

Ismo Hammer

Rakennusautomaatiovalvonta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

24.5.2018

Tekijä Otsikko	Ismo Hammer Rakennusautomaatiovalvonta
Sivumäärä Aika	34 sivua + 3 liitettä 24.5.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	osastopäällikkö Kristian Stenmark, Hepacon Oy lehtori Kristian Junno
<p>Insinööriyössä käsiteltiin rakennusautomaatiovalvontaa ja rakennusautomaatiovalvojan työtehtäviä rakennusautomaatiohankkeen aikana. Toisena tavoitteena oli kehittää Hepacon Oy:lle valvonta-asiakirjoja rakennusautomaatiovalvonnan tueksi.</p> <p>Insinööriyössä selvitettiin, miten RAU (rakennusautomaatio) -valvonta toteutuu RAU-hankkeen edetessä ja mitä toimenpiteitä RAU-valvontaan kuuluu. Insinööriyössä selvitettiin myös, mitä hyötyä RAU-valvonnasta on ja mitä yleisiä sopimusehtoja liittyy TATE (talotekniseen) -valvontaan.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena syntyi RAU-valvonnan pistetarkastusdokumentti, jossa kerrotaan yksityiskohtaisesti eri RAU-järjestelmään liitettyjen laitteiden toiminnan tarkastuksesta. Pistetarkastusdokumentin pohjalta luotiin useita laitekokonaisuus kohtaisia pistetarkastuslistoja, joiden avulla voidaan RAU-valvonnan toimintakokeiden pistetarkastuksissa tarkastaa laitteiden toiminta.</p> <p>Pistetarkastusdokumenttia on tarkoitus käyttää ohjeena RAU-valvojille, mutta sillä voidaan myös esitellä RAU-valvontapalveluiden tilaajalle RAU-valvontaa ja pistetarkastuksessa tehtäviä toimenpiteitä. Pistetarkastuslistoilla on tarkoitus tehostaa työmaalla tehtävää pistetarkastusta ja tehdä siitä järjestelmällisempää. Toimintakokeissa täytetyt pistetarkastuslistat toimivat myös dokumentaationa tilaajalle suoritetusta valvontatoimenpiteestä.</p>	
Avainsanat	Rakennusautomaatio, automaatio, valvonta, RAU, talotekniikka

Author Title	Ismo Hammer Building Automation Supervision
Number of Pages Date	34 pages + 3 appendices 24 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Professional Major	
Instructors	Kristian Stenmark, Head of Department, Hepacon Oy Kristian Junno, Senior Lecturer
<p>The first goal of this study was to cover building automation supervision and the tasks of the building automation supervisor during a building automation construction project. The second goal was to create documents for building automation supervision. The final year project was commissioned by Hepacon Oy.</p> <p>The tasks that are carried out in supervision of building automation and the benefits of supervision are covered in this thesis. The general provisions of building contract regarding supervision are also clarified in this thesis.</p> <p>The results of the final year project were two types of supervision documents. The first document was a manual for testing the inputs and outputs of devices connected to building automation system. This document is helpful for building automation engineers and it may be also used as a marketing tool for upcoming BAS (building automation system)-surveillance customers to help them understand the process of testing the inputs and outputs.</p> <p>The other documents that were made for this project are individual checklists for devices connected to BAS. The main functions of these checklists are to make the testing process of the inputs and outputs of the devices faster and more accurate. Completed checklists can also be used as a document of the conducted BAS-supervision for the customer.</p>	
Keywords	Building, automation, supervision, BMS, BAS, HVAC

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Talotekniikka ja rakennusautomaatiotekniikka	2
2.1	Talotekniikka	2
2.2	TATE-hankkeen osapuolet	2
2.3	Rakennusautomaatio lyhyesti	3
3	Talotekninen valvonta ja rakennusautomaatiovalvonta	6
3.1	Talotekninen valvonta	6
3.2	Rakennusvalvonnan ja taloteknisen valvonnan erot	6
3.3	RAU-valvonnan tavoitteet	6
3.4	RAU-valvonnasta ennen, nyt ja tulevaisuudessa	8
3.5	RAU-valvojan ominaisuudet	9
3.6	RAU-valvonnan tilaaja	10
3.7	RAU-valvonnan merkitys tilaajalle	10
3.8	RAU-valvonnan merkitys RAU-suunnittelussa	11
4	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot valvonnan kannalta	12
4.1	Urakoitsijan laadunvalvonta	12
4.2	Urakkasuorituksen valvojat ja tilaajan edustajan valtuudet	13
4.3	Valvonnan toteutukseen liittyvät säädökset	13
4.4	Urakoitsijan ja valvojan vastuu urakassa	14
5	RAU-valvonta RAU-urakassa	15
5.1	Valvojan työtehtävät	15
5.2	RAU-valvonnan laajuus hankkeessa	15
5.3	Hankesuunnitelmien RAU-valvonta	16
5.4	Toteutussuunnitelmien RAU-valvonta	16
5.5	FAT-testaus	19
5.6	Rakennusajan RAU-valvonta	19
5.7	RAU-toimintakokeet	20
5.8	Vastaanottotarkastus	24
5.9	RAU-valvonta takuuajana	25
5.10	Trend-seurannat	26

6	Pistetarkastusdokumentti ja pistetarkastuslistat	28
6.1	Pistetarkastusdokumentti	28
6.2	Pistetarkastuslistat	29
7	Yhteenveto	30
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1. Ote pistetarkastusdokumentista	
	Liite 2. Tuloilmakoneen pistetarkastuslista	
	Liite 3. Tuloilmakoneen säätökaavio	

Lyhenteet

AI/UI	Analog input/Universal input. Mittaustieto, esimerkiksi antureilta ja lähettimiltä saatava analoginen signaali (esim. 0–10 V, 4–20 mA, muuttuva resistanssi) valvonta-alakeskukselle.
AO	Analog output. Analoginen säätöviesti (esim. 0–10 V, 4–20 mA), jolla voidaan säätää valvonta-alakeskukselta esimerkiksi toimilaitteiden asentoa tai taajuusmuuttajapuhaltimen pyörimisnopeutta.
DDC	Direct Digital Control. Säättöpiiri, joka on toteutettu prosessorilla numeerisena laskentana joko keskitetysti valvonta-alakeskuksella tai hajautetuilla säätimillä.
DI	Digital input. Indikointitieto/tilatieto tai hälytystieto, laitteelta valvonta-alakeskukselle saatava binäärinen tieto laitteen käynnistä (laite on käynnissä/laite ei käy) tai laitteen hälytyksestä (hälyttää/ei hälytä).
DO	Digital output. Laitteen binäärinen ohjaustieto, laite voidaan ohjata valvonta-alakeskukselta päälle tai pois päältä.
FAT	Factory Acceptance Test. Järjestelmätoimittajan tiloissa suoritettu tilaajan ja järjestelmätoimittajan yhteistyössä toteutettu dokumentoitu tarkastus, jossa testataan laitteet ennen niiden viemistä kohteeseensa.
I/O	Input/output. Input on laitteeseen tuleva signaali ja output on laitteesta lähtevä signaali.
LVI	Lämmitys, vesi ja ilmastointi. Talotekniikan osa-alue, joka käsittää lämmitys-, jäähdytys-, ilmastointi- ja vesijärjestelmät.
RAU	Rakennusautomaatio. Automaatiotekniikan osa-alue, joka painottuu rakennusten lämmityksen, jäähdytyksen, ilmanvaihdon, valaistuksen, kulunvalvonnan ja rakennusten sähköjärjestelmien automatisointiin.
TATE	Talotekniikka/talotekninen. Talotekniikaksi määritellään muun muassa rakennuksen lämmitys-, ilmastointi-, vesi-, sähkö- ja automaatiojärjestelmät.

- VAK Valvonta-alakeskus. Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelmoitava lo-
giikka, joka voi olla varustettu valvomokäyttöliittymällä (grafiikka). Val-
vonta-alakeskus suorittaa toimilaitteiden säädöt, ohjaukset, ohjelmat ja lu-
kee datan antureilta ja lähettimiltä.
- VPN Virtual Private Network. Virtuaalinen erillisverkko, jonka avulla voidaan jul-
kisen verkon yli yhdistää kaksi tai useampaa verkkoa.

1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on käsitellä rakennusautomaatiovalvontaa koko rakennusautomaatiohankkeen aikana ja keskittyä RAU (rakennusautomaatio) -valvojan tehtäviin hankkeen eri vaiheissa. Toisena, työelämälähtöisenä tavoitteena on kehittää Hepacon Oy:lle rakennusautomaatiovalvonnassa käytettäviä tarkastusasiakirjoja. Nämä tarkastusasiakirjat suunnitellaan rakennusautomaatiovalvonnassa suoritettavien tarkastusten ohjeiksi ja tarkastuksissa käytettäviksi listoiksi. Tarkastusasiakirjoilla voidaan myös selvittää RAU-valvonnassa suoritettavia toimenpiteitä sen tilaamista harkitsevalle asiakkaalle.

Hepacon Oy on talotekniikan suunnittelu ja konsultointiyritys, joka myy muiden palveluiden lisäksi myös TATE (taloteknisiä) -valvontapalveluita. Yrityksessä myytävät TATE-valvontapalvelut koostuvat LVI- ja RAU-valvontapalveluista. RAU-valvontapalveluita on yrityksessä myyty jo 90-luvulta lähtien. Rakennusautomaatio on kasvava osa-alue talotekniikassa, jolloin sen valvonnan jatkokehittäminen on luonnollisesti ajankohtaista. Tästä syystä Hepacon Oy:n tarkoituksena on lisätä RAU-valvontapalveluiden myyntiä. Tarkoituksena on myydä RAU-valvontapalveluita tuotteena, jotta yrityksen kaikkien RAU-suunnittelijoiden ammattitaitoa voidaan hyödyntää myös RAU-valvonnassa.

2 Talotekniikka ja rakennusautomaatiotekniikka

2.1 Talotekniikka

Kiinteistön ja kiinteistöön liittyvien tilojen järjestelmien, laitekokonaisuuksien ja teknisten palveluiden muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan talotekniikaksi. Talotekniikan avulla pyritään hallitsemaan tilojen muuttuvia olosuhteita. Näitä olosuhteita ovat esimerkiksi lämmitys, jäähdytys sekä käyttöveden ja sähkön jakelu. Tärkeimmät ja yleisimmin käytössä olevat talotekniset järjestelmät ovat LVI- ja sähköjärjestelmät. Edellä mainittujen taloteknisten järjestelmien ohjaamiseen ja tehokkaaseen käyttöön tarvitaan rakennusautomaatiotekniikkaa.

2.2 TATE-hankkeen osapuolet

Tilaaaja

Tilaaaja on urakoitsijan sopimuskumppani, joka on tilannut urakkasuorituksen. Tilaajana voi toimia rakennuttaja tai urakoitsija. [1.]

Tilaaajan edustaja

Tilaaajan edustaja on urakoitsijalle ilmoitettu toimivaltainen edustaja, jolla on ennalta määritellyt valtuudet. Valvoja toimii myös tilaaajan edustajana. [1.]

Rakennuttaja

Rakennuttaja on luonnollinen tai juridinen henkilö, jonka lukuun rakennustyö tehdään ja joka viime kädessä vastaanottaa työntuloksen [1].

Urakoitsija

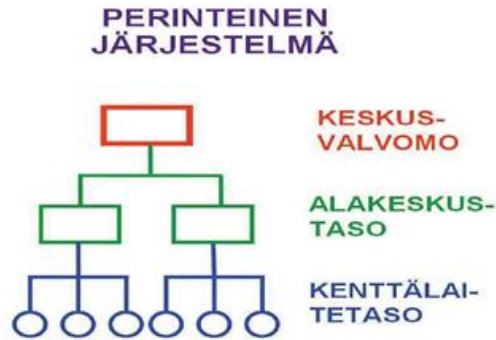
Urakoitsija on tilaaajan sopimuskumppani, joka on sitoutunut aikaansaamaan sopimusasiakirjoissa määritellyn työntuloksen. Urakassa on yleensä useita urakoitsijoita, kuten pää-, sivu- ja aliurakoitsijat. [1.]

Tässä insinööriyössä puhuttaessa valvojasta tarkoitetaan sillä yleisesti taloteknistä valvojaa ja puhuttaessa RAU-valvojasta tarkoitetaan sillä erityisesti rakennusautomaatiovalvojaa. Sama koskee urakoitsijaa ja RAU-urakoitsijaa. [2; 3.]

2.3 Rakennusautomaatio lyhyesti

Rakennusautomaatio on talotekniikan haara, jolla ohjataan, valvotaan ja säädetään rakennuksen muuta talotekniikkaa, jotka ovat yleisimmin LVI- ja sähköjärjestelmät. Muita taloteknisiä järjestelmiä, jotka voidaan kytkeä rakennusautomaatiojärjestelmään, ovat muun muassa kylmätekniset, kulunhallinta-, turvallisuus- ja palontorjuntajärjestelmät. Taloteknisten järjestelmien hallinnan lisäksi rakennusautomaatioon liittyy keskeisesti olosuhteiden mittaaminen antureiden ja lähettimien avulla. Keskeisiä mitattavia olosuhteita ovat esimerkiksi lämpötila, paine, kosteus- ja hiilidioksidipitoisuus. Tarpeen mukaan RAU-järjestelmiin voidaan lisätä muita mittauksia, kuten valoisuus- ja hiilimonoksidimittauksia. Mittaukset ovat tärkeässä roolissa talotekniikan säädöissä, koska niiden avulla saadaan säätöpiirit toimimaan tarkoituksenmukaisesti.

