoneisiin vuodenaajan tarpeen mukaan, PU.
 - 3.Toimintakoe vaihe 1 = koneen toimintojen läpikäynti suunnitelmien (säätökaavion) mukaisesti iv-konehuoneessa iv-koneen ovet avoimina, ilmaa ei saa pumpata palvelualueille/alueilta. Tämä vaihe edellyttää mm. lopullista sähkönsyöttöä iv-koneille ja iv-konehuoneisiin. Toimintakoevaiheen 1 tarkastukset tehdään lohkoittain yhdessä, SRV- vetoisesti ja SRV- dokumentoituna. Tämän vaiheen jälkeen kone/laitteisto jää käyttö/käyntivalmiudessa odottamaan seuraavaa vaihetta (4 tai 5). SRV, RAU.
 - 4.Kentälaitteiden pistetestaus ja sähköistys toimintavalmiiksi RAU- vetoisesti.
 - 5.Ilmavirtaamien mittausta ja säätö (1.säätökierros osin puutteellisin päätelaittein ja tilajärjestelyin), IU. Tarkentava säätökierros joudutaan tekemään yhteiskoeikäyttöjakson aikana, IU.
 - 6.Toimintakoe vaihe 2 = koneen toimintojen lisäksi tässä on mukana myös huonelaitteet ja ilmaa virtaa normaalisti palvelualueilla. Tämä tarkastus tehdään valvomosta yhdessä ja mahdollisesti RAU-suunnittelijavetoisesti. Tarkoituksena on selvittää millaiset olosuhteet kone/laitte saa aikaiseksi. Vaiheen 1 asioita ei pääsääntöisesti tässä yhteydessä käydä läpi uudelleen. Osa toiminnoista (esimerkiksi jäähdytys) joudutaan toteamaan vielä yhteiskoeikäyttöjakson aikana.
 - 7.SPOK / Savunpoistojärjestelmän testauksen yhteydessä todetaan mm. iv-pysäytysten toimivuus ja suoritetaan savunpoiston ilmamäärien mittaukset. SRV, RAU, tate-urakoitsijat.
 - 8.Blackout -testeissä todetaan laitteistojen liittäminen oikeaan sähköverkkoon (normaali/varavoima/UPS/suojaerotettu) sekä laitteistojen toipuminen sähkökatkosta tilanteista sekä tarpeettomien hälytysten poissuodatuksen toimivuus
 - 9.Yhteiskoeikäyttöjakso. Kaikkia rakennuksen LVIAS- teknisiä laitteita ja järjestelmiä käytetään ja tarkastellaan millaiset olosuhteet ne saavat aikaiseksi.
- Kaikkiin edellä mainittuihin testauksiin/tarkastuksiin/tilaisuuksiin kutsutaan aina mukaan myös rakennuttajan määrittelemät edustajat.

Kuva 8. Käyttöönottotestauksien vastuujako esimerkki hankkeella (22).

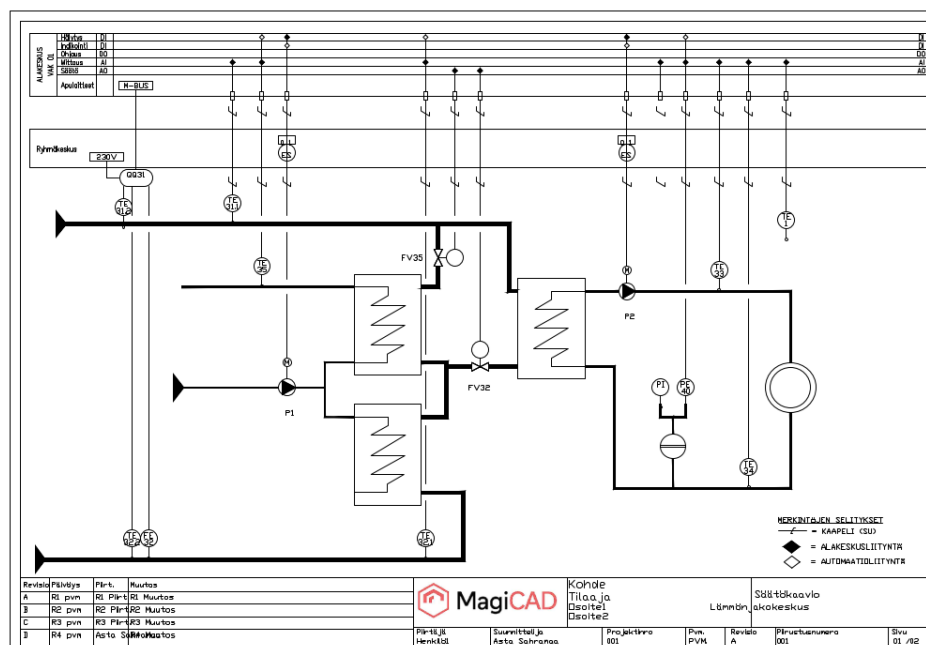
Tällainen listaus selkeyttää kaikille testauksiin osanottajille heidän omat vastuualueensa, ja missä järjestyksessä testaukset suoritetaan. Etukäteen jaettuna jokainen osallistuja ymmärtää vastuunsa ja velvollisuutensa myös koekäyttäjien edeltävien työvaiheiden osalta.

Automaatiourakoitsijan ohjelmoidut grafiikat iv-koneen, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän sekä huonesäätöjen jne. osalta tarkastetaan niiden valmistuttua. Grafiikat voidaan tehdä hyvissä ajoin tarkasteltavaksi, eikä grafiikoiden tarkastelu edellytä, että työmaalla olisi vielä kaikki asennukset valmiina.

Grafiikoiden teon edellytyksenä on, että RAU-toimintakaaviot ja selostukset ovat valmiit, jonka myötä ohjelmointi on mahdollista suorittaa selostuksen mukaan. Grafiikkakatselmuksessa valvojat, käyttöönottoinsinööri ja TATE-asiantuntijat tarkastavat ja kommentoivat tehtyä näkymää ja sen toiminnallisuutta. (20.)

3.6 Loppudokumentointi

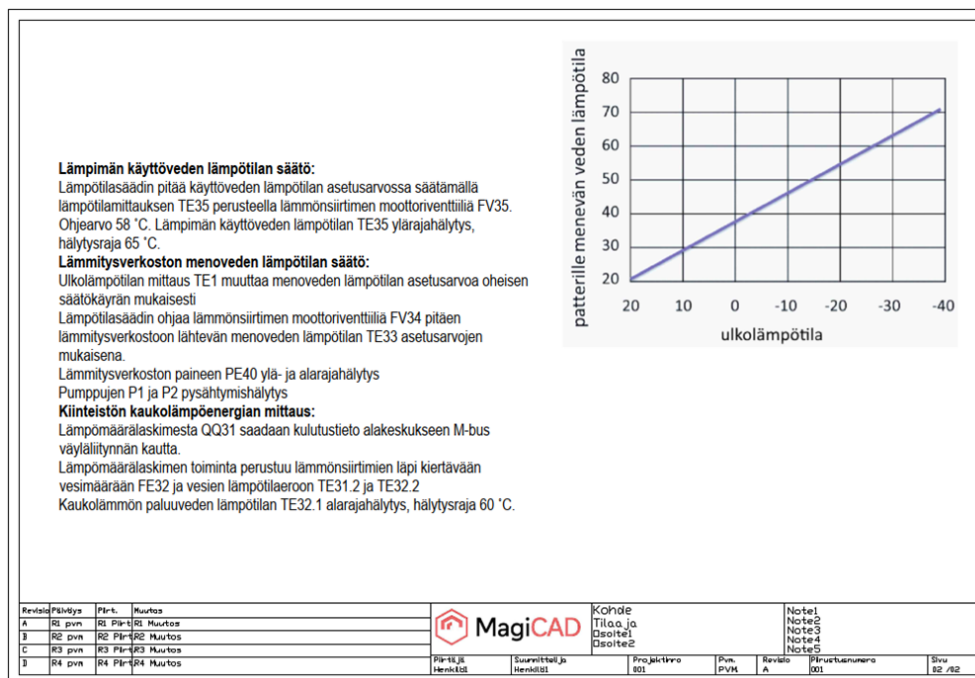
Rakennusautomaatiojärjestelmästä dokumentoidaan järjestelmäkaavio. Kaaviossa on esitetty visuaalisesti, miten järjestelmä konkreettisesti toimii. Sen lisäksi tilakohtaisten säätöjärjestelmien periaatteelliset säätökaaviot ja IV-koneiden kaaviot dokumentoidaan. (2, s. 214.) Kuvassa 9 on lämmönjakojärjestelmän säätökaavio ja kuvassa 10 lämmönjakojärjestelmän toimintaselostus.



Kuva 9. Lämmönjakokeskuksen säätökaavio.

