



Rakennusautomaatioprojektin muutoksenhallinta

Eetu Jäntti

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2025

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

JÄNTTI, EETU:
Rakennusautomaatioprojektin muutoksenhallinta

Opinnäytetyö 33 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2025

Rakennusautomaatioprojektit ovat teknisesti vaativia kokonaisuuksia, jotka koostuvat useista eri vaiheista. Muutokset alkuperäisiin suunnitelmiin ovat lähes väistämättömiä ja projektin onnistuneen läpiviennin varmistamiseksi muutoksenhallinnan tulee olla systemaattista ja laadukasta.

Tässä opinnäytetyössä kartoitettiin rakennusautomaatioprojektien muutoksenhallinnan nykytilannetta yrityksessä, sekä pohdittiin keinoja kehittää yrityksen muutoksenhallintaa tulevissa projekteissa. Työ toteutettiin yhteistyössä JIS-Automation Oy:n kanssa, joka on kiinteistöautomaation kokonaisratkaisuihin erikoistunut yritys.

Työssä keskitytään erityisesti valvonta-alakeskuksiin (VAK), jotka ovat rakennusautomaatiojärjestelmien keskeisiä ohjausyksiköitä. VAK-keskuksia koskevat muutokset vaikuttavat laajasti koko järjestelmän toimintaan, mikä tekee niistä muutoksenhallinnan kannalta erityisen hyviä tarkastelukohteita.

Opinnäytetyössä tarkastellaan automaation peruskäsitteitä, suunnittelun dokumentteja, sekä rakennusautomaatioprojektin vaiheita kirjallisuuslähteiden ja verkkolähteiden perusteella. Lisäksi työssä käsitellään suunnittelutyön ohessa tehtyjä havaintoja ja tarkastellaan yrityksessä pidetyn kyselytutkimuksen tuloksia.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

JÄNTTI, EETU:
Change Management in a Building Automation Project

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 2 pages
May 2025

Building automation projects are technically demanding entities that consist of several different phases. Changes to the original plans are almost inevitable and in order to ensure the successful implementation of a project, change management must be systematic and of high-quality.

This thesis surveyed the current situation of change management in building automation projects in the company and considered ways to develop the company's change management in future projects. This thesis was done in collaboration with Jis-Automation Oy, a company specializing in complete solutions for building automation.

The work focused in particular on automation substations which are central control units of building automation systems. Changes to substations have a broad impact on the operations of the entire system which makes them a particularly good subjects for change management

The thesis examined the basic concepts of automation, design documents and the phases of a building automation project based on literature sources and on-line sources. In addition the work discussed observations made during the design work and examined the results of a survey conducted in the company

Key words: building automation, change management, substation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	RAKENNUSAUTOMAATIO	8
	2.1 Rakennus- vai kiinteistöautomaatio?.....	8
	2.2 VAK-keskus	9
	2.3 I/O-pisteet	11
	2.3.1 Fyysiset I/O-pisteet.....	11
	2.3.2 Ohjelmalliset I/O-pisteet	13
	2.3.3 Hajautettu I/O	13
	2.4 Rakennusautomaatiojärjestelmä	13
3	SUUNNITTELUN DOKUMENTIT.....	16
	3.1 Säättökaavio	16
	3.2 Kaapelivetoluettelot.....	16
	3.3 Kilpiluetelot.....	17
	3.4 Laiteluettelot.....	17
4	RAKENNUSAUTOMAATIOPROJEKTIN VAIHEET	18
	4.1 Määrittelyvaihe	18
	4.2 Suunnitteluvaihe.....	18
	4.3 Toteutusvaihe.....	19
	4.4 Asennusvaihe.....	19
	4.5 Toiminnallinen testaus	20
	4.6 Kelpoistus- ja tuotantovaihe	20
5	MUUTOKSENHALLINTA.....	21
	5.1 Mihin muutoksenhallintaa tarvitaan	21
	5.2 Muutoksenhallinnan nykytilanne	21
6	KYSELYTUTKIMUS.....	23
	6.1 Kyselytutkimuksen tulokset	23
	6.1.1 Vastaukset kysymykseen yksi	23
	6.1.2 Vastaukset kysymykseen kaksi	24
	6.1.3 Vastaukset kysymykseen kolme	25
	6.1.4 Vastaukset kysymykseen neljä.....	26
	6.1.5 Vastaukset kysymykseen viisi	26
	6.1.6 Vastaukset kysymykseen kuusi.....	27
	6.1.7 Vastaukset kysymykseen seitsemän	27
	6.2 Kyselytutkimuksen johtopäätökset	28
7	MUUTOKSENHALLINNAN KEHITTÄMINEN TULEVAISUUDESSA..	29
	7.1 Protokolla	29