Rakennusautomaatiojärjestelmä yksinkertaisuudessaan koostuu prosessoreilla ja I/O (Input output) -moduuleilla varustetuista valvonta-alakeskuksista, joihin on kytketty toimilaitteita, kuten puhaltimia ja venttiilejä. Myös anturit ja lähettimet, kuten lämpöanturit ja painelähettimet kytketään VAK:een (valvonta-alakeskukseen). Valvonta-alakeskukset säätävät ja ohjaavat toimilaitteita niihin ohjelmoitujen ohjelmien perusteella. Yleisimpiin ohjelmiin kuuluu aikaohjelmat, joissa jokin toiminto alkaa tietyllä hetkellä. Järjestelmään kuuluu usein myös valvomo, josta pystytään seuraamaan järjestelmän toimintaa ja tekemään siihen muutoksia. Kuvassa 1 havainnollistetaan perinteisen automaatiojärjestelmän hierarkiaa.



Kuva 1. Kaavio perinteisestä RAU-järjestelmästä, jossa on yksi valvomo ja toimintoja ohjaavat tietokoneet ovat valvonta-alakeskuksissa [4].

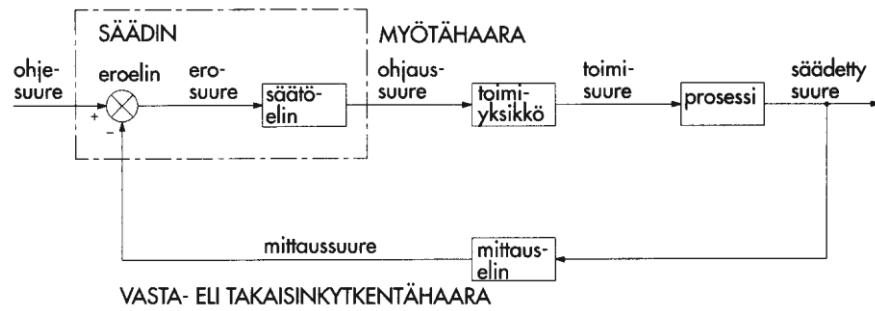
Tärkeimmät hyödyt rakennusautomaatiosta ovat energiansäästö, järjestelmien integraatiosta koituvat hyödyt, olosuhteiden ja toimintojen etävalvonta sekä olosuhteiden tarkka hallinta.

Energiaa voidaan rakennusautomaatiojärjestelmällä säästää optimoimalla muun muassa sähkö- ja LVI-laitteiden toimintaa. Optimoinnilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi sitä, että järjestelmien tehonkulutusta säädellään tarpeen mukaan, eikä järjestelmiä pidetä turhaan päällä. Energiaa voidaan myös säästää hyödyntämällä vallitsevia ympäristön olosuhteita RAU-järjestelmien ohjelmien avulla. Tästä esimerkkinä ovat automaattiset yötuuletusohjelmat, joiden avulla voidaan viilentää päivän aikana lämmentä rakennuksia viileämmällä kesäyön ilmalla.

Järjestelmien integraatiosta seuraava hyöty on se, että kaikkia rakennuksen eri järjestelmiä voidaan käyttää ja valvoa yhdestä käyttöliittymästä. Tällöin esimerkiksi saunavuorojen hallinta ja ilmanvaihtokoneiden asetusten muutos saadaan tehtyä samasta järjestelmästä yhden valvomon kautta. Integroimista voidaan myös toteuttaa liittämällä useampi rakennus saman hallintajärjestelmän alle, jolloin voidaan hallita suuria kokonaisuuksia keskitetysti yhdestä aluevalvomosta. Etä- ja aluevalvomoiden etäyhteyksien avulla päästään käsiksi kaukanakin sijaitsevien kohteiden RAU-järjestelmiin, jolloin huoltomiehiä ei tarvitse aina lähettää kohteeseen asti tekemään muutoksia. [5.]

Olosuhteiden tarkka hallinta perustuu niiden säätöön säätöpiireillä. Kuvassa 2 havainnollistetaan säätöpiirin toimintaa. Tarkkaa olosuhteiden hallintaa voidaan tarvita esimerkiksi arkistotiloissa, joissa lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihtelu ei saa ylittää

määrättyjä rajoja, jotta arkistomateriaalit eivät kärsisi. Tällöin järjestelmään tarvitaan säädettäviä laitteistoja, joilla pystytään lämmittämään, viilentämään, kuivattamaan ja kostuttamaan tilaa. Tämän lisäksi tilaan tarvitaan kosteyslähettämiä ja lämpöantureita, jotta valitsevista olosuhteista saadaan mittaukset säätävään järjestelmään.



Kuva 2. Takaisinkytkentä, johon prosessin suureen säätö perustuu [6, s. 1].

3 Talotekninen valvonta ja rakennusautomaatiovalvonta

3.1 Talotekninen valvonta

Taloteknisellä valvonnalla tarkoitetaan valvontaa, jolla pyritään saamaan talotekninen toteutus vastaamaan suunnitelmia ja määräyksiä. Talotekninen valvonta kattaa LVI-, sähkö-, RAU-valvonnan sekä muiden taloteknisten järjestelmien valvonnan. Pääasiassa talotekninen valvonta ilmenee suunnitelmien, asennusten ja toimintojen testaamisen valvonnassa, mutta valvonta voi olla läsnä hankesuunnitelmasta takuuajan loppuun asti. Eri taloteknisten järjestelmien valvonnassa tulee ottaa huomioon järjestelmien erityispiirteet ja tämän takia valvojalta vaaditaan alan asianmukaista asiantuntemusta ja koulutusta. [7.]

3.2 Rakennusvalvonnan ja taloteknisen valvonnan erot

Rakennusvalvonta ja TATE-valvonta eroavat toisistaan valvottavien komponenttien ja niiden toimintatavan vuoksi. Talotekniset komponentit kuten ilmanvaihtokoneet, puhaltimet, pumput ja valojärjestelmät ovat aktiivisia, ja niiden tilassa tapahtuu toimintaa komponentin elinkaaren aikana, kun taas rakennuksen komponentit, kuten seinät ja katto ovat passiivisia komponentteja, joiden tilassa ei rakentamisen jälkeen juuri tapahdu muutoksia. Taloteknisten komponenttien toiminnallisuuden takia valvonta ei pääty niiden asennusvalvontaan, vaan niiden toiminta täytyy myös tarkastaa toimintakokeilla. TATE-järjestelmät vaativat yleensä myös enemmän huoltoa ja ylläpitoa niiden käyttöikänsä aikana, kuin rakennustekniset komponentit. TATE-järjestelmät ovat myös toisiinsa yhteydessä, joten yhden järjestelmän toiminnan vikaantuminen saattaa haitata muiden järjestelmien toimintaa. [8.]

3.3 RAU-valvonnan tavoitteet

RAU-valvonnan tavoitteena on varmistaa, että rakennetusta RAU-järjestelmästä ja siihen liitetystä talotekniikasta tulee energia ja kustannustehokas, helppokäyttöinen, asetettujen tavoitteiden mukaisesti toimiva ja luotettava.

Kun RAU-järjestelmän toimii asetettujen tavoitteiden mukaisesti, käyttäytyy se ennalta määritellyllä tavalla. Esimerkiksi niin, että ulkovalot syttyvät, kun ulkona on tarpeeksi pi-

meää. Tämän lisäksi toimiva RAU-järjestelmä luo palveltaviin tiloihin tavoitteiden ja asetusrvojen mukaiset olosuhteet. Täten saadaan ihmisten käyttämät tilat miellyttäviksi ja tilan käyttäjät tyytyväisiksi. RAU-järjestelmän kustannustehokkuutta voidaan tarkastella sen perusteella, miten RAU-järjestelmä käyttäytyy eri tilanteissa. Mikäli ulkovalot syttyvät jo ennen kuin on tarpeeksi pimeää tai ilmanvaihtokone käy illalla tyhjillään olevassa toimistossa täydellä teholla, voidaan laitteistojen ohjelmia säätää kustannustehokkaammaksi.

RAU-järjestelmän helppokäyttöisyyttä voidaan tarkastella RAU-järjestelmän käyttöliittymän perusteella. Helppokäyttöisestä käyttöliittymästä näkee tarvittavat informaatiot helposti, eri näkymien välillä liikkuminen on loogista ja muutosten tekeminen käy helposti. Esimerkiksi ulkovalojen syttymisajankohdan ja syttymisvaloisuuden asetusten muuttaminen tulee onnistua helposti RAU-valvomon valvomografiikalta huoltomiehen ammattitaidolla.

RAU-järjestelmän luotettavuus voidaan määritellä monella tapaa ja sitä voidaan tarkastella yksittäisen RAU-komponentin (anturi, pumppu) tai useamman komponentin muodostaman kokonaisuuden (tuloilmakone toimilaitteineen, antureineen, säätöpiireineen ja valvonta-alakeskuksineen) kannalta. Laitteille ja järjestelmille on kehitetty ominaisuuksia, kuvaavia määritelmiä, jonka perusteella voidaan valita käyttötarkoitukseen sopiva ja luotettava laite. Sähkölaitteiden veden- ja pölynkestävyydelle on määritetty IP-luokitus ja räjähdysvaarallisiin tiloihin suunnitelluille laitteille on kehitetty ATEX-luokitus [9]. Laitteiden turvallisen käytön eliniän määrittämisessä voidaan käyttää esimerkiksi B_{10d}-lukua, jolla kuvataan laitteen toimintajaksojen keskimääräistä lukumäärää, johon mennessä 10 % kyseisistä laitteista on vikaantunut vaarallisesti [10, s. 8].

RAU-järjestelmien luotettavuus on sitä tärkeämpää, mitä suurempi riski laitteen tai järjestelmän viallisesta toiminnasta voi seurata. Järjestelmien luotettavuutta voi parantaa esimerkiksi kahdentamalla niitä. Esimerkiksi RAU-järjestelmien paloturvallisuustoimintoihin liittyvän IV-hätäpysäytyspainikeen laukaisu voi pysäyttää rakennuksen ilmanvaihtokoneiden toiminnan sekä valvonta-alakeskuksen ohjelmallisen että ryhmäkeskuksen kytkennällisen lukituksen kautta [11].

3.4 RAU-valvonnasta ennen, nyt ja tulevaisuudessa

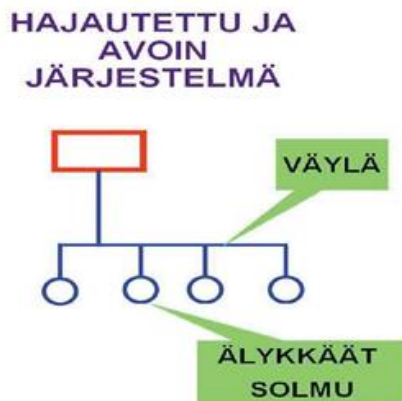
Aikana, jolloin ilmanvaihtokoneiden automaatio tehtiin erillisillä laitekohtaisilla analogisilla säätimillä, oli laitteiden tarkastus ja valvonta yksinkertaisempaa ja sen teki LVI-valvoja. Rakennusautomaatioteknologian kehittyminen paikallisista säätimistä DDC (Direct Digital Control) -teknologiaan ja väyläpohjaisiin ratkaisuihin on lisännyt järjestelmien monipuolisuutta ja monimutkaisuutta, jolloin LVI-valvojen osaaminen ei välttämättä riitä järjestelmien ymmärtämiseen ja valvontaan [4]. Silti LVI-valvojat ovat suorittaneet valvontatehtäviä kohteisiin, joissa on ollut jo monimutkaista automaatiota. LVI-valvojan suorittaman RAU-valvonnan seurauksena osa puutteista ja virheistä on saattanut jäädä huomaamatta. [12.]

Puutteellisesti tai väärin toimiva automaatio voi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia ja vaaratilanteita. Esimerkiksi jäätymissuojan viallisen toiminnan seurauksena voi aiheutua lämmityspatterin halkeaminen, josta voi seurata satojen tuhansien eurojen vesivahinko. Viallinen järjestelmä, joka ilmanvaihdon hätäpysäytystilanteessa ei pysäytäkään kaikkia ilmanvaihtokoneita, saattaa ruokkia tulipaloa ja näin vaarantaa ihmishenkiä. Kustannuksia tulee myös puutteiden ja virheiden korjauksista, mikäli ne huomataan vasta takuuajan jälkeen. [13.]

Nykyään RAU-valvontaa tekevät päätoimiset RAU-valvojat tai RAU-suunnittelijat RAU-suunnittelutyön ohessa. Useimmissa tapauksissa RAU-suunnittelijat tekevät toimintakokkeet itse suunnittelemiinsa kohteisiin. Tulevaisuudessa RAU-valvontaa tullaan tarvitsemaan yhä enemmän, sillä rakennusautomaation määrä lisääntyy kiinteistöissä. On mahdollista, että globaali kilpailu siirtää RAU-suunnittelua pois Suomesta työvoimakustannuksiltaan halvempiin maihin, jolloin enää RAU-valvonnan ja RAU-konsultoinnin olisi taloudellisesti kannattavaa pysyä Suomessa. [8.]