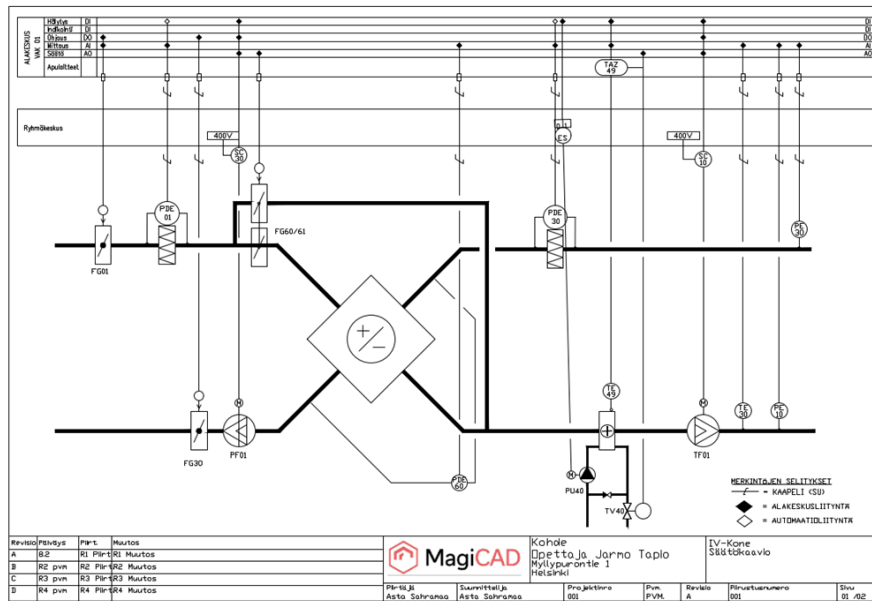
Kaaviossa olevat kentät ovat alhaalta ylöspäin prosessikaavio-, sähkökeskus- ja alakeskuskenttä. Prosessikaaviokenttä kertoo kuvallisesti, miten järjestelmä toimii ja mitä laitteita ja antureita siihen kuuluu. Sähkökeskuskenttä kertoo, mitä sähkölaitteita järjestelmässä on ja mihin kohti ne on kytketty. Alakeskuskentän mustat ja valkoiset salmiakkiruudut kertovat, mitkä lämmitys- sekä jäähdytysjärjestelmän automaatiopisteet ovat analogisia ja mitkä digitaalisia. (4, s. 214.)

Lämmönjakojärjestelmän toimintaselostuksessa selostetaan sanallisesti järjestelmän toimintaperiaatteet. Siihen sisältyy lämpötilanmitoituksen säätökäyrä, jonka mukaan ulkolämpötilan vaihtuvuuden perusteella ohjataan lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa. Näiden suunnitelmien mukaan tarkastetaan se, onko urakoitsija asentanut ja koodannut järjestelmät suunnitelmien mukaisiksi. (4, s. 214.)



Kuva 10. Lämmönjakokeskuksen toimintaselostus.

Kuvassa 11 nähdään esimerkki IV-koneen säätökaaviosta. Säätökaaviot sekä mahdolliset hybridijärjestelmäkaaviot tulee tallettaa projektipankkiin ja tilaajalle luovutettaviin aineistoihin. (4, s. 214.)

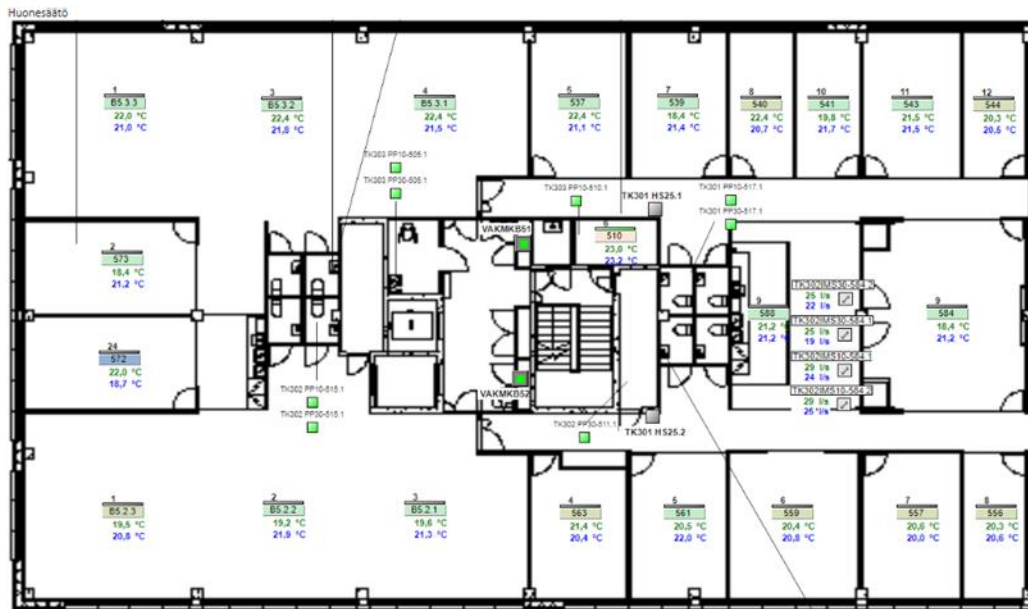


Kuva 11. IV-säätökaavio.

Suunnittelija päivittää piirustukset urakoitsijan punakynien eli tarkekuvien mukaan, jolloin niistä tulee lopulliset luovutuspiirustukset, jotka tallennetaan projektipankkiin. Tarkepiirustusten toimitus suunnittelijoille kuuluu urakoitsijan tehtäviin. Jokaiseen piirustukseen tulee merkitä suunnitelmista muuttuneet järjestelmän kohdat tai merkitään ”ei muutoksia”, jos minkäänlaisia poikkeamia ei ole tehty suunnitelmiin. (4, s. 162.)

Huoltokirja on nykypäivänä sähköinen tietojärjestelmä, jonne kerätään aineistoksi kaikki kiinteistön huoltohenkilöstölle tärkeät ja informatiiviset dokumentit, PDF-tiedostot, DWG-kuvat ja tietomallit. Laitteiden sijaintipiirustukset, huolto-ohjeet, sekä rakennusautomaatiojärjestelmäkuvaus liitetään myös huoltokirjaan. Järjestelmäkuvaus kertoo tarkemmin mitenkin LVI-järjestelmät toimivat automaation avulla käyttöhenkilöstön työn helpottamiseksi. (4, s. 162.)

Sijaintipiirustus kertoo tarkat laitteiden sijainnit tasokuvaan merkattuna. Tämä helpottaa kiinteistöhuoltoa esim. paikantamaan tilan, josta valvomoon tullut hälytys on peräisin. Kuvassa 12 nähdään yhdessä kerroksessa huoneisiin sijoitetut lämpötila-anturit helposti yhdellä vilkaisulla.



Kuva 12. Automaatiolaitteiden sijaintipiirustus (20).

Käytönopastukset kuuluvat tärkeänä osana urakoitsijan tehtäväliselle. Urakoitsija järjestää tarpeeksi laajat käytönopastukset, jotta tulevat järjestelmien käyttäjät sisäistävät ja oppivat käyttämään järjestelmiä. Käytönopastuksia on hyvä pitää useampana päivänä ja jaotella opastukset esimerkiksi rakennuksen fyysisen automatiojärjestelmien opastukseen ja toisena päivänä järjestelmäkuvauksen läpikäyntiin ja etävalvomon käytönopastukseen. Käyttäjät allekirjoittavat käyneensä sopimusasiakirjoissa määritellyn käytönopastuksen ja vakuuttavat sisäistäneensä järjestelmien toimintaperiaatteet ja huoltotarpeet. (4, s. 161.)

Rakennuttaja järjestää vastaanottotarkastuksen, johon kutsutaan tilaajan edustaja, valvojat, suunnittelijat, erityisalojen vastaavat työnjohtajat ja rakennusviranomainen. Rakennusviranomainen käy läpi kaikki käyttöönottoon tarvittavat dokumentit ja myöntää niiden perusteella käyttöönottoluvan joko osittain pienillä

puutteilla, jotka tulee korjata määräaikaan mennessä, tai antaa kokonaan käyttöönottoluvan. Tämän jälkeen rakennus on mahdollista luovuttaa tilaajalle ja käyttäjille. (4, s. 161.)

3.7 Takuu aika

Urakoitsijan vastuina ja velvoitteina ovat takuuajan huolto- ja kunnossapito toimenpiteet ja vuositakuutarkastukset, jotka on kirjattu urakkasopimukseen. Tavallinen takuu aika on YSE:n 29. §:n mukaan kaksi vuotta. Erikoisemmissa hankkeissa tilaajalla saattaa olla tarve pidemmälle takuuajalle, esimerkiksi sairaalakohteissa. Takuu aika alkaa vastaanottopäivänä tai käyttöönottopäivänä.

Takuuajan vuositarkastukset tehdään sovituin väliajoin ja ne dokumentoidaan kunnossapitohenkilöstön allekirjoituksin. Vikojen, jotka tulevat esiin takuun aikana, oletetaan kuuluvan takuun piiriin, paitsi jos urakoitsija pystyy toteennäyttämään vian johtuvan jostain muusta syystä. Muita syitä voivat olla normaali kuluminen, väärinkäyttö tai tilaajan vastuulla olevien huoltotoimenpiteiden laiminlyönti. Myös kaikki lisä- ja muutostyöt kuuluvat takuun piiriin.