7.2 Koulutus	29
LÄHTEET	31
LIITTEET	32
Liite 1. Kyselytutkimus	32

LYHENTEET JA TERMIT

RAU	Rakennusautomaatio
VAK	Valvonta-alakeskus
METSTA	Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys
AI	Analog Input
DI	Digital Input
AO	Analog Output
DO	Digital Output
TCP-IP	Tietoliikenneprotokollapino
NTC	Negative Temperature Coefficient, Puolijohdeanturi
PTC	Positive Temperature Coefficient, Puolijohdeanturi
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
LVI	Lämmitys- vesijohto- ja ilmanvaihtotekniikka
I/O	Input/Output, Tulo / lähtö
CPU	Central Processing Unit, keskusyksikkö

1 JOHDANTO

Rakennusautomaatiojärjestelmät ovat ottaneet merkittäviä teknisiä harppauksia viime vuosikymmenten aikana. Järjestelmistä on tullut digitalisaation myötä entistä älykkäämpiä ja niitä voidaan integroida yhä paremmin toisiinsa erilaisten ICT-ratkaisuiden avulla. Samalla järjestelmät ovat monimutkaistuneet ja RAU-projektit ovat paisuneet valtaviksi kokonaisuuksiksi. Näiden asioiden myötä myös valvonta-alakeskuksille on entistä suurempi tarve ja niille asetetut vaatimukset ovat nousseet uudelle tasolle.

Kaiken tämän keskellä suunnitelmien ja teknisten piirustuksien määrä tuntuu paisuneen todella suureksi. Muutosten ja dokumenttien hallinta korostuu nykypäivän projekteissa ja on noussut keskeiseen asemaan vaativimpien projektien hoidossa.

Opinnäytetyön aihe muodostui työelämässä eteen tulleiden asioiden ja niistä heidän tarpeiden pohjalta. Ajatuksena oli lähteä kartoittamaan muutoksenhallinnan nykytilannetta rakennusautomaatioprojekteissa ja pohtia, kuinka sitä voitaisiin tulevaisuudessa yrityksessä kehittää.

2 RAKENNUSAUTOMAATIO

2.1 Rakennus- vai kiinteistöautomaatio?

Kiinteistö- ja rakennusautomaatio ovat termejä, joita on perinteisesti käytetty toistensa synonyymeina. Vuonna 2019 metalliteollisuuden standardointiyhdistys METSTA ry:n standardoimiskomitea kuitenkin määritteli kiinteistöautomaation rakennusautomaation yläkäsitteeksi. Tämä ei perustu rakennuksen ja kiinteistön eroihin, vaan siihen, että kiinteistöautomaatiolla viitataan laajempaan kokonaisuuteen. Rakennusautomaatio on siis vain eräs kiinteistöautomaation osa-alue. Terminä kiinteistöautomaatio ei ole vielä automaatioalalla vakiintunut, vaan termejä käytetään virallisissakin yhteyksissä rinnakkain. (Buildwise 2024) Tässä opinnäytetyössä puhutaan aiheesta rakennusautomaatio termin alla.

Rakennusautomaation voidaan ajatella olevan talotekniikan automatisointia. Se pitää sisällään

- Lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät (LVI)
- Valaistusjärjestelmät
- Sähköjärjestelmät
- Hälytysjärjestelmät
- Valvontajärjestelmät

Rakennusautomaation tehtävänä on ohjata ja valvoa kyseisiä järjestelmiä ja täten parantaa rakennuksen käyttömukavuutta, käyttöikä, turvallisuutta ja energiatehokkuutta. Lisäksi toimivan rakennusautomaatiojärjestelmän avulla voidaan säästää pitkällä aikavälillä merkittäviä säästöjä vähentyneen energiankulutuksen ansiosta. (Buildwise 2024)

2.2 VAK-keskus

Rakennusautomaation eräs peruskäsite on VAK eli valvonta-alakeskus. Termiä voi pitää hieman vanhentuneena ja se juontaa juurensa aikaan, jolloin suurempien rakennusautomaatiokokonaisuuksien yleisenä piirteenä oli valvomon rakentaminen, josta automaatiojärjestelmää päästiin keskitetysti hallinnoimaan ja valvomaan (Buildwise 2024).