Rakennusautomaation tietoturvaan tullaan tulevaisuudessa RAU-valvonnassa kiinnittämään enemmän huomiota, sillä verkkoon kytkettyihin suojaamattomiin tai heikoilla käyttäjätunnuksilla ja salasanoilla varustettuihin rakennusautomaatiojärjestelmiin voidaan helposti tunkeutua ja aiheuttaa häiriötä, taloudellista haittaa ja jopa henkilövahinkoja. Julkisuudessa on jo esiintynyt tapauksia, jossa automaatiojärjestelmät ovat kaatuneet palvelunestohyökkäyksestä ja aiheuttaneet vahinkoa, kuten lämmitysjärjestelmän sammumisia. [5, s. 8, s. 48. s. 60–66]

Rakennusautomaatio saattaa kehittyä tulevaisuudessa kohti yksilöllisempiä ratkaisuja, jossa tilojen käyttäjät ja heidän mieltymyksensä huomioidaan entistä paremmin esimerkiksi huoneiden lämpötiloissa ja valaistuksessa. Väyläpohjaiset ratkaisut, kuten älykkäät kenttälaitteet ja anturit, tulevat lisääntymään alalla ja muuttamaan nykyistä keskitettyä RAU-järjestelmää entistä hajautetummaksi. Kuvassa 3 on esitetty väyläpohjainen hajautettu RAU-järjestelmä. Tiukentuvat energiavaatimukset tulevat aiheuttamaan painetta talotekniikkaan ja RAU-järjestelmien optimointiin. RAU-valvojan tulee seurata rakennusautomaation kehittymistä ja päivittämään tietotaitojaan sen mukaan. [4; 5.]



Kuva 3. Väyläpohjainen älykkäisiin solmuihin perustuva RAU-järjestelmä. [4]

3.5 RAU-valvojan ominaisuudet

Rakennusautomaatiovalvonnan tulisi hoitaa henkilö, jolla on alan koulutus ja riittävästi kokemusta. RAU-valvojalla tulisi olla yleisten sopimusehtojen ja viranomaismääräysten tuntemus [14]. Rakennusautomaatiovalvojaksi sopiva henkilö voi olla kokenut rakennusautomaatioalalla toiminut henkilö tai talotekniikan perusvalvoja, joka on suorittanut RAU-pätevyyskoulutuksen ja jolla on RAU-valvontakokemusta. [15.]

RAU-valvojan soveltuvuus projektiin riippuu kohteesta. Laajoissa ja monimutkaisissa projekteissa vaaditaan kokenutta RAU-valvojaa. RAU-valvojaksi halutaan henkilö, jolla on ymmärrystä valvottavan kohteen prosesseista ja kokemusta vastaavista kohteista. Erityyppistä osaamista vaativat kohteet ovat esimerkiksi teollisuusrakennukset, toimistotilat, liiketilat ja asuinrakennukset. Esimerkiksi elintarviketeollisuuden rakennusprojektissa voidaan vaatia RAU-valvojaa, jolla on työkokemusta elintarviketeollisuuden kohteista ja/tai asiantuntemusta alaan liittyvistä säädöksistä ja käytännöistä. [12; 15.]

3.6 RAU-valvonnan tilaaja

Taho, joka hankkii RAU-valvonnan, vaihtelee projektikohtaisesti. Projektissa, jossa tilaaja on myös rakennuttaja, hankkii tilaaja itselleen RAU-valvojan. Projektissa, jossa tilaaja ja rakennuttaja ovat eri osapuolet, palkkaa rakennuttaja RAU-valvojan. Harvinaisemmissa tapauksissa saattaa olla useampia RAU-valvoja, joita voi olla rakennuttajan lisäksi esimerkiksi hankkeen tilaajilla ja sijoittajilla. Tämänlaisia tapauksia ovat yleensä erittäin suuret rakennushankkeet. [16.]

RAU-valvonnan tilaajan ja valvojan välisten sopimusten luomisessa voidaan käyttää konsulttitoiminnan yleisiä sopimusehtoja KSE 2013, jossa käsitellään muun muassa valvojan velvollisuutta toimia tehtävässään objektiivisesti ja olla riippumaton suhteessa urakoitsijoihin, valmistajiin ja muihin vastaaviin osapuoliin. [17.]

3.7 RAU-valvonnan merkitys tilaajalle

RAU-valvoja pitää työssään tilaajan puolia. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että RAU-valvoja neuvoo ja pitää huolta, ettei tilaaja tee alaa tuntemattaan huonoja ratkaisuja. Tilanteita, joissa tilaaja voi tarvita RAU-valvojan asiantuntemusta, ovat esimerkiksi RAU-urakoitsijan tekemät suunnitelmien muutosehdotukset. Valvoja käy muutosehdotukset läpi ja antaa tilaajalle asiantuntijan näkemyksen, jonka perusteella tilaaja päättää, hyväksytäänkö muutosehdotukset kokonaan, osittain tai hylätään kokonaan. Muutosehdotuksissa tilaaja saattaa konsultoida myös RAU-suunnittelijoita. RAU-valvojan tehtäviin kuuluu pitää tilaaja ajan tasalla työmaan tapahtumista ja dokumentoida hänelle tehdystä valvonnasta. Tämän takia tilaajan ei tarvitse itse aktiivisesti käydä työmaalla toteamassa sen edistymistä. Tilaaja voi myös konsultoida valvojaa rakennusautomaatioon ja valvontaan liittyvissä kysymyksissä. [16; 1.]

Vaikka RAU-valvonta on tilaajalleen kustannuserä, voidaan RAU-valvonnan avulla ennaltaehkäistä ylimääräisiä kuluja ja virheitä. RAU-valvonnan kustannukset ovat suhteellisen pienet verrattuna koko rakennusprojektin kustannuksiin. RAU-valvonnan kustannukset ovat keskimäärin vain 0,07–0,1 % uudisrakennuksen kokonaiskustannuksista ja 7–10 % koko RAU-urakan kustannuksista. Taloudellinen valvonta voi myös olla osa RAU-valvojan tehtäviä. Siinä pidetään huolta, että tilattavat työt on hinnoiteltu oikein ja laskut ovat sopimusten mukaisia. Projektin alussa on silti hyödyllistä selvittää tarvittavan

RAU-valvonnan määrä, jotta RAU-valvonnan kustannus-hyötysuhde pysy ihanteellisimpana. [5, s. 15; 14, s. 3.]

Kustannusten säästön lisäksi RAU-valvonnalla voidaan myös säästää aikaa. RAU-valvojan tehtäviin voi kuulua ajallinen valvonta, jossa RAU-valvoja pitää huolta siitä, että työvaiheet suoritetaan ajallaan ja rakennus valmistuu sovitun ajan puitteissa. Viivästyksiä voidaan myös vähentää, kun valvonnassa huomataan virheet ja ongelmat ajoissa. [14, s. 2–3.]

Tilajalle on hyötyä RAU-valvojasta myös riitatilanteissa RAU-urakoitsijan kanssa. RAU-valvoja tuntee osapuolien oikeudet, vastuut sekä sopimusasiakirjojen ja RAU-suunnitelmien sisällön. Tämän asiantuntemuksen perusteella RAU-valvoja kykenee toimia tilaajan tukena riitatilanteissa. Riitaisuudet pyritään ratkaisemaan keskinäisin neuvotteluin ja ratkaisu pyritään löytämään sopimusasiakirjojen määräyksistä ja niiden periaatteista silloinkin, kun ne eivät suoraan vastaa riitakysymyksiin. Mikäli ristiriitatilanteissa ei päästä keskinäisissä neuvotteluissa yhteisymmärrykseen, voidaan asia ratkaista käräjäoikeudessa tai käyttää välimiesmenettelyä, jossa yksi puolueeton välimies muodostaa välimiesoikeuden. [16; 1.]

3.8 RAU-valvonnan merkitys RAU-suunnittelussa

RAU-valvoja voi hankesuunnittelu- ja toteutussuunnitteluvaiheessa toimia konsulttina ja asiantuntijana RAU-suunnittelussa. RAU-suunnittelija voi olla suunnitteluun liittyvissä ongelmissa yhteydessä RAU-valvojaan ja saada häneltä tilaajan näkemys ja RAU-valvojan oma asiantuntijanäkemys. RAU-valvojan tehtävänä on myös tarkastaa RAU-suunnitelmat ennen niiden käytännön toteutusta, mikäli RAU-valvoja on palkattu suunnitteluvaiheeseen. RAU-valvojan on jo suunnitelmien tarkastuksessa pidettävä huoli, että tilaajan toiveet ja vaatimukset otetaan huomioon. Tilaaja voi myös toimittaa RAU-suunnittelijoille suunnitteluohjeet, joiden mukaan järjestelmä, laitteet ja laitteiden toiminnot tulee suunnitella. [16.]

4 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot valvonnan kannalta

Tässä luvussa käsitellään urakoitsijan, valvojan ja tilaajan vastuuta, velvollisuuksia ja valtuuksia TATE-hankkeessa rakennusurakan yleisien sopimusehtojen YSE 1998 mukaan. YSE 1998 on yleisesti käytössä oleva kokoelma sopimusehtoja, joita sovelletaan lähes kaikkiin elinkeinonharjoittajien välisiin urakkasopimuksiin. [5.]

RT 16-10660, Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998 ovat hankittavissa www.sopimuslomake.fi-verkkosivulta tai muualta Rakennustiedon verkkokaupasta.

4.1 Urakoitsijan laadunvalvonta

Rakennushankkeissa tapahtuva laadunvalvonta ei rajoitu pelkästään valvojan suoritettavaksi, vaan urakoitsijan on huolehdittava sopimuksenmukaisen laadun saavuttamisesta. Urakoitsijan tulee noudattaa sopimusasiakirjoissa edellytettyä laadunvarmistusta ja hänen on tarvittaessa osoitettava kirjallisesti, miten hän varmistaa suoritustensa laadun. Urakoitsijan tulee tarkastaa suoritusvelvollisuuteensa kuuluvan työn laatu ja korjata puutteet sekä virheet ennen tilaajalle luovutusta. Mikäli urakoitsija havaitsee vakavan virheen tai puutteen, hänen tulee ilmoittaa siitä ja sen korjaustoimenpiteistä tilaajan edustajalle. [1, s. 5–6.]

Urakoitsijan tulee suorittaa tarkastukset rakennustavaroihin ja rakennusosiin ennen niiden käyttöönottoa sekä jatkuen työn aikana. Ennen käyttöönottoa tulee järjestelmät ja laitteistojen toiminnallisuudet tarkastaa käyttökokeilla. Käyttökokeet on suoritettava viimeistään vastaanottotarkastuksessa, kun järjestelmä on valmis ja toiminnassa. [1, s. 6.]

Urakoitsijalla on velvollisuus kustantaa erikseen sopimusasiakirjoissa mainitut tarpeelliset kokeet rakennusosien, rakennustavaroiden ja työn laadun toteamiseksi, jos kokeet ovat rakentamista koskevien säännösten ja normien mukaan säännöllisesti otettava tai jotka katsotaan tavanmukaisiksi. [1, s. 6.]

Tilaajalla on perustellusta syystä oikeus vaatia urakoitsijan laadunvalvonnan ja siinä suorittamiensa kokeiden lisäksi suoritettavaksi puolueettomia testejä. Urakoitsijalla on myös vastaava oikeus vaatia puolueettomia testejä, mikäli urakoitsija pitää tilaajan vaatimuksia työsuorituksen korjaamiseksi perusteettomina. Urakoitsijalla on velvollisuus kustantaa

ulkopuoliset testit ja kokeet, mikäli työn tulos osoittautuu sopimusten vastaiseksi. Muutoin ulkopuolisten testien ja kokeiden kustannuksista vastaa tilaaja. [1, s. 6.]

4.2 Urakkasuorituksen valvojat ja tilaajan edustajan valtuudet

Rakennuttajan asettamat pätevät valvojat valvovat urakkasuoritusta rakennuttajan puolesta. Urakoitsijalta vaaditaan hyväksyntä, mikäli valvojaksi ehdotetaan henkilöä, joka on saman alan urakoitsija tai tämän palveluksessa oleva henkilö. [17, s. 14.]

Rakennuttajan asettamien pätevien valvojen lisäksi suunnittelijat toteuttavat yleisvalvontaa laatimiensa suunnitelmien toteuttamisesta, sekä antavat täydentäviä ja täsmentäviä ohjeita suunnitelmistaan. Suunnittelijoilla ei ole kuitenkaan oikeutta määrätä tai sopia urakkaan kuuluvista muutoksista. [1, s. 14.]

Valvoja toimii urakassa tilaajan edustajana ja edunvalvojana. Tilaajan tulee ilmoittaa tilaajan edustajat ja heidän valtuutensa urakoitsijalle. Urakoitsija voi olla yhteydessä tilaajan edustajaan, tietäen saavansa yhtä pätevän vastauksen kuin tilaajalta. Tilaajan edustajalla ei ole oikeutta antaa rakennussuunnitelmien muuttamista koskevia tahdonilmaisuja, mikäli tilaaja ei ole myöntänyt tilaajan edustajalle valtuutusta tätä tehtävää varten. Edellä mainittua valtuutusta ei kuitenkaan vaadita pieniin ja kiireellisiin muutoksiin, mikäli tilaajan edustaja on kuitenkin alun perin ilmoitettu ja valtuutettu urakoitsijalle. [1, s. 13–14; 18.]