Jos vika on suuri tai aiheuttaa välillistä haittaa, se tulee korjata välittömästi, tai tilaajalla on oikeus ottaa toinen urakoitsija korjaamaan vika ja vaatia korjauskustannukset alkuperäiseltä urakoitsijalta. Tästä tulee ilmoittaa urakoitsijalle kirjallisesti. Vähäisesti haittaa aiheuttavat virheet voidaan hyvittää arvovähennyksenä. Varsinaisen takuuajan jälkeen urakoitsija on kokonaisvastuullinen ilmenevistä vioista 10 vuotta rakennuksen vastaanottopäivästä laskien (12).

4 Tutkimus ja tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelminä opinnäytetyössä ovat olleet kirjallisuusselvitys sekä kaksi erilaista haastattelututkimusta. Kirjallisten lähteiden kautta opittua tietoa käytettiin apuna kyselytutkimuksen kysymyksiä laadittaessa. Aluksi kartoitettiin lähtötilannetta ja ongelmien kokonaiskuvaa kvantitatiivisen kyselytutkimuksen avulla. Kyselytutkimuksen vastauksista ei saatu kaikkiin aihealueisiin tarpeeksi tietoa, minkä takia näitä aihealueita käytiin läpi teemahaastattelussa, joka on kvalitatiivinen haastattelututkimuksen muoto. Teemahaastattelussa keskusteltiin ennalta sovitusta teemoista asiantuntijan kanssa, ja haastattelu antoi ratkaisuja ja vastauksia kyselytutkimuksessa ilmenneisiin ongelmiin. Teemahaastattelun lisäksi pyysin sähköpostitse vastauksia tarkentaviin kysymyksiin muilta asiantuntijoilta, joita olivat automaatiosuunnittelijat, suunnittelunohjaus sekä aikatauluinsinööri.

Tutkimusongelmana on rakennusautomaatiourakoiden valvontamenetelmien moninaisen kirjon läpikäyminen, työtapojen yhtenäistäminen ja valvotaohjeen teko.

Tutkimuksen kohderyhmäksi on rajattu SRV:n talotekniikkaosaston TATE-projektipäälliköt, käyttöönotto-osaston henkilöstö sekä satunnaisotanta LVI- ja sähköasiantuntijoita. Kysely lähetettiin 32 henkilölle ja vastauksia saatiin 18 kpl. Kyselyyn vastaamiseen oli annettu aikaa muutama kuukausi, mutta kysely ajoittui kesälomakauteen, minkä seurauksena vastausprosentti jäi hieman oletettua pienemmäksi. Määrällisten kysymysten lisäksi jokaiseen kysymykseen oli mahdollista vastata laadullisesti, mikä näkyi vastauksien kokonaislaajuudessa, sillä ne sisälsivät runsaasti esimerkkejä ja vinkkejä huomioonotettavista toimintatavoista ja automaatiourakoiden riskikohdista.

Kartoitettavina teemoina ovat olleet rakennusautomaatio urakoiden hankinta, sopimukset ja urakan kulkuun liittyvät kysymykset. Niiden lisäksi apukysymyksissä kysyttiin tarkentavana kysymyksenä vastaajan titteliä ja työssäolovuosia viiden vuoden tarkkuudella.

Kysymykset esiteltiin kommentteja varten opinnäytetyön ohjaajille ja yhdelle talotekniikan projektipäällikölle, minkä perusteella kysymykset hiottiin selvemmiiksi ja helpommin ymmärrettäviksi, jolloin todennäköisyys kysymyksen väärinymmärtämiseen pieneni.

Kaikkiin kysymyksiin oli mahdollista vastata avoimeen kysymyslaatikkoon, eikä pelkästään kyllä/ei vastauksin. Tämän perusteella vastaukset ovat informatiivisempia ja antavat enemmän tietoa haastatteluun osallistuvilta. Kysymysten perässä oli myös erikseen ”vapaa sana” -lokero, johon pystyi kertomaan niitä asioita mitä, tutkimuksessa ei osattu kysyä.

Luotettavuuden saavuttamiseksi tutkittavien valikointi tutkimukseen on tehty satunnaisotannalla, jolloin voidaan todeta, että satunnaisotanta kattaa koko yrityksen talotekniikkaosaston henkilöstön. Tutkimus on ollut osallistava toimintatutkimus, jossa kyselyyn vastaajat ovat olleet avainasemassa. Osallistujat, jotka osallistuivat kyselyyn, olivat motivoituneita auttamaan kehitystyössä, ja suurin osa vastauksista oli huolellisesti mietittyjä ja hyvin kattavia.

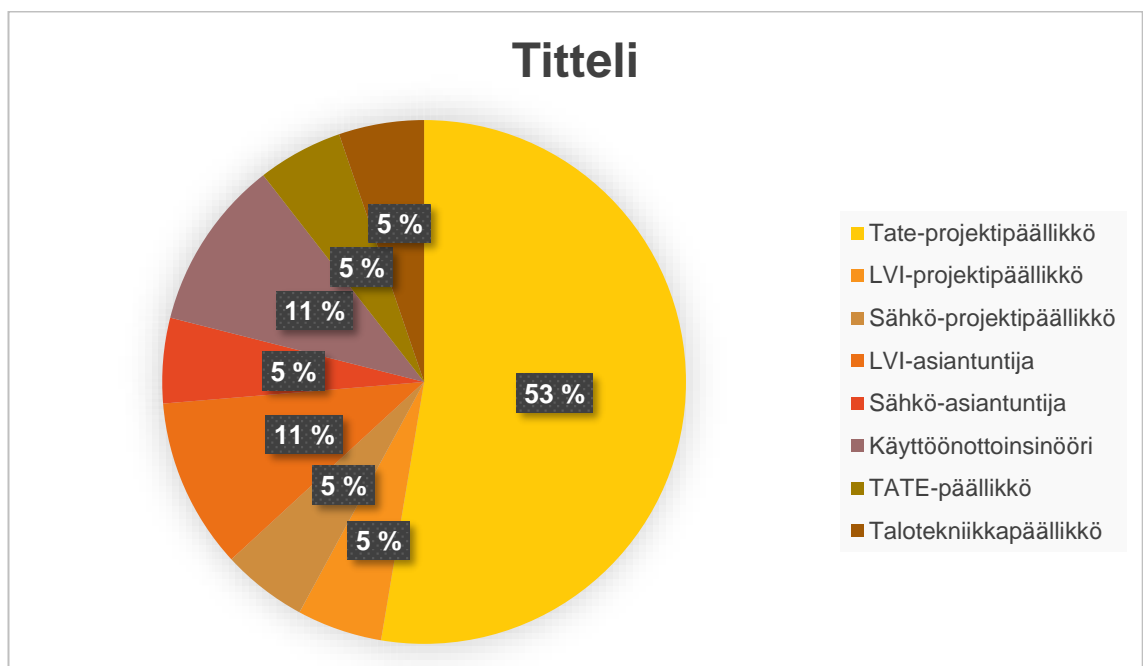
5 Kartoittavan kyselytutkimuksen tulokset

Kyselytutkimuksen tarkoitus on saada kerättyä ajantasaista tietoa siitä, millä tavoin rakennusautomaatiourakoiden hankintaan, sopimukseen ja valvontaan kyselyn vastaajat ovat osallistuneet ja millä tavoin ja miten he ovat kokeneet rakennusautomaatiourakoiden sujumisen sekä millaisia hyviä omia käytäntöjä heillä on jakaa kaikkien yrityksen talotekniikka henkilöstön käyttöön.

Tässä osiossa läpikäydään kyselytutkimuksen tulokset kysymys kerrallaan, minkä jälkeen tutkimustulokset analysoidaan ja kiteytetään kootusti yhteenvedossa.

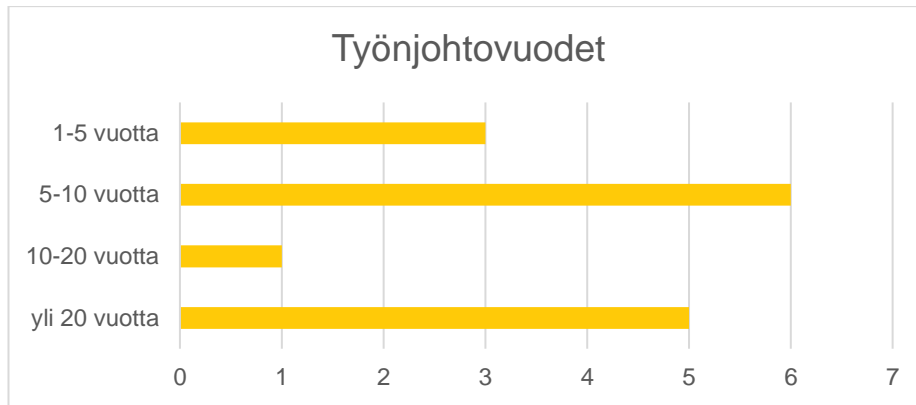
Lähes 60 % kyselyyn vastanneista oli TATE-projektipäällikkö-nimikkeellä työskenteleviä. LVI-asiantuntijoita ja käyttöönottoinsinöörejä oli 11 % vastaajista (kuva 13).

Muuten osallistujien jakauma oli tasainen muiden nimikkeiden osalta. Tutkimukseen osallistui jokaisen tittelin omaavia henkilöitä, joten otanta kattaa hyvin talotekniikkaosaston asiantuntijuuden.



Kuva 13. Haastattelukyselyyn osallistuneiden titteli.

Reilut 33 % oli työskennellyt 6–10 vuotta ja noin 28 % oli työskennellyt yli 20 vuotta vastaavissa töissä. Osalla oli vähemmän kokemusta ja osa sijoittui näiden 10–20 työvuoden väliin (kuva 14).



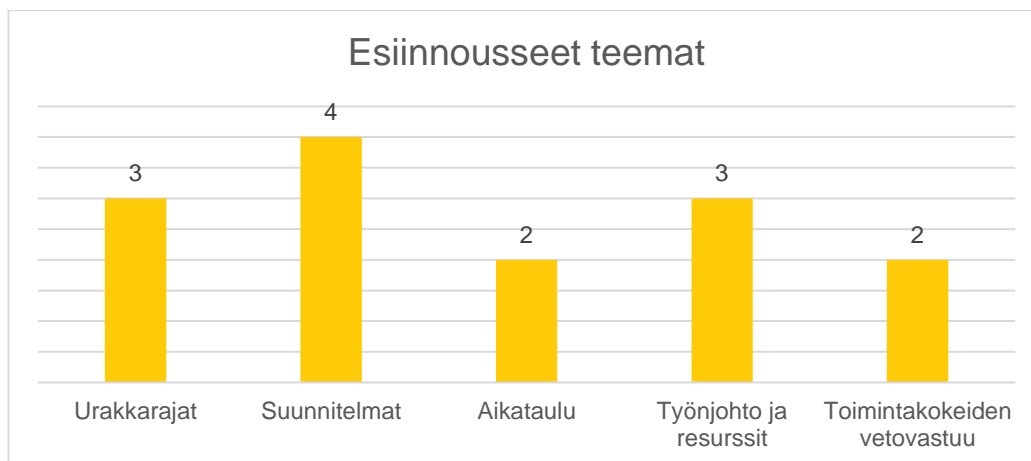
Kuva 14. Haastattelukyselyyn osallistuneiden työssäolovuodet työnjohtotehtävissä.

Tutkimukseen osallistui hienosti laajan skaalan mukaan eri verran työssäolovuosia kerryttäneitä henkilöitä, mikä lisää tutkimuksen luotettavuutta siinä määrin, että jokaisesta työssäolovuosiluokasta löytyi vastanneita.

5.1 Kysymyksien läpikäynti

1. Oletko osallistunut rakennusautomaatio urakoiden hankintaan?
Mitä huomioonotettavaa niissä on sinun mielestäsi?

Viisi eniten esiin noussutta teemaa, jotka olisi hyvä ottaa huomioon rakennusautomaatiourakan hankinnassa, olivat urakkarajojen selkeys, suunnitelmat ja niiden valmius, aikataulu, jossa rakennusautomaatio on otettu huomioon omana osionaan yleisaikataulun jana-aikataulussa, urakoitsijan työnjohdon ja asentajien resurssien sopiva suhde työmäärään nähden ja se, että automaatiourakoitsijalla on toimintakokeiden päävetovastuu. (kuva 15).



Kuva 15. Pylväsdiagrammi: Top 5 -huomioitettavat asiat automaatiourakassa.

Näiden esiin nousseiden teemojen tärkeys korostuu siinä, miten hyvin kyselyyn osallistuneiden talotekniikkaosaston henkilöiden mielestä automaatiourakat ovat sujuneet. Näiden esiin nousseiden teemojen tarkka suunnittelu, valvonta ja aikataulun noudattaminen edesauttavat parhaimpaan lopputulokseen pääsyä. Lopullisen lämmityksen ja jäähdytyksen saannin korostus välitavoitteisiin oli yksittäinen nosto, joka olisi hyvä ottaa huomioon sopimuksia laadittaessa.

Automaatiourakka on yleensä sisällytetty yleisaikataulussa talotekniikkatöihin, jolloin sen seuraaminen aikataulullisesti on haasteellisempaa, ja työt voivat pahimmassa tapauksessa olla todella päällekkäin muiden urakoitsijoiden kanssa samoissa lohkoissa ja huoneissa.

Aikataulujen tulisi olla viimeiseen saakka hiottuja ja yhteensovitettuja, jolloin automaatiourakoitsijalle jäisi tarpeeksi aikaa tehdä omat työvaiheensa. Urakoitsijan osallistaminen aikataulusuunnitteluun mahdollistaa toteutuskelpoisen aikataulun, koska hänellä on paras näkemys omien töidensä aikatauluttamisesta. Osaaminen ja kokemus vahvistavat tietoutta siitä, kauan asennuksiin ja tarkastuksiin tulee varata aikaa.

2. Mitä RAU-sopimukseen pitäisi ehdottomasti sisällyttää?

Suurimpana teemana esiin nousi se, että joka neljäs oli sitä mieltä, että kaapelointi tulee sisällyttää automaatiourakkaan. Se helpottaa urakan hallintaa ja valvontaa kokonaisuudessaan. Yhden mielestä kaapeloinnit, asennukset ja käyttöönotot tulisi teettää samalla urakoitsijalla, mikä varmasti olisi jokaisen pääurakoitsijan toiveena, mutta sellaisia automaatiourakoitsijoita ei ole saatavilla. Osa urakoitsijoista on keskittynyt pelkkään ohjelmointiin ja laitteiden toimittamiseen ja osa taas pelkästään kaapelointiin ja asennuksiin.

Useat kokivat, että valmiiksi suoritettut toimintakokeet olisi hyvä sitoa maksuun, mikä motivoisi urakoitsijaa suorittamaan ne ajallaan, ja sitä kautta pääurakoitsijan omat käyttöönottoinsinöörin vetämiin toimintakokeisiin saadaan käyttöön koko niille varattu ajan. Muutenkin välitavoitteet tulisi selkeyttää yleisai-katauluun automaation osalta ja peilata niitä muiden taloteknisten järjestelmien vaiheistuksiin, jolloin automaatio rakentuu samaa tahtia ja järjestelmät voidaan ottaa käyttöön samanaikaisesti. Lämmityskauden lähestyessä kriittinen työvaihe on saada lämmitysjärjestelmät toimintakuntoon. Automaatiojärjestelmän säätötekniikka säätää virtaamat lämmönsiirripaketeille, jolloin automaation, kaapeloinnin, asennusten ja ohjelmoinnin tulee olla jo siltä osin valmiina.

Erillisinä huomioina todettiin, että urakkasopimukseen olisi hyvä sisällyttää aikataulu takuuajan toimintakokeille, ja toteutusajan automaatioprojektipäällikkö tulisi sitouttaa takuuajan loppuun saakka takuutöiden mutkattoman sujumisen ta-
kia.

3. Miten valvot automaatiourakoitsijan suorittamia töitä ja niiden laatua?

Työmaalla tapahtuva valvonta oli jokaisella vastaajalla hieman erilaista. Tämä johtunee siitä, että henkilöiden työtehtävät ovat erilaisia. Kuvassa 16 esiinnoukseita valvonnan osa-alueita, jotka liittyivät aikatauluun, dokumentointiin ja asennuksiin.



Kuva 16. Kehädiagrammi automaation työmaavalvonnasta.

Valvonnan moninaisuudessa korostui päällimmäisenä se, että projekteissa ei erikseen sovita, kuka ohjaa ja valvoo automaatiourakkaa. Urakan osuus kokonaistalotekniikka budjetista on todella vähäinen, mikä johtaa siihen, että automaatiourakan kokonaisvaltainen tärkeys saatetaan unohtaa.

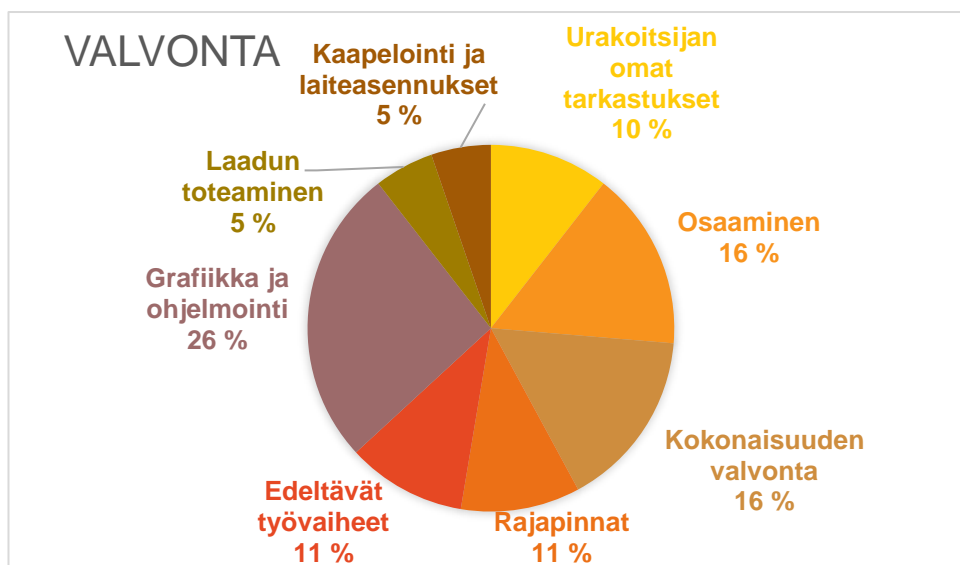
Työn tehtäväkuvauksia tulisi päivittää projektien ja hankintojen edetessä ja nimetä yksi vastuhenkilö vastuuseen automaatiourakasta, joka helpottaa suuressi aikataulun seurantaa ja urakoitsijan ohjausta. Mitä useampi asiantuntija yrittää samaan aikaan ohjata urakoitsijaa, sitä epätehokkaampaa työnjohto on, ja se vie liikaa kaikkien työaika.