4.3 Valvonnan toteutukseen liittyvät säädökset

Tilaajan edustajalla ja valvojalla on oikeus suorittaa milloin tahansa valvonta- ja tarkastuskäyntejä urakkaan kuuluvien töiden rakennustyömailla. Näitä edellä mainittuja valvontatoimenpiteitä saa myös suorittaa urakoitsijan käyttämien rakennustarvikkeiden ja rakennusosien valmistuskohteissa. [1, s. 14.]

Tilaajan edustalla ja valvojalla on oikeus suorittaa kokeita, mittauksia ja muita valvontaa varten suoritettavia tehtäviä käyttäen hyödyksi urakoitsijalle kuuluvia laitteita ja muita tarvikkeita, ilman erillisiä kuluja. Tarvittaessa urakoitsijalla on myös velvollisuus avustaa laitteiden ja tarvikkeiden käytössä. [1, s. 14.]

Urakoitsijan tulee luovuttaa laadunvarmistuksesta saamansa mittaustulokset ja muut laadunvarmistustiedot valvojalle tai tilaajan edustajalle pyydettyä. [1, s. 14.]

Tilaajan edustajan tai valvojan tulee ilmoittaa huomaamastaan virheestään urakoitsijalle, jonka on korjattava virhe viipymättä. Vakava virhe on virhe, jonka korjaamatta jättäminen aiheuttaa huomattavia taloudellisia menetyksiä, vaaraa tai vahinkoa. Mikäli tilaajan edustaja tai valvoja huomaa vakavan virheen, jota ei välittömästi korjata, tulee tilaajan edustajan tai valvojan tehdä urakoitsijalle merkintä työmaapäiväkirjaan, työmaakokouksen pöytäkirjaan tai tehdä kirjallinen merkintä muuhun yhteyteen. Urakoitsijan tulee mahdollisimman pian esittää tilaajalle kirjallinen vastahuomautus tai vaatimus, mikäli urakoitsija pitää huomautuksen vaatimusta epätarkoituksenmukaisena tai sopimuksen vastaisena. [1, s. 14.]

Mikäli rakennustyön toteuttaminen kärsii valvojan epäpätevydestä, tulee urakoitsijan ilmoittaa siitä kirjallisesti tilaajalle. Jos tilanteeseen ei ilmoituksesta huolimatta tule muutosta, voidaan valvojaa vaihtaa. [1, s. 14.]

4.4 Urakoitsijan ja valvojan vastuu urakassa

Urakoitsija on ensisijaisesti vastuussa työmaalla tehdyistä ja työssä havaituista virheistä ja puutteista. Tilaajan hankkimalla valvonnalla ei ole urakoitsijan sopimuksenmukaiseen vastuuseen rajoittavaa tai vähentävää vaikutusta. Valvojan aikaisempi hyväksyntä ei poista urakoitsijan vastuuta myöhemmin virheelliseksi osoittautuvasta työstä, mutta valvoja saattaa joutua vastuuseen, mikäli hän on laiminlyönyt valvontatehtävänsä tai antanut virheellisiä ohjeita urakoitsijalle. [1, s. 14.]

Mikäli tilaaja (tilaajan edustaja/valvoja) ei ole huomauttanut urakoitsijaa kohtuuden mukaan havaittavissa olevasta vakavasta virheestä, katsotaan kyseistä toimintaa valvonnan laiminlyönniksi. Tässä tilanteessa tilaaja joutuu vastaamaan omaa tuottamustaan vastaavalta osin virheestä seuranneista kustannuksista ja vahingoista. Urakoitsijan on kyettävä todistamaan vastuun siirtyminen tilaajalle. Tilaaja ei kuitenkaan joudu kyseisessä tilanteessa ottamaan vastuuta virheestä, mikäli virhe on seurannut urakoitsijan törkeästä laiminlyönnistä, täyttämättä jääneestä suorituksesta tai sovitun laadunvarmistuksen laiminlyönnistä. [1, s. 14.]

5 RAU-valvonta RAU-urakassa

5.1 Valvojan työtehtävät

RAU-valvojan työtehtävät määritellään valvontasopimuksessa. Työtehtävien määrittelyssä voidaan käyttää apuna Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluetteloa (RT 16-11123). Siinä on lajiteltu valvontatehtävät pääotsikoittain yleisvastuullisiin valvontatehtäviin, yleisvalvontaan, työmaan turvallisuuden ja ympäristön valvontaan, ajalliseen valvontaan, teknisen toteutuksen laadunvalvontaan, taloudelliseen valvontaan, dokumentointiin, käytönopastuksen valvontaan, vastaanottomenettelyihin ja takuuajan tehtäviin. Pääotsikoiden alle on määritelty yksityiskohtaisesti valvojan tehtäviä. [14.]

Koska tehtäväluettelot on määritelty yleisesti TATE-valvontaa varten, eivät ne sisällä pelkästään RAU-valvontaan liittyviä toimenpiteitä. [14.]

5.2 RAU-valvonnan laajuus hankkeessa

Hankkeen RAU-valvonnan laajuuteen vaikuttavat useat tekijät, kuten hankkeen koko, tilaajan näkemys ja resurssit tarvittavasta RAU-valvonnasta, RAU-valvojan näkemykset tarvittavasta valvonnasta. Lopullinen päätös RAU-valvonnan laajuudesta tulee RAU-valvonnan tilaajalta. [12.]

RAU-valvontaan kuuluu aina vähintään pisteiden tarkastus sekä ohjelmien tarkastus, mutta toteutussuunnitelmien valvonta on yleistymässä laajempiin kohteisiin. Hankesuunnitelman valvonta on harvinaisempaa, koska varsinaista RAU-suunnittelua siinä tapahtuu vain vähän. FAT (Factory Acceptance Test) -tarkastus on harvinaisen toimenpide rakennusautomaatiossa, sillä se on kallis ja aikaa vievä prosessi. FAT-tarkastuksia tehdään yleensä ainoastaan suurimmissa hankkeissa. [12.]

RAU-valvonta hankkeen valmistumisen jälkeen on harvinaista, mutta hyödyllistä tilaajan kannalta, sillä useimmiten tilaajalla ei ole tarpeeksi ymmärrystä rakennusautomaatiosta. RAU-valvojan asiantuntemusta tarvittaisiin RAU-järjestelmän puutteiden ja vikojen tunnistamiseen ja etsimiseen takuuajana. [12.]

Harmillisen harvoin RAU-valvojalta tilataan muuta työmaalla tehtävää valvontaa kuin toimintakokeita, jonka takia esimerkiksi asennustarkastuksia tehdään vasta toimintakokeiden yhteydessä. RAU-valvojan suorittamat rakennusajan työmaatarkastukset olisivat hyödyllisiä, jotta virheet huomattaisiin aikaisessa vaiheessa. [12; 36.]

5.3 Hankesuunnitelmien RAU-valvonta

Hankesuunnittelu on hankkeen ensimmäinen työvaihe, jonka lopputuotoksena syntyy hankesuunnitelma. Hankesuunnitelmassa määritellään tärkeimmät tiedot hankkeesta, joita ovat esimerkiksi hankkeen kohde, tilaajan vaatimusmäärittely (toiveet ja tavoitteet), tekijät, kuvaus hankkeen toteutuksesta, aikataulu, kustannusarvio, hankkeen rahoitus ja kohteen järjestelmien nykytilanne. [19; 20; 21; 22.]

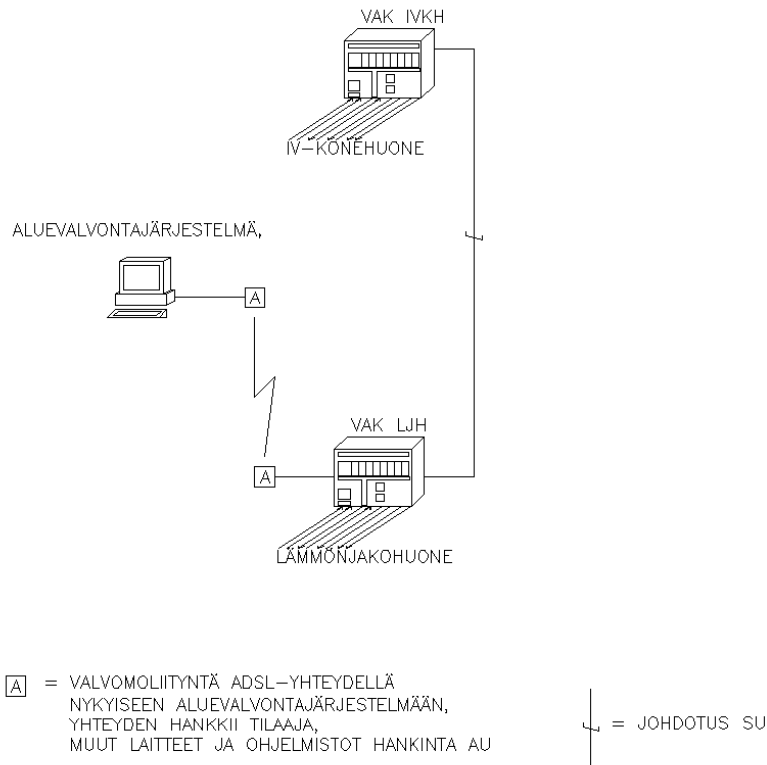
RAU-valvoja toimii hankesuunnittelussa asiantuntijan roolissa, joka arvio muun muassa hankkeen toteutettavuutta, tarkoituksenmukaisuutta sekä hankkeeseen liittyviä riskejä. Useimmiten hankesuunnittelussa ei tehdä suunnittelun valvontaa, ellei tehdä konkreettisia RAU-suunnitelmia kuten esimerkiksi järjestelmäkaaviota. RAU-valvoja tarkastaa hankesuunnitelman ennen kuin se toimitetaan tilaajalle. [20; 12.]

5.4 Toteutussuunnitelmien RAU-valvonta

Toteutussuunnitelmat ovat suunnitelmat, joiden perusteella projekti toteutetaan työmaalla. Toteutussuunnitelma perustuu hankesuunnitelmaan ja siihen sisältyviin vaatimusmäärittelyihin, kohteen aiempiin suunnitelmiin ja yleisohjeeseen. RAU-toteutussuunnitelmissa luodaan järjestelmäkaavio, säätökaaviot ja toimintaselostukset sekä RAU-laitteiden paikannuskuvat. [23.]

Järjestelmäkaavio on yksinkertaistettu kuva rakennuksessa sijaitsevasta ”älystä”, joka rakennusautomaatiassa muodostuu yleensä VAK:sta ja (huone)säätimistä. Järjestelmäkaaviosta selviää valvonta-alakeskusten ja säätimien suurpiirteisen sijainnin eri tiloissa sekä niiden väliset yhteydet (kaapeloinnit) toisiinsa. Edellä mainittujen tietojen lisäksi järjestelmäkaaviosta käy ilmi muun muassa kohteen valvomot, hajautetut järjestelmät, väyläkaapelit, järjestelmien välisten kaapeleiden tyypit ja näiden järjestelmien yhteydet ulkomaailmaan. Järjestelmäkaavioihin on yleensä kirjoitettu ohjeita valvonta-alakeskusten asennuksiin. Yleensä projektiin tehdään vain yksi järjestelmäkaavio, mutta tarvittaessa sellainen voidaan tehdä lisäksi huoneistokohtaisesta vedenmittausjärjestelmästä tai

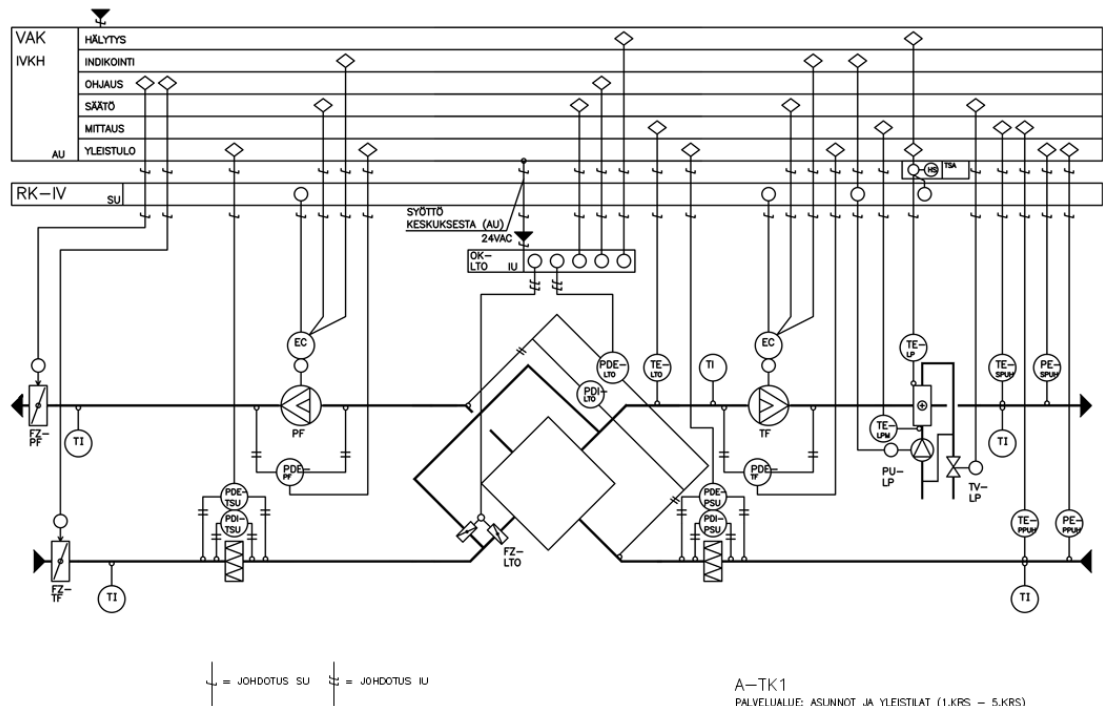
muusta erillisestä järjestelmästä. Kuvassa 4 on yksinkertainen järjestelmäkaavio kahden valvonta-alakeskuksen muodostamasta RAU-järjestelmästä. Lämmönjakuhuoneen valvonta-alakeskuksesta (VAK LJH) on muodostettu etäyhteys aluevalvontajärjestelmään.