4. Mikä on haastavin asia automaatiourakan valvonnassa?

Automaatiourakan valvonnan haasteet on visualisoitu kuvassa 17.

Työmaan valvonnassa haastavina asioina nousi esiin grafiikan suunnitelmanmukaisuuden varmistus ja valvomon toiminnallisuuden testaaminen. Nämä jäävät viimekädessä käyttöönottoinsinöörin tarkastettavaksi, johtuen osin siitä, että etävalvomoihin ei osata vaatia käyttöoikeuksia tai niiden saaminen urakoitsijalta on haastavaa. Urakoitsijan projektipäällikköä tai ohjelmoijaa on mahdollista vastuuttaa esittelemään grafiikan edistymistä ja valvomon toiminnallisuutta erilaisissa viikoittaisissa seurantapalavereissa.

Edeltävien työvaiheiden tunnistaminen ja niiden valvonta, jotta automaatiourakoitsijalle pystytään tarjoamaan valmiit puitteen omien töidensä suorittamiseen, nähtiin hankalana. Myös koko automaatiokokonaisuuden valvonta oli 16 %:n mielestä haastavaa.



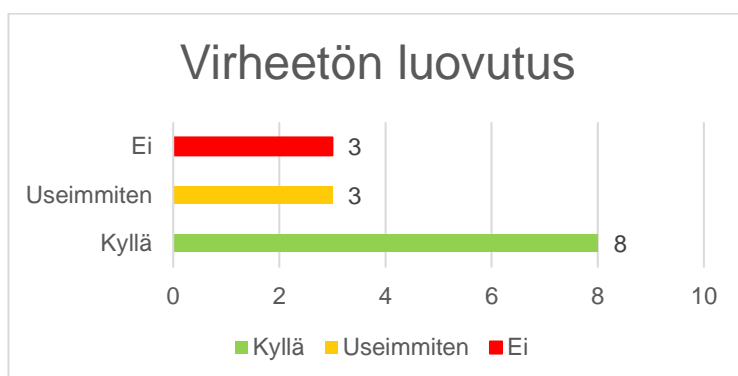
Kuva 17. Ympyrädiagrammi automaation valvonta tavoista työmailla.

Vaikean valvonnasta tekee se, että rakennuspuolen vastuulla on omat urakoitsijansa ja jokaisella TATE-työnjohtajalla pitäisi olla työnjohtopalavereiden ja muiden yhteensovituspalavereiden jälkeen realistinen tieto edellisten työvaiheiden tilanteesta, eli milloin edeltävät työvaiheet valmistuvat ja missä on mahdollisia

viiveitä urakoitsijalla tai tavarantoimittajalla. Suurin osa työajasta olisi hyvä käyttää oman aliurakoitsijan töiden aloituksen edellytyksien varmistamiseen. TATE-asiantuntijan täytyy tuntea edelliset työvaiheet ja osata kyseenalaistaa rakennusteknisten töiden valmius ja nähdä mahdolliset riskit, jotka vaikuttavat suoraan automaatioasennuksiin.

5. Onko aiemmillä hankkeillasi RAU-urakat (sis. kaikki laitteet, asennukset ja valvomo) valmistuneet luovutukseen mennessä?

Vastaajien hankkeissa virheettömien automaatiourakan luovutusten määrä on prosentuaalisesti hyvä (kuva 18).

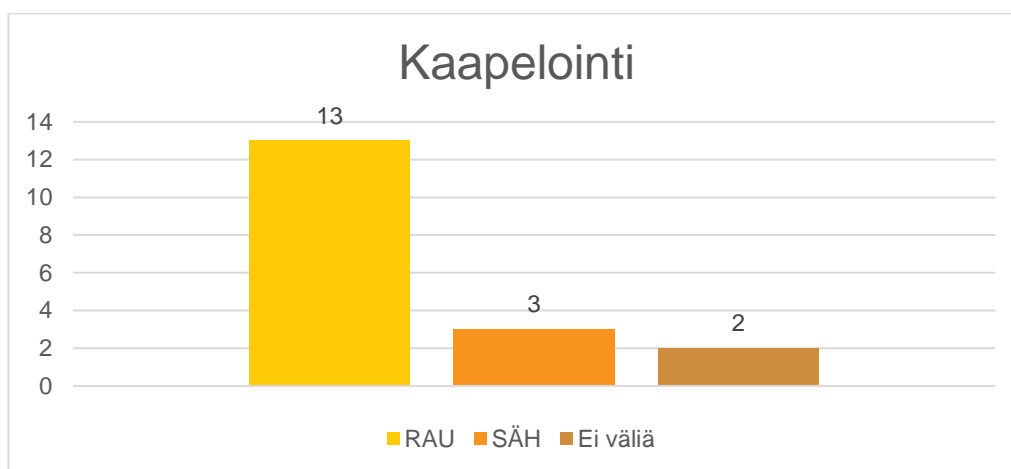


Kuva 18. Diagrammi virheettömien luovutusten yleisyydestä aiemmissä hankkeissa.

Suurimmalla osalla vastaajista rakennuksen tilaajalle luovutukset ovat sujuneet hyvin tai useimmiten hyvin. Joukkoon mahtui myös muutamia niitä, joilla oli monia edellisiä kohteita, joissa automaatiourakat eivät olleet valmistuneet toivotulla tavalla luovutukseen mennessä. Näissä ongelmat henkilöityivät aliurakoitsijan työnjohtoon ja liian pieneksi mitoitettuun urakoitsijan resursseihin kyseiselle hankkeelle.

6. Mikä taho on mielestäsi paras vetämään automaatiokaapeloinnit työmaalla?

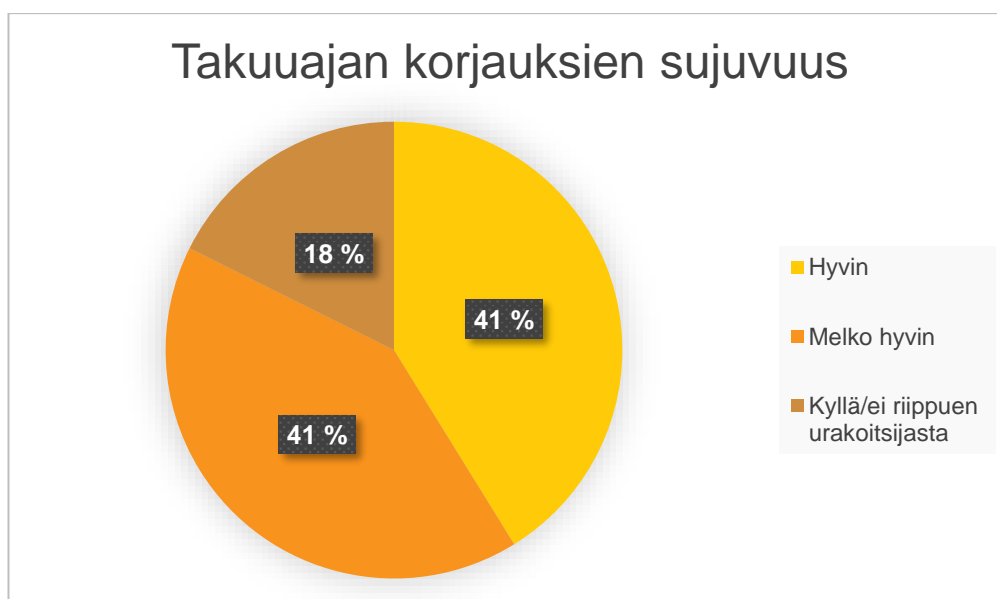
Kuvassa 19 nähdään se, että suurin osa kyselyyn vastanneista oli sitä mieltä, että automaatiourakoitsija tai hänen aliurakoitsijansa on paras vaihtoehto suorittamaan kaapeloinnit työmaalla. Muutamit vastaajat olivat sitä mieltä, että ei ole väliä kuka vedot tekee, jos suunnitelmat ovat hyvät tai jos on osaava sähköurakoitsija.



Kuva 19. Pylväsdiagrammi siitä, kuka urakoitsijoista olisi paras vaihtoehto kaapeloinnin suorittamiseen.

7. Miten koet takuuajan automaatiourakan korjausten sujuneen urakoitsijoiden kanssa?

Takuuajan korjauksien sujuvuus esitettynä kuvassa 20 kertoo siitä, että suurimmalla osalla vastaajista takuuajan korjaukset olivat sujuneet hyvin tai melko hyvin. Muutamilla oli sekä hyviä, että huonoja kokemuksia riippuen urakoitsijasta. Sujuvuus henkilöityi urakoitsijan työnjohtajiin ja heidän aktiivisuuteensa korjata listatut puutteet kuntoon.



Kuva 20. Diagrammi takuuajan korjauksien sujuvuudesta

Vapaa sana, jos olisi jotain tietoa tai kokemusta mitä haluat jakaa minulle.

Tähän vastauslaatikkoon tuli useita hyviä vastauksia, mutta nostaisin esiin niistä kaikista osuvimman kommentin ”*Paras tapa varmistaa RAU-urakan onnistuminen on laatia aikataulu, jossa automaatiourakoitsijan työt on huomioitu kattavasti sisältäen työkuvasuunnittelun, kaapeloinnin, kytkennät, grafiikoiden teon ja tarkastelun, pistetestaukset, urakoitsijoiden väliset testaukset, lvi-säätötyöt ja viritykset, toimintakokeet, yhteiskoekäytöt.*”

5.2 Yhteenveto kyselytutkimuksesta

Kyselytutkimus osoitti, että automaatiourakoiden haasteet on yleisesti tunnistettu työntekijöiden keskuudessa. Jokaisella toimihenkilöllä oli erilaiset näkemykset, joiden minkä perusteella monia asioita nousi pinnalle kyselytutkimuk-

sessä. Kaikki nostetut kohdat tunnistettiin riskeiksi hankkeen onnistumisen kannalta ja näiden poistamiseen tulisi automaatiourakkaan paneutua aivan hankkeen alkumetreiltä asti.

ST- ja RT- korttien ohjeiden perusteella on mahdollista huomioida monia automaatiourakan onnistumisen kannalta tärkeitä osakohtia. Pääurakoitsijan valvonnan lisäksi tilaajan valvojat ovat avainasemassa varmistamassa valvonnan sujuvuutta.

Aliurakoitsijalle tulisi luoda sopimuksellisesti tavoiteaikataulu ja muu viitekehys, jonka mukaan urakkaa pystytään valvomaan rakentamisen aikana. Sopimustekniset ja kaupalliset liitteet on hyvä sisäistää, jotta työnjohdolla ja asiantuntijoilla on selkeä kuva urakan tavoitteista ja teknisestä kokonaisuudesta.

Aikataulun laatimisesta, suunnittelusta, suunnitelmien tasosta ja suunnittelun ohjauksesta tarvitaan vielä lisätietoa, ja näitä käsitellään teemahaastatteluissa täydentämään tutkimustuloksia ja antamaan lisää luotettavuutta opinnäytetyölle.

6 Henkilöhaastattelut

Kyselytutkimuksessa esiintyneihin ongelmiin haluttiin ratkaisuja, ja rakennusautomaatiourakan lähtötietoihin ja valvontaan tarvittiin lisätietoa. Kyselytutkimuksen pohjalta toteutettiin teemahaastattelu SRV:n käyttöönottoinsinöörille. Käyttöönottoinsinöörin automaatio- ja käyttöönottoasiantuntijuuden johdosta oli mahdollista saada lisätietoa huomioon otettavista asioista kysyttävien teemojen ympäriltä. Tämän tueksi toteutettiin yksityiskohtaisempia henkilöhaastatteluja muutamille eri osa-alueiden asiantuntijoille. Näitä olivat suunnittelunohjaajat, automaatiosuunnittelijat ja aikatauluinsinöörit. Jokaiselle asiantuntijaryhmälle räätälöitiin heidän ammatilliseen osa-alueeseensa liittyviä muutamia tarkentavia kysymyksiä, joita tutkimuksessa ei kartoitettu. Kysymykset lähetettiin sähköpostitse, ja näillä saatiin täydennettyä tutkimuksen tuloksia, ja ne lisäävät hankitun tiedon määrää.

Tässä osiossa käydään läpi haastatteluita yksi asiantuntija kerrallaan. Ensimmäisenä on käyttöönottoinsinöörin teemahaastattelu, jonka jälkeen käydään muiden asiantuntijoiden yksittäiset kysymykset läpi. Tämän jälkeen haastatteluiden tulokset analysoidaan ja kiteytetään kootusti yhteenvedossa.

6.1 Käyttöönottoinsinöörin teemahaastattelu

Kokonaisvaltainen teemahaastattelu toteutettiin SRV:n käyttöönottoinsinöörille.

Haastattelun teemoiksi oli valittu seuraavat:

- Hankinta
- Suunnittelu
- Lähtötiedot
- Sopimus
- Aikataulu
- Valvonta
(Mitä toivoisit työnjohtajien valvovan automaatiourakassa?)
- Käyttöönotto
(Millä työnjohtajat voivat varmistaa sujuvan käyttöönoton?).

Käyttöönottoinsinöörillä oli selkeitä näkemyksiä jokaiseen haastattelun teemaan. Käyttöönottoinsinöörin mukaan käyttäjä tulisi pitää automaatio suunnittelun keskiössä koko hankkeen ajan. Pääasia on saada tieto mitä käyttäjät oikeasti haluavat ja tarvitsevat automaatiojärjestelmältä. Lähtötiedoissa selvitetään millainen kohde on; se voi olla esimerkiksi päiväkot-, toimisto-, teollisuus-, tai museokohde. Erilaisille kohderyhmille on erilaisia tarpeita. Suunnitteluun vaikuttaa myös paljonko ihmisiä tiloissa yleensä oleskelee ja miten järjestelmästä saadaan helppokäyttöinen. Teknisten tilojen koko ja määrä on oleellinen tieto, jotta saadaan hajautettua järjestelmää ja sijoitettua tekniset laitteet.

Tärkeänä asiana käyttöönottoinsinööri piti myös jäähdytyksen ja lämmityksen tarpeen kartoituksen teknisissä tiloissa ja muissa erikoistiloissa.

Tärkeinä nostoina haastattelusta nousi esiin suunnitelmien riittävän tason määrittäminen, tilaajan suunnitteluohjeet ja energiatehokkuuden huomioonottaminen. Suunnitteluohjeiden detaljien tulisi olla tarkempia, koska usein niissä saattaa olla liikaa tulkinnanvaraa ja ne saattavat olla vanhentuneita. Tilaajien tulisi päivittää suunnitteluohjeita mieluummin liian usein kuin liian harvoin.

Suunnitelmien tasot vaihtelevat eri suunnittelutoimistojen ja suunnittelijoiden kesken. Automaatiosuunnittelua ei voi kokonaisvaltaisesti osata ennen kuin on joko asentanut järjestelmiä itse tai että osaamista on karttunut työkokemuksen kautta.

Käyttöönottoinsinöörin mukaan hankintavaiheessa olisi hyvä olla jo toteutuskelpoiset automaatiosuunnitelmat, koska ne auttavat vähentämään myöhempää korjaustarvetta suunnitelmissa.

Käyttöönottoinsinööri näkee hankkeiden loppupuolella kokonaistilanteen ja sen myötä korostuu toteutusvaiheen aikaisemmat toimenpiteet ja niiden puute, mikä vaikuttaa suuresti käyttöönoton sujuvuuteen ja aikataulussa pysymiseen toimintakokeiden osalta.

Toimivuutta mitataan sekä asentajan, että huoltohenkilöstön ja käyttäjän kannalta. Energiatehokkuus ja ristiriitaisuudet tulee poistaa toiminnan kannalta järjestelmistä. Sääntötekniikka tulee suunnitella niin, että se palvelee mahdollisimman hyvin ja energiatehokkaasti.

Työmaavalvontaa tulisi tehdä enemmän automaatioasennuksien osalta. Tätä on syytä tehdä heti asennuksien alkamisesta lähtien. Aikataulun seurannan lisäksi työmaavalvontaa tulisi suorittaa kaapeloinnin, keskuksien asennuksien ja huonelaitteiden ja antureiden osalta suunnitelmia apuna käyttäen.

Resurssien riittävyden seuranta aikatauluun nähden on tärkeää ja ennakointi sekä oikea aikainen reagointi poikkeamiin. Resurssien tulee olla kunnossa käyttöönottoa varten, jotta toimintakokeet ja testaukset eivät vaarannu.

Urakoitsijan omien tarkastuksien ja itselleluovutuksien varmistaminen työmaalla on tarpeen, ja pelkkiin dokumentteihin ei saa luottaa.

Tarvittaessa tulee järjestää seurantapalavereita viikoittain, joissa edelliset asiat pitäisi olla tehtynä ja seuraavista keskustellaan. Yleisesti seurantapalavereissa katsotaan tilannetta ja siirretään aina päivämääriä eteenpäin. Asiat venyvät viikoja eteenpäin. Kokouksen funktio ei niinkään enää ole esteiden poisto vaan aikataulun venytys eteenpäin. Jolla on negatiivinen vaikutus luovutusvaiheen aikatauluun ja yleisaikataulussa pysymiseen.

Kokonaiskuvan hallinta on tarpeellista jokaisella päätoteuttajan työnjohtajalla. Jokaisella työnjohtajalla on yksi tai useampi urakka, jota hän valvoo ja ohjaa.

Rakennuspuolen työnjohtajien pitäisi ymmärtää talotekniikan asennuksien vaatima ajantarve. Toisinaan rakennusurakoitsijoiden töiden myöhästyessä talotekniikkaurakoitsijat kiirehtivät aikataulua lisäresurssilla tai pidemmällä työpäivällä.

Reaaliaikainen tiedottaminen toimituksien viivästyksistä tai muista ongelmista tulisi tuoda heti kaikkien tietoon. Avoimuus ja rehti vuorovaikutus puuttuu nykypäivän työmailta, koska tavoitellaan omaa etua kokonaisuunnistumisen kustannuksella.

Päätöksenteko ja ratkaisukeskeisyys ovat usein hakusessa. Jokaisella pitäisi olla suurempi luotto omaan osaamiseen ja päätöksentekoon ilman koko ryhmän mielipidettä.