Kuva 4. Uudisrakennuksen järjestelmäkaavio [24].

Säätökaaviot ja toimintaselostukset ovat oleellinen osa RAU-suunnitelmia. Säätökaaviot ja toimintaselostukset sisältävät kuvauksen jokaisesta RAU-järjestelmään liitetystä laitteesta. Jokaiselle laitekokonaisuudelle on oma säätökaavionsa ja toimintaselostuksensa. Yleisimpiä laitekokonaisuuksia, joista tehdään säätökaaviot ja toimintaselostukset, ovat ilmanvaihtokoneet, erillispoistot, sähköpisteet ja tilat joissa on paljon RAU-järjestelmään liitettyjä laitteita, kuten saunat ja neuvottelutilat. Säätökaaviosta käy ilmi millä tavalla laitteet ovat liitetty automaatiojärjestelmään, kuka kaapeloi laitteen, mihin valvonta-alakeskukseen/moduulikoteloon laite on kytketty. Säätökaavioista nähdään myös, miten laite kytketään valvonta-alakeskukseen. Laitteiden kytkentöjä valvonta-alakeskukseen kutsutaan pisteiksi ja ne ovat yleisimmin DI (Digital Input) hälytys- tai tilatietopisteet (indikointi), DO (Digital Output) ohjauspisteet, AO (Analog Output) säätöpisteet ja AI/UI (Analog Input/Universal Input) mittauspisteet. Kuvassa 5 on tuloilmakoneen säätökaavio,

josta näkee, mitä laitteita tuloilmakonekokonaisuus sisältää ja millä pisteillä tuloilmakoneen laitteet on kytketty ilmanvaihtokonehuoneen valvonta-alakeskukseen (VAK IVKH).



Kuva 5. Uudisrakennuksen tuloilmakoneen säätökaavio [25].

Toimintaselostuksessa on eritelty sen säätökaaviossa näkyvät laitteet listaan, josta käy ilmi laitteiden tunnukset, hankkija (automaatiourakoitsija, putkiurakoitsija, nykyinen laite – ei hankintaa jne.), toiminta-aluevaatimukset sekä muuta huomioitavaa tietoa laitteesta. Tämän jälkeen toimintaselostuksessa on kerrottu, miten koje toimii. Toimintaselostuksissa kerrotaan, miten laitteiden toiminta riippuu toisista laitteista ja miten olosuhteiden muutokset vaikuttavat laitteiden toimintaan ja mitkä arvot ovat muutettavissa. Toimintaselostuksen perusteella RAU-urakoitsija ohjelmoi kyseisen kojeen ohjelman siihen valvonta-alakeskukseen, mihin koje tullaan kytkemään.

RAU-paikannuskuvissa merkitään rakennuksen pohjapiirustukseen automaatiolaitteiden sijainnit, joiden perusteella laitteet asennetaan työmaalla paikoilleen. Paikannuskuvien perusteella RAU-laitteet ovat myöhemminkin helposti löydettävissä.

RAU-valvoja tarkastaa valmiit toteutus suunnitelmat etsien mahdolliset virheet ja puutteet. Virheiden etsimisen lisäksi RAU-valvoja tarkastaa, että suunnitelmissa tilaajan toi-

veet ja vaatimukset on otettu huomioon. RAU-valvoja voi myös ottaa kantaa suunnitelmissa esitettyihin ratkaisuihin, joista voidaan keskustella eri osapuolten kesken. RAU-valvojan tulee suunnitelmia tarkastaessa huomioida myös mahdolliset uusien ja nykyisten järjestelmien väliset liitynnät. Kun RAU-valvoja on tarkastanut suunnitelmat, lähetetään suunnitelmat takaisin suunnittelijoille huomautuksineen korjattavaksi, jos niissä on puutteita. Suunnittelijoiden korjausten jälkeen RAU-valvoja tarkastaa korjatut suunnitelmat ja hyväksyy tai hylkää ne. [5; 12.]

RAU-urakoitsija suunnittelee työsuunnittelijan avustuksella toteutussuunnitelmien perusteella työpiirustukset. Työpiirustukset suunnitellaan työsuorituksen ohjeeksi [26]. RAU-urakoitsija lähettää kuvat RAU-valvojalle tarkastettavaksi. Työpiirustuksien tarkastuksessa tarkastetaan muun muassa kytkentäpiirustukset, laiteluettelot ja laitevalinnat. Kun RAU-valvoja on hyväksynyt kuvat, voi RAU-urakoitsija laittaa ne jakeluun ja aloittaa laitehankinnat sekä valvonta-alakeskusten ja säätökoteloiden valmistuksen. [12; 27.]

5.5 FAT-testaus

FAT-testaus on laitetoimittajan tiloissa tehty pistetarkastus, jossa tarkastetaan kohteeseen toimitettavien koneiden automaatioon liitettävien laitteiden toiminnallisuus ja kytkennät. FAT-testauksessa voidaan tarkastaa myös RAU-ohjelmiston toimivuutta ja muita toimintaan vaikuttavien liitospisteiden toimintaa. Jotta FAT-testaus voidaan suorittaa, täytyy tarvittava automatiikka olla asennettuna, sähköt kytkettynä, mahdolliset väylät liitettynä ja mahdolliset etäyhteydet asennettuna koneisiin. Laitevalmistajan ja RAU-urakoitsijan tehtäviin kuuluu koneiden testausvalmiiksi asentaminen. [12; 28.]

FAT-testausta voidaan RAU-valvojan osalta nopeuttaa siten, että RAU-valvoja osallistuu ainoastaan jokaisen konetyypin tarkastukseen ja RAU-urakoitsija tarkastaa kaikki koneet tehden niistä tarvittavat pöytäkirjat [12; 28].

FAT-tarkastusten hyödyt ilmenevät suurissa projekteissa, jossa virheellisten koneiden toimittamisesta työmaalle seuraisi huomattavia kustannuksia [12].

5.6 Rakennusajan RAU-valvonta

Rakennusaikana työmaalla tehdyllä valvonnalla on tarkoitus varmistaa rakennuksen taloteknisten järjestelmien laatu ja toimivuus.

Ennen kuin RAU-valvoja ryhtyy työmaavalvontatehtäviinsä, tulee hänen perehtyä tarkasti urakka-asiakirjoihin, jotta hänelle muodostuu tarkka kuva siitä, minkälaiseksi työn lopputulos halutaan. Seuraavaksi RAU-valvojan tulee suunnitella valvontatehtävänsä huolella ja siten, että itse RAU-valvonta tapahtuu tehokkaasti ja taloudellisesti. Valvojan tulee ilmoittaa urakoitsijalle havaitsemistaan virheistä riittävän ajoissa, jotta virheet jäisivät mahdollisimman vähäisiksi tai ne saataisiin ennalta ehkäistyä. [14.]

Rakennusaikana työmaalla tehtävässä RAU-valvonnassa kuuluu varmistaa, että laitteet, työkalut ja tarvikkeet ovat asiakirjojen mukaisia ja että työt tehdään yleisesti hyväksytyjen periaatteiden mukaisesti. Muita työmaalla tehtäviä teknisen toteutuksen laadunvalvontaan kuuluvia toimenpiteitä ovat asennusten aloitustarkastukset, kenttälaitteiden ja valvonta-alakeskuksien asennustarkastukset, työtuloksen vastaanottokelpoisuuden ennakkotarkastukset, RAU-urakoitsijan omavalvonnan ja laadunvalvonnan toteutumisen tarkastaminen, peittyvien töiden tarkastukset, kunnossapidon ja teknisten ratkaisujen toimivuuden huomioiminen. Työmaavalvonnalla on mahdollista välttää systemaattiset ja peittyvissä töissä ilmenevistä virheistä johtuvat työlääät korjaustoimenpiteet. [1; 27.]

Työmaan tarkastusten aikataulutus voi perustua työn etenemisen aikatauluun, jolloin tarkastuksia tehdään kyseisen työvaiheen alussa, keskellä ja loppuvaiheessa. Valvojalla on kuitenkin oikeus suorittaa koska tahansa tarkastuskäyntejä työmaalla. [1; 27.]

Kaikista valvojan suorittamista tarkastustoimista tulee aina tehdä huolelliset pöytäkirjat, joista käy ilmi mikä tarkastus on ollut kyseessä ja mitä on tarkastettu, missä milloin ja kenen pyynnöstä tarkastus on pidetty, tarkastuksen sopimuksen mukaisuus, tarkastuksessa paikalla olleet sopijapuolet, heidän edustajansa, asiantuntijansa sekä tarvittaessa muut tarkastuksessa olleet henkilöt, tarkastuksen tulos, asianomaisten vaatimukset ja vastineet ja lopuksi tieto siitä miten pöytäkirja tarkastetaan ja allekirjoitetaan. Tarkastusasiakirjoihin voidaan myös liittää tekstin tueksi kuvia tärkeistä rakennusvaiheista, kuten peittyvistä töistä. Dokumentoinnin avulla valvoja pitää rakennuttajan tietoisena urakan eri vaiheista. [1, s. 16; 27.]

5.7 RAU-toimintakokeet

RAU-toimintakokeissa tarkastetaan laitteistojen I/O-pisteiden toiminnat sekä koneiden ohjelmien toiminta. Näiden lisäksi toimintakokeissa tarkastetaan esimerkiksi peltien ja

venttiilien liikesuunnat sekä puhaltimien ja pumppujen pyörimissuunnat. Toimintakokeiden tarkoituksena on varmistua siitä, että kaikki järjestelmät ja laitteet toimivat suunnitelmien mukaisesti. Toimintakokeissa on suositeltavaa tarkastaa ensin pisteet, jotta ohjelmat voidaan luotettavasti tarkastaa suoraan valvomosta. [5.]

Toimintakokeiden aloitukselle on omat edellytyksensä. Ennen varsinaisia RAU-valvojan suorittamia toimintakokeita RAU-urakoitsijan tulee suorittaa omat toimintakokeensa (itselleluovutuksen), niissä havaitut puutteet korjata ja ilmoittaa laitteidensa olevan toimintakunnossa. Tämän jälkeen suoritetaan urakoitsijoiden keskinäiset toimintatarkastukset ja niissä havaitut puutteet korjataan. Urakoitsijoiden väliset toimintakokeet edellyttävät, että kaikki järjestelmät, kuten sähköurakan ryhmäkeskukset, ovat valmiit ja toimintakunnossa. Kun urakoitsijoiden väliset toimintakokeet on onnistuneesti suoritettu, voidaan RAU-valvojan kanssa sopia aika varsinaisille toimintakokeille. [5; 27.]

Ennen RAU-valvonnan toimintakokeita on hyvä tutustua RAU-urakoitsijan itselleluovutuspöytäkirjaan (RAU-urakoitsijan omatarkastuslista). Itselleluovutuspöytäkirjaan on valvonta-alakeskuskohtaisesti listattu kaikki VAK:iin liitetyt pisteet. Omatarkastuslistasta voidaan nähdä, missä laitteissa ja missä laitteiden pisteissä on puutteita. Puutteellisen pisteen lisätiedoissa kerrotaan selitys miksi piste ei ole toimintakunnossa. Omatarkastusdokumentissa puutteelliseksi merkityt pisteet voidaan toimintakokeissa jättää tarkastamatta, koska ne tarkastetaan vasta korjausten jälkeen seuraavissa toimintakokeissa. [29.]

Toimintakokeissa on RAU-valvojan lisäksi ainakin RAU-urakoitsija. Tämän lisäksi toimintakokeissa saattaa olla mukana, henkilö, joka tuntee kohteen RAU-ohjelmistot ja laitteet, muita urakoitsijoita, pääurakoitsija, työmaamestari, rakennuttaja ja tilaajan edustajia. Toimintakokeissa RAU-valvoja merkitsee puutteet ylös ja tekee niiden perusteella tarkastuspöytäkirjan, joka lähetetään asianomaisille. Puutteet korjataan ja tarkastetaan myöhemmin uudestaan seuraavissa toimintakokeissa. [5; 27.]

RAU-valvoja saattaa keskeyttää toimintakokeet, mikäli tarkastettavissa kojeissa esiintyy huomattavasti virheitä ja puutteita. Näin voidaan toimia, koska kohde joudutaan kuitenkin tarkastamaan uudestaan ja toimintakokeet pahasti keskeneräisellä työmaalla ovat resurssien tuhlausta. [5.]

Pisteiden tarkastus

Pisteiden tarkastuksessa RAU-valvoja käy kaikki kohteen rakennusautomaatiojärjestelmään liitetyt I/O-pisteet läpi ja varmistaa niiden toimivuuden. Esimerkiksi lämpöanturin mittauspiste tarkastetaan vertaamalla ensin anturin valvomografiikalla näyttämää lämpötilaa toiseen lämpömittariin, jolloin lämpötilojen tulisi vastata toisiaan. Seuraavaksi mittauspisteen toimivuus voidaan varmistaa muuttamalla lämpöanturin lämpötilaa ja toteamalla muutos valvomografiikalta. Pisteiden tarkastuksessa käydään myös läpi pisteiden mahdolliset rinnantoiminnot, kuten esimerkiksi puhaltimien ohjauspisteiden rinnantoiminnot. Tarkastuksessa RAU-valvoja kirjaa pisteen pistetarkastuslistaan tai tarkastettavan kohteen säätökaavioon toimivana tai puutteellisenä.