Aikatauluun tulisi sitoutua yhteisesti ja sitä pitäisi kunnioittaa ja noudattaa. Aikataulu on tehty töiden ohjaamiseksi oikeassa järjestyksessä oikeaan aikaan ja päätoteuttajan TATE-asiantuntijan tulisi vaatia töiden suorittamista tiettyyn takarajaan menneessä ja päättää päivämääristä, jos ei meinata pysyä aikataulussa.

Talotekniikka puolella on asiantuntijoita, joiden tarkoitus on varmistaa ja tarkistaa urakoitsijan työn etenemä. Muuten toimintakokeet saattavat pakkaantua, ja niille käytössä oleva aika supistuu todella suppeaksi. Pahimmissa tapauksissa

käyttöönottohenkilöstön pitää tehdä pitkää päivää, jolloin laadukkuus saattaa kärsiä ja puutteet jäädyttävät koko tekemisen.

6.2 Aikatauluinsinöörin haastattelu

Tutkimuksessa jäi epäselväksi automaation aikataulutus, minkä takia selvitin TATE-aikatauluinsinöörien näkemyksiä koskien automaatiourakoiden aikatauluttamista ja valvontaa. Sain seuraavat vastaukset yhdeltä TATE-aikatauluja laatineelta insinööriltä.

- Kuinka hyvin SRV:llä aikataulutetaan automaatiourakat?

Vastaajan hankkeissa on tunnistettu automaatiourakan eri työvaiheet ja se, että urakoitsija on hankittava hyvissä ajoin, mutta grafiikoiden teot ja pistetestaukset työmäärineen arvioidaan usein alakanttiin. Automaatiourakoitsijat haluavat usein testata kaiken kerralla, joka aiheuttaa näkemyseroja koska kaikki järjestelmät eivät valmistu samaan aikaan.

- Onko automaatiourakan aikatauluttamiseen riittävästi osaamista?

Automaatiourakan aikatauluttamiseen ja valvontaan voisi olla vielä enemmän osaamista, sekä selkeä vastuuhenkilö kuka hoitaa seuranta.

- Osaako automaatiourakoitsija mitoittaa resurssit oikeiksi?

Vastaajan mukaan automaatiourakoitsijat osaavat mitoittaa resurssit oikein omalle työlleen muuten, paitsi urakoitsijoiden välisten toimintakokeiden koordinoimiseen. SRV:n toimintakokeet saatetaan kokea raskaiksi, koska urakoitsijat eivät ymmärrä toimintakokeiden ja käyttöönottovaiheen laajuutta. Usein toimintakokeiden aikana todetaan puutteita, jonka takia niitä järjestetään.

6.3 Suunnittelijoiden haastattelut

Kyselytutkimuksessa tuli esille suunnittelijoiden työn tärkeys ja suunnitelmien hyvän tason tarpeellisuus. Tämän johdosta lähetin suunnittelijoille kysymyksiä lähtötiedoista ja yhteensovituksesta suunnittelijoiden kesken. Nämä vastaukset antoivat arvokasta näkemystä hankkeiden kulkuun.

1. Kauanko olet ollut automaatio-suunnittelijana?

Molemmilla suunnittelijoilla on jo pitkä työkokemus automaatio-suunnittelusta, ja he molemmat ovat suurien suunnittelutoimistojen työntekijöitä. Toisella 36 vuoden ja toisella 18 vuoden työkokemus.

2. Minkälaisen koulutustausta sinulla on?

Koulutus heillä molemmilla on automaatio-insinööri-tutkinto.

3. Onko käyttäjien/tilaajien lähtötiedot riittäviä?

Suunnittelijoiden mielestä lähtötietojen taso on vaihteleva, yleisesti ne ovat hyvällä tasolla. Lähtötietopalaveri on ehdotonta järjestää, jotta lähtötietoja voidaan tarkentaa. Isoilla ja paljon rakennuttavilla tilaajilla on hyvin yksityiskohtaiset suunnitteluohjeet. Toisissa projekteissa lähtötiedot voivat olla todella suppeat ja pelkkä automaatiojärjestelmän tarve.

4. Onko tilaajilla yleensä päivitetty suunnitteluohjeet?

Automaatio-suunnittelijat mainitsevat, että instituutiomaisilla rakennuttajilla kuten HUS: silla ja Senaatti Kiinteistöillä suunnitteluohjeistukset ovat monipuolisia ja niitä löytyy erilaisille prosesseille, laitetunnuksille sekä käyttöliittymävaatimuksille. Tilaajat, jolta ei löydy omaa suunnitteluohjetta käyttävät Granlundin ja Rambollin tapauksessa suunnittelutoimiston omaa ohjeistusta.

5. Osaatko mielestäsi suunnitella käyttäjien toiveiden mukaisia automaatiojärjestelmiä?

Pitkäaikaisten rakennuttajien vaatimukset ja toiveet tulevat tutuiksi, koska projekteja on takana useita. Kertarakennuttajien toiveet voivat olla yllättäviä, koska heillä ei ole kokemusta RAU-järjestelmän suunnittelusta ja rakentamisesta. Suunnittelija voi ehdottaa vaihtoehtoisia toteutustapoja, jotta järjestelmä toimii toivotulla tavalla. Tietämällä tilaajien toiveet on helpompi suunnitella järjestelmä, mutta toisinaan käytetään vastaavaa kohdetta suunnitteluratkaisujen mallina, jos tilaajan toiveet eivät ole selvillä.

6. Miten suunnittelun yhteensovitus muiden LVIS-suunnittelijoiden kanssa sujuu yleisesti?

RAU-suunnittelijalla on suuri vastuu ja vaikutus koko projektin onnistumiseen. Automaatio niputtaa kaikki muut järjestelmät toisiinsa. RAU-suunnittelijan täytyy olla aktiivinen ja pyytää muilta suunnittelijoilta tietoja, jos ei eivät osallistu aktiivisesti tiedonjakoon automaatio-suunnittelijan suuntaan. Suunnittelualojen yhteensovituksessa nähdään haasteita ja yhteensovitus nähdään onnistuvan, jos alusta alkaen on sovittu suunnittelijoille yhteinen prosessisuunnitelma, johon kaikki sitoutuvat. Suunnittelun yhteensovituspalaveria tulisi pitää säännöllisin väliajoin.

6.4 SRV:n suunnittelunohjauksen haastattelu

1. Mikä on käyttäjien lähtötietojen taso?

Suunnittelunohjaajan mielestä käyttäjien ja tilaajien lähtötietojen taso on vaihteleva riippuen hankkeesta. Ammattirakennuttajan lähtötiedot ovat kattavammat kuin kertarakennuttajan. Osapuolien aktiivinen tiedonvaihto sekä ennakointi vähentävät suunnitelmamuutoksia loppuvaiheessa.

2. Automaationsuunnitelmien taso? Onko ne toteutuskelpoiset vai tuleeko usein paljon muutoksia toteutusvaiheen aikana?

Useimmiten automaatio-suunnitelmien taso on puutteellinen sähkösuunnittelun näkökulmasta. Haasteena nähdään tiedonkulun puuttuminen tai sen liikkuminen liian myöhään tai väärään aikaan. Elementtien rasiointivaraukset ja sijoitustiedot ovat puutteellisia, jolloin niitä ei ehditä tarkentaa ennen elementtien valmistusta. Ajoittain myös yhteensovitus ja ristiin tarkastus ontuu suunnittelijoiden välillä.

6.5 Yhteenveto haastatteluista

Haastatteluiden perusteella vahvistui käsitys, että tilaajan osaaminen ja kokemus automaatio-suunnittelusta vaikuttavat suuresti lähtötietojen tasoon, jotka suunnittelijalle annetaan. Lähtötiedot ja suunnitteluohjeet ohjaavat automaatio-suunnittelua tilaajan tavoittelemaan suuntaan. Tilaajan lähtötietojen ja tavoitteiden toteutumista seurataan ja valvotaan kokouksissa.

Keskinäinen kommunikaatio tilaajan, päätoteuttajan suunnittelunohjauksen, sekä suunnittelijoiden välillä on ensi arvoisen tärkeää, jolloin tiedonkulku joka suuntaan on katkeamatonta. Suunnittelunohjaus auttaa varmistamaan tavoitteenmukaisuuden ja ohjaa teknisiä suunnitteluratkaisujen etenemistä. Suunnittelunohjaus pitää myös huolen suunnittelu-aikataulussa pysymisestä ja projektiorganisaation keskinäisestä yhteydenpidosta. Yllättävät suunnittelutarpeet pyritään ratkaisemaan ripeästi ja kokeneet suunnittelijat osaavat antaa ehdotuksia vaihtoehtoisista toimivista toteutustavoista.

Hyvänä kehityskohteena haastatteluiden pohjalta nostaisin esiin LVI- ja sähköasiantuntijoiden vastuunjaon automaatiourakoiden kenttätöiden valvonnasta. Välillä tuntuu olevan epäselvää, kuka hankkeella valvoo urakan aikataulua ja

asennusten edistymistä. Vastuunjako olisi hyvä sisällyttää hankkeen alussa laadittaviin tehtäväkuvaus asiakirjoihin, vaikka pääurakoitsijan talotekniikan projektipäällikkö viimekädessä valvoo ja vastaakin automaatiourakasta.

Ammattitaidon kehittämiseen rakennusautomaation osalta jokaisen olisi hyvä tutustua Sähkötieto Ry:n julkaisemaan ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät -tietokirjaan, jossa on avattu automaatiourakan kulku ja keskeiset periaatteet.

Kyselytutkimuksen otannan kasvattaminen olisi saattanut nostaa tutkimuksen luotettavuutta. Myös tilaajien ja urakoitsijoiden näkemysten kartoitus haastatteleamalla olisi voinut tuoda lisäarvoa ja uusia näkökulmia tutkimukseen. Opinnäytetyön luonteen mukaisesti rajasin tiedonhaun tähän pisteeseen, enkä enää selvittänyt muita mielenkiintoisia näkemyksiä.

7 Johtopäätökset

Tutkimus ja haastattelut osoittivat, miten johdonmukainen ja välitavoitteinen urakkasopimus, yksityiskohtaiset lähtötiedot, aikataulun seurannan osaaminen ja edellisten työvaiheiden tuntemus auttavat varmistamaan automaatiourakan sujuvuutta.

Sopimukseen on hyvä sisällyttää tarkkoja välitavoitteita ja sitoa niihin maksueriä. Esimerkiksi lopullisen lämmityksen- ja jäähdytyksentarpeen kokonaisuudet ovat kriittisiä vaiheita rakennushankkeen onnistumisen varmistamisessa, ja niiden aikataulun mukainen valmistuminen tulee varmistaa kaikin mahdollisin keinoin.

Suunnittelijoiden keskinäistä yhteydenpitoa ja automaatiosuunnittelijan tiedonkulkua hankeorganisaatioon tulee valvoa. Lähtötietojen selkeyttä tai niiden sujuvaa selvittämistä tulee korostaa hankekehitysaikana ja rakentamisen alkuvaiheessa. Loppukädessä lähtötietojen riittävä selvitys ja tilaajan ajantasainen suunnitteluohje takaavat toteutuskelpoisimmat suunnitelmat, jolloin suunnitelmamuutoksia ei tarvitse tehdä enää niin paljon myöhemmässä vaiheessa. Tämä vaikuttaa merkittävästi rakennushankkeen taloudelliseen ja aikataululliseen onnistumiseen.

Tutkimuksen ja haastatteluiden perusteella kehityskohteeksi TATE-asiantuntijoille nousi esiin selkeämpi vastuunjako ja ammatillisen osaamisen kehittäminen rakennusautomaation osalta.

TATE-projektipäällikön tulee vastuuttaa automaatiourakan valvonta vähintään yhdelle TATE-asiantuntijalle. Tämä johtaa siihen, että päätoteuttajan TATE-asiantuntijalla tulee olla konkreettista osaamista millä varmistetaan sujuva käyttöönotto ja luovutusprosessi.

Urakoitsijan henkilöstön tulee myös olla ammattitaitoista. Hanke hyötyy siitä, että jalkautettua valvontaa suoritetaan alusta alkaen työmaalla ja urakoitsijan

asennusten ja ohjelmoinnin todellinen tilanne tiedetään koko ajan reaaliaikaisesti. Sen ansiosta käyttöönottoinsinöörit pääsevät tekemään omat käyttöönottovaiheen työnsä oikeaan aikaan millä turvataan kohteen luovutus ajallaan.

8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoitus oli kartoittaa rakennusautomaatiourakoiden valvontaa, yhteensovitusta ja aikataulutusta, sekä yhtenäistää opinnäytetyön tilaajan SRV Rakennus Oy:n automaatiourakoiden valvontaa rakennushankkeilla.

Työ eteni tiedon keruulla luotettavista kirjallisista lähteistä.

Opinnäytetyön tiedonlähteinä käytettiin rakennusautomaatio urakan kulkuun ja sen yksityiskohtaiseen läpikäyntiin ST- ja RT-kortteja sekä rakentamiseen liittyviä lakeja ja asetuksia.

Opinnäytetyössä teetettiin SRV:n talotekniikkaosaston henkilöstölle laajempi kvantitatiivinen kyselytutkimus siitä, mitä urakkasopimukseen pitäisi sisällyttää ja millä tavalla TATE-työnjohtajat huolehtivat automaatiourakan yhteensovituksesta ja valvonnasta. Pääasiallinen tavoite oli löytää automaatiourakoiden onnistumisen kannalta kriittisimmät riskitekijät, jotka tunnistamalla pystymme reagoimaan niihin ajoissa ja loppuunsaattamaan automaatiourakat suunniteltujen aikataulun mukaan.

Tutkimukseen valittiin monipuolisesti eri hankkeilla ja erilaisen työhistorian omaavia talotekniikan toimihenkilöitä, jotka toimivat LVI/S/A-projektipäällikköinä ja LVI/S/A-asiantuntijoina. Tutkimuksen vastausten perusteella opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ohje työnjohdon käyttöön ja jalkauttaa tutkimustuloksista nostettuja huomioita työmaiden käytäntöihin helpottamaan talotekniikka työnjohtajien päivittäistä urakan valvontaa.

Tutkimuskyselyn tuloksia täydentämään haastateltiin SRV:n asiantuntijoita käyttöönoton, aikataulun ja suunnittelunohjauksen osa-alueista sekä kahden suuren suunnittelutoimiston automaatiosuunnittelijoiden näkemyksiä. Teemahaastattelu

ja tarkentavat kysymykset asiantuntijoilta toivat vahvistusta kyselytutkimuksessa nousseisiin riskeihin ja vahvistusta sille, että näitä asioita tulee valvoa hyvin, jotta hankkeet sujuvat toivotulla tavalla.

Työssä onnistuttiin keräämään tietoa ja kokoamaan niitä yhteen. Työn perimmäiset tavoitteet saavutettiin, koska tutkimuksen ja haastatteluiden tuloksien perusteella saatiin laadittua prosessiohje helpottamaan päivittäistä automaatiourakan valvontaa, jonka avulla pystytään poistamaan suurimpia riskitekijöitä urakan onnistumisen suhteen.

Lähteet

- 1 Tapio, Jarmo. 2024. Luentomateriaali. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Helsinki, Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 2 Automaation laajuuden vaihtoehdot. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloautomaatio/automaation_laajuuden_vaihtoehdot>. Luettu 1.6.2024.
- 3 ST-Käsikirja 22 Rakennusten automaation valvomot. 2. uudistettu painos 2023. Sähkötieto.
- 4 Liedes Riikka. 2018. ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät. Sähkötieto.
- 5 Automaatioseura, Verkkokirja. Teollisuusautomaatio- ja ohjausjärjestelmät – standardien valinta ja käyttö. Verkkokirja on päivitetty 26.5.2013. <<https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/standardikirja.pdf>>. Luettu 26.7.2024.
- 6 Rousku Henrik. 2014. Rakennus alan sähköistysopas. E-kirja. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 7 ST-kortit, -käsikirjat, -ohjeistot ja -esimerkit. Sähkötieto ry. Verkkoaineisto. <<https://www.sahkotieto.fi/st-aineisto>>. Luettu 1.8.2024.
- 8 RAU-urakoitsijahyväksyntä. Seti Oy. Verkkoaineisto. <seti.fi/rau>. Luettu 1.10.2024.
- 9 Rakennusurakkasopimuksen laatiminen. 1998. RT 16-10669. Rakennustieto.
- 10 Allianssin yleiset sopimusehdot. 2020. RT 103199. Rakennustieto.
- 11 Sulkupellit ja toimilaitteet. Verkkoaineisto. LVI-tavara. <<https://lvi-tavara.fi/tuote-osasto/ilmanvaihto/sulkupellit-ja-toimilaitteet/>>. Luettu 25.8.2024.
- 12 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 1998. RT-16-10660. Rakennustieto.
- 13 Rakennusautomaatiurakan laadunvarmistus-, valvonta- ja vastaanottomenettelyohjeita. 2020. ST 71104. Sähkötieto.
- 14 Ympäristöministeriön ohje rakentamisen työjohtotehtävien vaativuusluokista ja rakentamisen työjohtajien kelpoisuudesta. 2015. YM4/601/2015.

- 15 Vapaaehtoiset pätevyudet. Seti Oy. Verkkoaineisto. <<https://www.seti.fi/vapaaehtoiset-patevyudet-yrityshyvaksynnat-ja-sertifioinnit>>. Luettu 29.9.2024.
- 16 Tele, turva ja RAU-alan henkilöpätevyudet sekä yrityshyvaksynnat. 2024. ST 600.10. Sähkötieto.
- 17 Laki ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista. 2020. 718/2020.
- 18 Rakennusten energia-tehokkuus direktiivin uudistus. Verkkoaineisto. <ympäristöministeriö; Rakennusten energia-tehokkuus-direktiivin uudistus, <https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-uudistus>>. Luettu 15.7.2024.
- 19 Talotekniikkatöiden työmaavalvonnan tehtäväluettelo. 2019. RT-103172. Rakennustieto.
- 20 Anonyymi TATE-projektipäällikkö. 2024.
- 21 Automaatiosuunnittelu ohje. 2021. LATO – Lappeenrannan toimitilat.
- 22 Lundell Juha. 2024. Vastuunjakomateriaali. Käyttönottotestauksien vastuujako esimerkki hankkeella.