Ohjelmien ja valvonta-alakeskusten tarkastus

Valvonta-alakeskusten tarkastus tapahtuu toimintakokeiden yhteydessä, mutta ensimmäiset tarkastukset voidaan tehdä jo ensimmäisten osajärjestelmien valmistuttua. Aikaisessa vaiheessa suoritettua tarkastuksessa on mahdollista löytää ohjelmistovirheitä sekä muita puutteita ja huomauttaa niistä RAU-urakoitsijalle ennen ohjelmien ja grafiikoiden kopioimista muihin osajärjestelmiin. [5.]

Ohjelmien tarkastuksessa simuloidaan oikeita tapahtumia ja tarkastellaan miten RAU-järjestelmään liitetyt kojeet reagoivat tapahtumiin. Koneiden tulee toimia simuloituissa tilanteissa toimintaselostuksissa esitetyllä tavalla. Kaikki toimintaselostuksissa mainitut ohjelmat ja toiminnot tulee tarkastaa. Esimerkiksi lämmöntalteenotolla varustetun tuloilmakoneen lämmityksen säätöportaiden ohjelma voidaan tarkastaa nostamalla lämpötilan asetusarvoa ylöspäin. Tällöin tuloilmakoneen tulisi ensimmäisessä portaassa sulkea jäähdytysventtiili, toisessa portaassa lisätä lämmöntalteenoton käyttöä ja kolmannessa portaassa avata lämmityspatterin venttiiliä.

RAU-valvomon tarkastus

RAU-valvojan tulee RAU-valvomografiikan tarkastuksessa huomioida, että grafiikalta on nähtävissä RAU-suunnitelmissa määritellyt tiedot laitteista joita ovat muun muassa laitteiden käyntitiedot, asetusarvot, antureiden ja lähettimien mittaamat arvot, raja-arvot, viiveet, hystereesit ja aikaohjelmat. Grafiikalla näkyvien laitteiden tunnusten tulee vastata suunnitelmia. Grafiikalta pitää myös olla aseteltavissa RAU-suunnitelmissa aseteltaviksi

määritellyt arvot, joita ovat esimerkiksi asetusravot, raja-arvot, viiveet, hystereesit ja aikaohjelmat. Grafiikan tarkastuksessa tulisi arvioida myös sen ulkoasua, kuten säätökaavioiden ulkoasua ja grafiikkapolkuja. Yleisesti käyttöliittymän tulisi olla yhdenmukainen, selkeä ja helppokäyttöinen. [5.]

RAU-valvojan tulee tarkastaa valvomoa koskevista suunnitelmista miten fyysisten komponenttien rikkoutuminen ja ohjelmistojen vioittuminen on otettu huomioon. RAU-valvojan tulisi varmistaa, että järjestelmistä ja loppukuvista otetaan varmuuskopiot ja että ne päivitetään, kun järjestelmään tehdään muutoksia. Varmuuskopioiden avulla RAU-järjestelmän toiminta saadaan palautettua nopeasti, mikäli sen toiminta häiriintyy laitteistojen fyysisten vikaantumisen tai haittaohjelmien seurauksena. [30.]

Tietoturva

Useimpia RAU-järjestelmiä halutaan hallita etäältä, joten niihin hankitaan etäyhteys. Etäyhteyksien ratkaisut ovat usein internetpohjaisia, joten niissä täytyy kiinnittää huomio tietoturvaan. RAU-valvojan tulisi arvioida ja ottaa kantaa laitteistojen tietoturvan suunnitteluun ja laitetoimittajan tietoturvaratkaisuihin.

Internetistä tulevien hyökkäyksiä varalta tulisi järjestelmän olla palomuurin takana [31]. Muita keinoja, joilla voidaan minimoida tietoturvaohkia etäyhteyksien käytössä, on käyttää salattuja yhteyksiä valvonta-alakeskuksen ja siihen yhteydessä olevan etävalvontakoneen välillä. Nämä salatut yhteydet voidaan toteuttaa erilaisilla VPN (Virtual Private Network) -ratkaisuilla, joista yksi on Tosibox Oy:n kehittämä TOSIBOX®-järjestelmä. Tässä järjestelmässä käytetään tietokoneen usb-liitäntään kytkettäviä ”avaimia”, joiden avulla voidaan muodostaa salattu yhteys tosibox-”lukoilla” varustettuihin järjestelmiin. [32.]

Ennen RAU-järjestelmän yhdistämistä internetiin tulee RAU-valvoja varmistaa, että järjestelmän oletuksena olevat kirjautumistunnukset ja salasanat on vaihdettu uusiin ja turvallisempiin. RAU-järjestelmän etävalvontakäyttöön voidaan tietoturvan lisäämiseksi luoda eri tasoisia käyttäjäryhmiä. Osalle käyttäjistä voitaisiin antaa lukuoikeus ja toiselle ryhmälle voitaisiin antaa lisäksi kirjoitusoikeus, jonka avulla voidaan tehdä muutoksia järjestelmään. Etäyhteyksiä ja valvomo-PC:itä käyttäviä henkilöitä olisi myös hyvä opastaa tietoturva-asioista, kuten salasanojen luovutuksesta muille osapuolille, tuntematto-

mien USB-muistitikojen kytkemisestä järjestelmiin ja yleisestä tietokoneiden turvallisuudesta käytöstä, kuten internetissä surffailusta ja liitteiden sekä tiedostojen lataamisesta. [5.]

5.8 Vastaanottotarkastus

Vastaanottotarkastus voidaan pyytää pidettäväksi, kun rakennuskohde on sellaisessa vaiheessa, että keskeneräiset ja suoritamatta olevat työt saadaan tehtyä valmiiksi ennen tarkastusta. Sekä urakoitsijalla että rakennuttajalla on oikeus tehdä aloite vastaanottotarkastuksen pitämisestä. [1.]

Ennen vastaanottotarkastusta RAU-valvoja tarkastaa toimintakokeen tavoin kaikki tarkastamattomat ja puutteelliseksi merkityt kohteet ja laatii niistä virhe- ja puuteluettelot. RAU-valvoja ei voi tässä tilanteessa keskeyttää toimintakokeita, vaikka kohteessa olisi-kin huomattavasti virheitä. Urakoitsijan tulee itse ennen vastaanottotarkastusta varmistaa, että rakennustyö on valmis ja se täyttää sopimuksen mukaiset ehdot. [5; 1.]

Vastaanottotarkastuksen tavoitteena on selvittää rakennuksen valmiusaste, sekä se että työtulos on sopimusasiakirjojen määräysten mukainen. Näiden perusteella määritellään, voiko tilaaja vastaanottaa koko rakennuksen tai jotkin osat siitä. Vähäiset keskeneräiset viimeistelytyöt eivät estä rakennuksen vastaanottoa, mikäli niistä ei aiheudu haittaa tai estettä käyttöönnotolle. Tilaajalla saattaa olla intressejä vastaanottaa rakennus puutteellisenakin, koska vastaanoton viivästyminen voi seurata taloudellisia tappioita. Esimerkiksi kerrostalon vastaanoton myöhästymisestä johtuen tilaaja saattaa joutua kustantamaan tuleville asukkaille majoituksen siksi aikaa, kunnes asukkaat voivat muuttaa rakennukseen. [1.]

Valmiusasteen määrittämisessä käytetään hyödyksi muun muassa RAU-valvojan laatimia virhe- ja puutelistoja, sekä RAU-urakoitsijan oman laadunvalvonnan virhe- ja puutelistoja. RAU-valvojan ja RAU-urakoitsijan merkitsemistä virheistä ja puutteista laaditaan yhteenveto lopullisista puutteista, joita tullaan käsittelemään jälki-/takuuajan tarkastuksissa. Vastaanottotarkastuksessa sovitaan myös jäljellä olevat työt ja puutteiden korjaukset sekä seuraavien jälkitarkastusten aikataulut. [5.]

5.9 RAU-valvonta takuuajana

Luovutustarkastuksessa vastaanotettavaksi otettavan rakennuksen tai jonkin sen osan takuu alkaa sinä päivänä, kun rakennus tai jokin osa siitä hyväksytään vastaanotetuksi tai kun kyseinen osa/kokonaisuus otetaan käyttöön. Takuuajaksi on yleisesti kaksi vuotta, ellei urakkasopimuksessa ole muuta sovittu. RAU-urakoitsijan on tarkoitus saada vastaanottotarkastuksessa määritellyt puutteet korjatuksi takuuajana. Urakoitsija on myös velvollinen korjaamaan takuuajana ilmenneet virheet, ellei hän pysty osoittamaan niiden johtuvan hänestä riippumattomasta syystä, kuten normaalista kulumisesta tai tilaajan virheellisestä käytöstä. [1.]

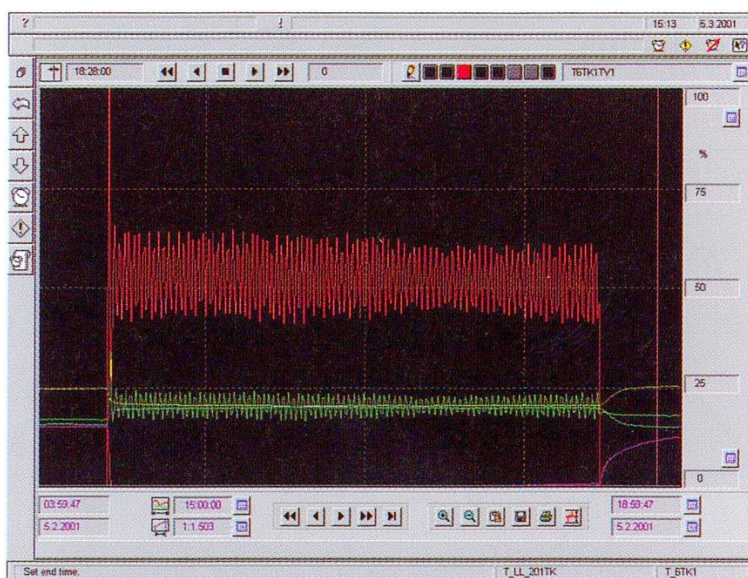
RAU-valvojan takuuajan tehtäviin kuuluu säännöllisesti tehtävät takuuajan tarkastukset, joissa seurataan määriteltyjen puutteiden korjausten edistymistä. Takuuajan tarkastuksissa tarkastellaan myös, että prosessit toimivat oikein, aikaohjelmat ja asetusarvot on oikein määritelty sekä turhat hälytykset on karsittu. Järjestelmien energiankulutuksen ja sisätilojen olosuhteiden kuten lämpötilojen, hiilidioksidin- ja kosteuspitoisuuden mittausten tarkastelu kuuluu olennaisesti takuuajana tehtävään seurantaan. Näitä mittaustuloksia verrataan tavoitteisiin ja edellisiin mittauksiin, ja RAU-järjestelmään tehdään säätöjä, jotta halutut tulokset saavutetaan. Tulosten saavuttamiseksi voidaan käyttää apuna työkaluja, kuten Excel-taulukoita, joilla saadaan järjestelmän mittaukset kerättyä selkeästi hahmotettaviksi taulukoiksi ja kuvaajiksi. [5.]

RAU-valvoja hyödyntää omien havaintojensa ja tarkastustensa lisäksi käyttäjien kokemuksia. RAU-valvoja haastattelee laitoksen/rakennuksen käyttäjiä järjestelmän toiminnasta ja kirjaa ylös käyttökokemuksia ja havaittuja vikoja. Käyttäjät eivät aina välttämättä tiedä, mitkä järjestelmän piirteet ja toiminnot ovat puutteellisia ja mitkä ovat järjestelmän normaalia toimintaa. RAU-valvoja käy läpi keräämänsä tiedon ja ottaa tarvittaessa yhteyttä RAU-urakoitsijaan mahdollisista korjauksista. [5; 16.]

Urakoitsija on velvollinen vastaamaan takuuajan jälkeen havaituista virheistä tai puutteista, jotka tilaaja kykenee näyttämään johtuvan urakoitsijan törkeästä laiminlyönnistä, tekemättä jääneestä suorituksesta tai laadunvalvonnan laiminlyönnistä ja joita tilaaja ei ole voinut kohtuudella havaita vastaanottotarkastuksessa tai takuuajana. Urakoitsija vapautuu tästä vastuusta, jos vastaanotto- tai käyttöönottopäivästä on kulunut kymmenen vuotta. [1.]

5.10 Trend-seurannat

Käyttöönoton jälkeen säätöpiireillä varustetut koneet jätetään trend-seurantaan. RAU-valvoja selvittää trend-seurannan avulla koneiden säätöpiirien stabiiliteettia, energiatehokkuutta, koneiden toimintatiloja ja koneiden tuottamia olosuhteita, esimerkiksi lämpötiloja. Trend-seurannassa VAK kerää tietyllä tarkuudella ja tietyn aikaa dataa laitteilta. Datan keräämisen tarkkuudella tarkoitetaan sitä, kuinka usein mitattavista komponenteista kerätään data, esimerkiksi lämpötilan mittausta yhden minuutin välein. Kerättävää dataa voivat olla esimerkiksi anturien mittaamien lämpötilojen lisäksi venttiilien asennot, puhaltimien käyntinopeudet ja LTO-peltien asennot. Trend-seurantaa pidetään käynnissä yhtäjaksoisesti yleensä kahden vuoden takuuajan verran. Trend-seurannan aikana ja sen jälkeen voidaan tarkastella valvonta-alakeskuksen piirtämiä graafisia kuvaajia ”trendejä” valvonta-alakeskuksen grafiikalta tai valvomosta. Kuvassa 6 on epästabiili huojuva säätö. [5; 27.]

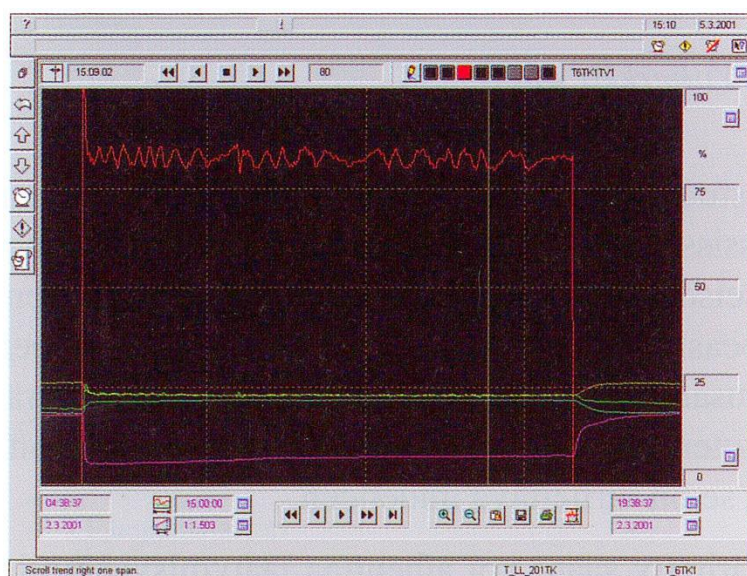


Kuva 6. RAU-valvomon historiatrendi. Säätö huojuu. [27, s. 232.]

Trend-seurantaa tarvitaan, koska järjestelmien säätöpiireillä on vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen, siellä vallitseviin olosuhteisiin ja laitteiden käyttöikäen. Huonosti viritetyt säätöpiirit lisäävät energiankulutusta ja aiheuttavat epämiellyttäviä olosuhteita sisätiloissa, jotka voivat ilmetä esimerkiksi ilmanvaihdossa vedon tunteena ja käyttövesijärjestelmissä epämiellyttävänä veden lämpötilan vaihteluna. Huonosti toimivilla ja epästabiileilla säätöpiireillä on taipumus lyhentää toimilaitteiden, kuten säädettävien

venttiilimoottorien ja peltimoottorien käyttöikä ja pahimmillaan aiheuttaa välillisesti muita laiterikkoja. [27.]

Trend-seurannan aikana ja sen jälkeen säätöpiireihin tehdään virityksiä, mikäli niiden trendeissä näkyy huojuntaa tai muuta epätoivottavaa. Koneiden jäähdytyskäytön säätöpiirien viritykset tehdään kesäaikana ja lämmityskäytön viritykset vastaavasti talvella. Samalla tarkastetaan trendeiltä laitteiden tuottamat olosuhteet ja toimintatilat, kuten lämpötilat, ilmamäärät ja käyntiajat. Muutoksia tehdään asetusarvoihin, aikaohjelmiin ja käyntiaikoihin, mikäli olosuhteissa ja toimintatiloissa on parannettavaa. Ongelmien selvittäminen helpottuu, mikäli trendeistä nähdään kaikki olosuhteisiin ja säätöihin vaikuttavat tekijät, kuten säätöventtiilien toimilaitteiden asennot. Kuvassa 7 on hyvin viritetty staabiili säätö. [5; 27.]



Kuva 7. RAU-valvomon historiatrendi. Säätö on rauhallinen. [27, s. 232.]

Trend-seuranta ja siihen kuuluvat toimenpiteet ovat olennainen osa takuuajan RAU-valvontaan, sillä trendeistä-nähdään luotettavimmin, miten laite ja sen säädöt ovat toimineet. [5.]

6 Pistetarkastusdokumentti ja pistetarkastuslistat

Insinööriyön toisena tarkoituksena on luoda Hepacon Oy:n käyttöön pistetarkastusdokumentti, joka sisältää ohjeet yleisempiin automaatiojärjestelmissä tarkastettavien pisteiden tarkastamiseen. Pistetarkastusdokumentin perusteelta on tarkoitus luoda laitekonaisuuskohtaisia pistetarkastuslistoja, jotka soveltuvat työmaavaltuontaan ja erityisesti toimintakokeisiin.

6.1 Pistetarkastusdokumentti

Pistetarkastusdokumentin lähdemateriaalina käytettiin Hepacon Oy:n yksittäistä RAU-valvontaprojektia varten luotuja pisteiden tarkastuslistoja sekä muiden projektien säätökaavioita ja toimintaselostuksia. Myös Hepacon Oy:n rakennusautomaatio-asiantuntijoiden kokemuksia ja mielipiteitä kuunneltiin pistetarkastusdokumenttia luodessa.

Työ aloitettiin tutustumalla kyseistä RAU-valvontaprojektia varten luotuihin dokumentteihin, joista saatiin peruskäsitys tarkastettavista laitteista ja niiden rakennusautomaatiojärjestelmään liitetyistä pisteistä (DI, DO, AI/UI ja AO). Tämän jälkeen selvitettiin, mitkä laitteet, anturit, lähettimet ja toimilaitteet esiintyvät yleisimmin rakennusautomaatiojärjestelmissä.

Kun yleisimmät RAU-järjestelmään liitetyt laitteet olivat selvillä, voitiin niille ja niiden pisteille luoda tarkastusohjeet. Pisteiden tarkastusohjeet pyrittiin kirjoittamaan mahdollisimman yksiselitteisesti ja ytimekkäästi, jotta kenen tahansa olisi helppo ymmärtää ne. Tarkastusdokumentin kojeet lajiteltiin laiteryhmittäin ja -tyypeittäin. Esimerkiksi anturit, lähettimet ja mittaukset -luvussa käsitellään kaikki mittauksiin liittyvät pisteet. Kyseisessä luvussa on lajiteltu esimerkiksi erilaiset lämpömittaukset ja pitoisuusmittaukset omiksi ryhmikseen.

Harvinaisimpia automaatiojärjestelmään liitettyjä laitteita ei ollut järkevää avata yksitellen pistetarkastusdokumenttiin, joten näiden kaltaisia laitteita varten luotiin muutamia yleispäteviä tarkastusohjeita. Myöskään väyläpohjaisten laitteiden tarkastusohjeita ei katsottu järkeväksi lisätä asiakirjaan niiden monimutkaisuuden ja harvinaisuuden takia.

Liitteessä 1 on ote pistetarkastusdokumentista. Liitteessä 1 on ohjeet taajuusmuuttajapuhallinten ja EC-puhallinten tarkastamiseksi.

6.2 Pistetarkastuslistat

Pistetarkastusdokumentin pohjalta aloitettiin laitekokonaisuuskohtaisten pistetarkastuslistojen suunnittelu. Niiden suunnittelussa hyödynnettiin pistetarkastusdokumentin lisäksi rakennusautomaatio-osaston mallisäätökaavioita, RAU-valvontaprojektin dokumentteja sekä aikaisemmin hankittua tietoa yleisimmistä automaatiojärjestelmään liitettävistä laitteista.

Pistetarkastuslistoista oli tarkoitus tehdä mahdollisimman selkeät ja yksinkertaiset käyttää, jotta pisteiden tarkastus työmaalla tapahtuisi huolellisesti ja tehokkaasti. Tämä vaatimus edellytti sitä, että pistetarkastuslistoihin tulevat merkinnät olisivat mahdollisimman vähäisiä. Ratkaisuna oli tehdä pistetarkastuslistat sellaiseksi, että niitä voi käyttää lähinnä rastittamalla ruutuja. Pistetarkastuslistat pyrittiin tekemään kokonaisten laitekokonaisuuksien tarkastusta varten. Näitä laitekokonaisuuksia ovat esimerkiksi tuloilmakonekokonaisuudet antureineen ja toimilaitteineen. Puhallintyyppiltään ja LTO-järjestelmiltään erilaisista ilmanvaihtokoneista tehtiin omat pistetarkastuslistat, mutta muuten tarkastuslistat laadittiin yleispäteviksi. Pistetarkastuslistoihin lisättiin ylimääräisiä laitteita, jotta tarkastuslistat soveltuisivat mahdollisimman monen kohteen RAU-valvontaan ilman muokkauksia. Tarkastuslistoihin jätettiin muutamia tyhjiä rivejä poikkeustilanteita varten, jos tarkastettavaa pistettä tai laitetta ei löydy dokumentista. Liitteen 2 pistetarkastuslistasta on kuitenkin ylimääräiset laitteistot ja tyhjät rivit poistettu selkeyden vuoksi.

Pistetarkastuslista jaettiin sarakkeisiin, joissa kerrotaan, mikä laite tarkastetaan, mikä laitteen piste tarkastetaan, miten tarkastustoimenpide tehdään ja miten laitteen tulee toimia tarkastustoimenpiteen aikana. Ainoat sarakkeet, joihin RAU-valvoja tekee merkintöjä, ovat laitteen tunnuksen sarake sekä tarkastuksen hyväksyntä tai hylkäys sarakkeet. Pistetarkastuslistan toimenpide-sarakkeen tarkastustoimenpiteistä kertovat ohjeet luotiin pistetarkastusdokumentin laajempien ohjeiden pohjalta.

Liitteessä 2 on tuloilmakoneen pistetarkastuslista. Kyseinen pistetarkastuslista on kehitetty levylämmönsiirtimellä varustettua taajuusmuuttajatuloilmakonetta varten. Liite 3 on saman tuloilmakoneen säätökaavio. Liitteen 3 tarkoitus on havainnollistaa kyseisistä tuloilmakonetta ja sen antureita, lähettämiä ja toimilaitteita.

7 Yhteenveto

Insinööriyössä oli tavoitteena käsitellä rakennusautomaatiovalvontaa ja RAU-valvojan tehtäviä RAU-hankkeen eri vaiheissa. Toisena tavoitteena insinööriyössä oli tarkoitus kehittää ja luoda Hepacon Oy:lle RAU-valvontaa varten tarkastusasiakirjoja.

Insinööriyössä saatiin kokonaiskäsitys RAU-valvonnasta hankkeen eri vaiheissa, valvontaan liittyvistä säädöksistä ja RAU-valvojan tehtävistä. Insinööriyön tekeminen havainnollisti minulle, mitä RAU-hankkeen eri vaiheissa tapahtuu ja miten valvonta on monella tapaa hankkeen aikana läsnä. Insinööriyötä voi käyttää tietolähteenä RAU-valvonnasta, ja siitä voi olla hyötyä tuleville RAU-valvojille. Aiheen käsittelyä voisi jatkaa esimerkiksi keskittymällä RAU-valvonnan tehostamiseen ja valvontatoimenpiteiden tarkempaan tarkasteluun.

Insinööriyössä saatiin luotua pistetarkastusdokumentti, jota RAU-valvoja voi käyttää ohjeena pisteiden tarkastuksessa. Dokumentti sisältää ohjeet yleisimpien RAU-pisteiden tarkastukseen sekä yleistettyjä tarkastusohjeita. Dokumenttia voi myös käyttää markkinoinnin tukena, koska sen avulla asiakkaalle voidaan konkreettisesti esittää RAU-valvonnassa tehtävä pisteiden tarkastus ja miten se toteutetaan.

Pistetarkastusdokumentin kehittämistä olisi voitu jatkaa esimerkiksi väyläliityntäisten laitteiden osalta ja tehdä niistä yleisiä tarkastusohjeita. RAU- ja TATE-tekniikan uudistuvasta luonteesta johtuen osa tarkastusohjeista vanhentuu ajan kuluessa. Pistetarkastusdokumenttia joudutaan päivittämään tulevaisuudessa ilmestyvien uusien laitteiden osalta.

Pistetarkastusdokumentin ja aikaisempien kohteiden RAU-valvontadokumenttien avulla luotiin pisteiden tarkastuksessa käytettävät pistetarkastuslistat yleisimmistä tarkastettavista kohteista. Tarkastuslistojen avulla saadaan RAU-valvonnan pisteiden tarkastuksessa käytyä koneiden kaikki pisteet systemaattisesti läpi. Pistetarkastuslistojen avulla voidaan vähentää huolimattomuusvirheitä, sekä tarkastuslistojen sisältämät tarkastusohjeet voivat myös helpottaa kokemattomia RAU-valvojia. Tarkastuksen jälkeen tilaajalle voidaan osoittaa pistetarkastuslistasta, mitkä pisteet on tarkastettu.

Pistetarkastuslistojen kehitys on jatkuva prosessi. Vanhoja pistetarkastuslistoja joudutaan muokkaamaan ja uusia tekemään sitä mukaan, kun käytössä olevat menetelmät ja

teknologiat uudistuvat. Tällä hetkellä valmiina olevat pistetarkastuslistat eivät vielä kata kaikkia rakennusautomaatiossa käytössä olevia laitekokonaisuuksia, joten uusia joudutaan luomaan tarpeen mukaan.

Pistetarkastuslistoja ei olla vielä päästy käyttämään toimintakokeissa. Koekäyttö todellisessa tilanteessa olisi tärkeää, jotta tarkastuslistojen käytännöllisyyden ja ulkoasun todellinen toimivuus kävisi ilmi ja ne saataisiin muokattua lopulliseen muotoonsa. Pistetarkastuslistoja ei myöskään vielä suunniteltu paperiversioita pidemmälle, joten niiden muokkaaminen esimerkiksi tablettikäyttöön sopivaksi voisi olla seuraava tavoite.

Lopuksi haluan kiittää työpaikkaohjaajaani Kristian Stenmarkia hyvästä aiheesta ja asiantuntevasta opastuksesta, ohjaavaa opettajaani Kristian Junnoa hyvistä neuvoista, Heponin RAU-osastoa ja muuta henkilöstöä sekä kaikkia insinööriyössäni tukeneita henkilöitä.

Lähteet

- 1 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. 1998. RT 16-10660. Rakennustieto Oy.
- 2 Talotekniikkateollisuus ry. 2015. Talotekniikkaopas. Verkkoaineisto. Talotekniikka-Julkaisut Oy. <https://talotekniikka.teknologiateollisuus.fi/sites/lvi-talotekniikka/files/file_attachments/Talotekniikkaopas%202015_p%C3%A4ivitetty.pdf>. Luettu 12.3.2018.
- 3 Talotekniikka. 2005. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Talotekniikka>>. Päivitetty 16.8.2017. Luettu 12.3.2018.
- 4 Piira, Kalevi. 2011. AS-74.3180 Rakennusautomaatio. Luentodiat. VTT.
- 5 Vilmunen, Jyrki. 2017. Talotekninen valvonta. Esitysdiat. Granlund Oy.
- 6 Rakennusten lvi-järjestelmien säätötekniikka. 1994. KH 17-00195. Rakennustieto Oy.
- 7 Talotekninen valvonta. Verkkoaineisto. A-Insinöörit Oy. <<https://www.ains.fi/palvelut/talotekninen-valvonta/>>. Luettu 16.1.2018.
- 8 Stenmark, Kristian. 2017. Diplomi-insinööri, Teknillinen korkeakoulu, Espoo. Insinööriyön aloituspalaveri 28.11.2017.
- 9 IP-luokitus. 2005. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/IP-luokitus>>. Päivitetty 18.4.2018. Luettu 18.4.2018.
- 10 Hietikko, Marita; Malm, Timo & Alanen, Jarmo. 2009. Koneiden ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Verkkoaineisto. VTT. <http://www.vtt.fi/Documents/2009_T2485.pdf>. Luettu 18.4.2018.
- 11 IV-Hätäseis toimintaselostus. 2017. Yrityksen sisäinen dokumentti. Hepacon Oy.
- 12 Stenmark, Kristian. 2018. Diplomi-insinööri, Teknillinen korkeakoulu, Espoo. Haastattelu 23.1.2018.
- 13 Stenmark, Kristian. 2018. Diplomi-insinööri, Teknillinen korkeakoulu, Espoo. Insinööriyöpalaveri 3.5.2018.
- 14 Talotekniikkatöiden valvonnan tehtävälueetelo. 2013. RT 16-11123. Rakennustieto Oy.

- 15 Talotekniikan RAU-valvoja. Verkkoaineisto. FISE Oy. <<http://fise.fi/patevyysspalvelu/hae-patevyytta/valvojat/talotekniikan-rau-valvoja/>>. Luettu 29.1.2018.
- 16 Stenmark, Kristian. 2018. Diplomi-insinööri, Teknillinen korkeakoulu, Espoo. Haastattelu 5.2.2018.
- 17 Konsulttitoiminnat yleiset sopimusehdot KSE 2013. 2014. RT 13-11143. Rakennustieto Oy.
- 18 Urakan valvontaan liittyviä asioita. Verkkoaineisto. Uudenkaupungin Isännöitsijäkeskus Ky. <<https://www.isannoitsijakeskus.fi/tietopankki/urakan-valvontaan-liittyvia-asioita/>>. Luettu 21.4.2018.
- 19 Hankesuunnitelma kartoittaa vaihtoehdot kiinteistön korjaushankkeelle. Verkkoaineisto. Talokeskus Oy. <<http://www.talokeskus.fi/suunnittelupalvelut/hankesuunnittelu/>>. Luettu 16.1.2018
- 20 Hankesuunnitelma ja suunnitelman arviointi. Verkkoaineisto. Kepa ry. <<https://it-seopiskelu.kepa.fi/node/124>>. Luettu 16.1.2018.
- 21 Hankeasiakirja. Verkkoaineisto. Kepa ry. <<https://itseopiskelu.kepa.fi/sites/default/files/Hankeasiakirjan%20runko.pdf>>. Päivitetty 1.3.2016. Luettu 16.1.2018.
- 22 Hankesuunnitelma. Verkkoaineisto. Aluehallintovirasto. <<https://www.avi.fi/web/avi/oppilaitosrakentaminen-hankesuunnitelma#.Wl4AU6hl-Uk>>. Päivitetty 29.3.2016. Luettu 16.1.2018.
- 23 Toteutussuunnittelu. Verkkoaineisto. Caverion Oyj. <<https://www.caverion.fi/palvelut/suunnittelu-ja-projektointi/toteutussuunnittelu>>. Luettu 16.1.2018.
- 24 Uudisrakennuksen järjestelmäkaavio. 2016. Yrityksen sisäiset asiakirjat. Hepacon Oy.
- 25 Uudisrakennuksen tuloilmakoneen säätökaavio. 2017. Yrityksen sisäiset asiakirjat. Hepacon Oy.
- 26 Työpiirustukset rakentamisen ja tuotannon tukena. Verkkoaineisto. Hartman Koti. <<https://hartmankoti.fi/suunnittelu/tyopiirustukset/>>. Luettu 24.4.18.
- 27 Härkönen, Pentti; Mikkola, Juhana; Piikkilä, Veijo; Sahala, Antti; Sahlstén, Toivo; Sandström, Börje; Sirviö, Arto; Spangar, Tapani; Sulku, Jukka. 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 3., uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 28 FAT-tarkastusasiakirjat. 2017. Yrityksen sisäiset asiakirjat. Hepacon Oy.

- 29 Urakoitsijan itselleluovutuspyytäkirja. 2018. Yrityksen sisäiset asiakirjat. Hepacon Oy.
- 30 RAID. 2001. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://en.wikipedia.org/wiki/RAID>>. Päivitetty 21.4.2018. Luettu 25.4.2018.
- 31 Palomuuuri. 2003. Verkkoaineisto. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Palomuuuri>>. Päivitetty 16.3.2018. Luettu 12.4.2018.
- 32 Tosibox. Verkkoaineisto. Tosibox Oy. <<https://www.tosibox.com/finland/products/>>. Luettu 12.4.2018.

Ote pistetarkastusdokumentista

Taajuusmuuttajapuhallinten ja EC-puhallinten tarkastusohjeet

1. Tulo- ja poistoilmakoneiden sekä erillispuhaltimien tarkastus

1.1. Tulo-/poistoilmapuhallinten tarkastus

Taajuusmuuttajapuhallin

Ohjauspiste

Ohjauspisteen tarkastuksessa käynnistetään ohjaus grafiikalta, jolloin puhaltimen tulee käynnistyä sekä rinnankäyntien toimia. Puhaltimen tulee pysähtyä sekä rinnankäyntien toimia, kun ohjaus sammutetaan grafiikalta.

Säätöpiste

Säätöpisteen tarkastuksessa asetellaan taajuudenmuuttajalle grafiikalta tietty pyörimisnopeus ja varmistetaan taajuudenmuuttajalta, että puhallin pyörii samalla nopeudella. Tarkastus toistetaan eri pyörimisnopeuksilla.

Indikointipiste

Indikointipisteen tarkastuksessa pysäytetään puhallin ryhmäkeskukselta (tai taajuudenmuuttajalta), jolloin puhaltimen tulee näkyä grafiikalla pysähtyneenä ja ristiriitahälytyksen tulee näkyä grafiikalta. Käynnistettäessä puhallin ryhmäkeskukselta (tai taajuudenmuuttajalta), tulee puhaltimen näkyä grafiikalla käynnissä olevana.

Hälytyspiste

Hälytyspisteen tarkastuksessa asetellaan parametrien arvoja (esim. virta-arvon raja-arvoa) siten että laite hälyttää grafiikalla.

EC-puhallin

Säätöpiste

Säätöpisteen tarkastuksessa asetellaan puhaltimelle grafiikalta tietty pyörimisnopeus ja varmistetaan puhaltimelta, että se pyörii samalla nopeudella. Rinnankäyntien tulee toimia puhaltimen ollessa käynnissä ja puhaltimen ollessa pysähtyneenä. Tarkastus toistetaan eri pyörimisnopeuksilla.

Indikointipiste

Indikointipisteen tarkastuksessa pysäytetään puhallin ryhmäkeskukselta, jolloin puhaltimen tulee näkyä grafiikalla pysähtyneenä ja ristiriitahälytyksen tulee näkyä grafiikalta. Käynnistettäessä puhallin ryhmäkeskukselta, tulee puhaltimen näkyä grafiikalla käynnissä olevana.

Tuloilmakoneen pistetarkastuslista.

Levylämmönsiirtimellä varustetun tuloilmakoneen pistetarkastuksessa käytettävä tarkastuslista. Liitteessä 3 on kyseisen koneen säätökaavio.

Kohde:						
Aika:						
Paikka						
Läsnä:						
Koje:						
Laite	Piste	Tunnus	Toimenpide	Toiminto	OK	Puute
Taajuusmuuttaja tuloilmapuhallin	Ohjaus		käynnistetään grafiikalta	puhallin käynnistyy		
				rinnankäynnit toimivat		
	Indikointi		pysäytetään grafiikalta	puhallin pysähtyy		
				rinnankäynnit toimivat		
			pysäytetään keskukselta (tai taajuudenmuuttajalta)	ristiriitähälytys grafiikalla		
			käynnistetään keskukselta (tai taajuudenmuuttajalta)	pysähtyy grafiikalla		
Säätö		asetellaan pyörimisnopeus grafiikalta	käynnistyy grafiikalla			
		muutetaan pyörimisnopeutta grafiikalta	käy asetellulla nopeudella			
Taajuusmuuttaja poistoilmapuhallin	Ohjaus		käynnistetään grafiikalta	puhallin käynnistyy		
				rinnankäynnit toimivat		
	Indikointi		pysäytetään grafiikalta	puhallin pysähtyy		
				rinnankäynnit toimivat		
			pysäytetään keskukselta (tai taajuudenmuuttajalta)	ristiriitähälytys grafiikalla		
			käynnistetään keskukselta (tai taajuudenmuuttajalta)	pysähtyy grafiikalla		
Säätö		asetellaan pyörimisnopeus grafiikalta	ristiriitähälytys poistuu graf.			
		muutetaan pyörimisnopeutta grafiikalta	käynnistyy grafiikalla			
Levy LTO	Lohkopellin säätö		ajetaan lohkoasentoon grafiikalta	peltilohkoasennossa		
	Paine-ero LTO:n yli poistokanavassa		ajetaan ohitusasentoon grafiikalta	peltilohkoasennossa		
Esilämmitys-vesipatteri	Lämmityspatterin pumpun indikointi		vertaa mittariin	lukema vastaa		
			pysäytä puhallin	lukema tipahtaa		
	Jäätymissuojan hälytys		pysäytetään keskukselta (tai taajuudenmuuttajalta)	grafikalla pysähtyy		
			käynnistetään keskukselta	ristiriitähälytys grafiikalla		
	Esilämmityspatterin säätöventtiili		asetus mahdollisimman ylös	grafikalla käynnistyy		
				tuloilmakone pysähtyy		
Moottoripellit	On/Off-pelti raitisilmakanavassa		ajetaan kiinni grafiikalta	venttiili sulkeutuu		
	On/Off-pelti jäteilmakanavassa		ajetaan auki grafiikalta	venttiili avautuu		
Moottoriventtiilit	Jäähdytyspatterin säätöventtiili		ajetaan kiinni grafiikalta	venttiili sulkeutuu		
			ajetaan auki grafiikalta	venttiili avautuu		
Lämpötilamittaukset	Mittaus tuloilmakanavassa		vertaa mittariin	lukema vastaa		
	Mittaus lämmityspatterin jälkeen		muuta lämpötilaa	lukema muuttuu		
	Mittaus LTO:n jälkeen tuloilmakanavassa		vertaa mittariin	lukema vastaa		
	Mittaus poistoilmakanavassa		muuta lämpötilaa	lukema muuttuu		
	Lämmityskanavapatterin anturi		vertaa mittariin	lukema vastaa		
			avaa kanavapatterin venttiiliä	lukema muuttuu		
Paine/virtausmittaukset	Paine-ero suodattimen yli tulokanava		vertaa mittariin	lukema vastaa		
	Paine-ero suodattimen yli poistokanava		pysäytä puhallin	lukema tipahtaa		
	Paine tuloilmakanavassa		vertaa mittariin	lukema vastaa		
	Paine poistoilmakanavassa		pysäytä puhallin	lukema tipahtaa		
			vertaa mittariin	lukema vastaa		

Tuloilmakoneen säätökaavio

Säätökaavio levylämmönsiirtimellä varustetusta tuloilmakoneesta.