Valvomoita rakennetaan yhä kohteille, mutta nykyisin VAK:ssa tapahtuu kaikki kohteella tehtävä prosessointi, säätöohjelmat, viestintä verkkoon sekä ohjaukset rakennuksen laitteille. VAK:t voivat toimia myös palvelimena ja suojatun etäyhteyden kautta ne pystyvät tarjoamaan käyttäjälle täydet toiminnallisuudet mobiililaitteelle tai tietokoneelle. valvonta-alakeskuksien kyvykkyys ja käyttöliittymäratkaisut vaihtelevat kuitenkin huomattavasti eri järjestelmien välillä. (Buildwise 2024). Vaikka termi valvonta-alakeskus onkin automaatioalalla vakiintunut, kuvaavampi termi olisi tätä nykyä automaatiokeskus.

Valvonta-alakeskus sijoitetaan tyypillisesti erilliseen laitetilaan kuten sähkökeskustilaan tai IV-konehuoneeseen. Sijoittelussa pyritään huomioimaan keskukseen kytkettävien laitteiden fyysiset sijainnit, jotta kaapelointikulut eivät kasvaisi tarpeettoman suuriksi. Laajemmissa järjestelmissä käytetään hajautettua I/O:ta, kun sijoittelulla ei enää ole vaikutusta.

Perinteinen modulaarinen VAK-keskus koostuu kaappirungosta, johon on asennettu kaapelikouruja johtimille, sekä DIN-kiskoja komponentteja varten. Keskus sisältää I/O-moduuleita, johdonsuoja-automaatteja, releitä, sekä kohteesta riippuen muita erilaisia automaation komponentteja, kuten tasavirtalähteitä ja akkuja. Keskus vastaanottaa siihen kytketyiltä kenttälaitteilta mittausdataa, indikointi- ja hälytystietoja, sekä säätää ja ohjaa järjestelmän toimintaa. Modulaarisiin VAK-keskuksiin on tapana jättää tilavarausta mahdollisia tulevaisuudessa tehtäviä I/O-pisteiden lisäyksiä varten.



Kuva 1. Modulaarinen alakeskus.

Alakeskus voi myös olla rakenteeltaan kiinteäpistemäinen. Kiinteäpistemäinen alakeskus voi olla parempi vaihtoehto todella ahtaisiin tiloihin tai pieniin rakennusautomaation sovelluksiin sen kustannustehokkuuden ja yksinkertaisuuden vuoksi. Usein CPU ja IO-pisteet ovat integroitu samaan korttiin, jolloin tarvittava äly saadaan kompaktiin pakettiin. Toisinaan voidaan käyttää myös kahta korttia, jolloin CPU osa ja I/O-piste osa ovat omilla korteillaan (ST-Käsikirja 17, 69)



KUVA 2. Fidelix FX-Spider-X, kiinteäpistemäinen alakeskus (Fidelix, n.d.)

2.3 I/O-pisteet

I/O pisteet eli tulo/lähtö- tai input/output -pisteet ovat automaatiojärjestelmän liitännäispisteitä kenttälaitteille. Ne voivat olla joko analogisia (Analog input, AI ja Analog output, AO) tai digitaalisia (Digital Input, DI ja Digital Output, DO). Lisäksi on Universaaleja pisteitä (Universal Input, UI ja Universal Output, UO), jotka voivat olla tarvittaessa molempia. I/O-pisteet sijaitsevat VAK-keskusten I/O-moduuleissa ja jokaiselle I/O-pistetyypille on oma I/O-moduulinsa. Moduulin I/O-pistemäärä on moduuli- ja valmistajakohtainen, mutta tyypillisesti yhteen I/O-moduuliin voidaan kytkeä 8-40 kentällä olevaa fyysistä pistettä (ST-Käsikirja 17, 68).

2.3.1 Fyysiset I/O-pisteet

Edellä mainitut I/O-pisteet ovat niin sanottuja fyysisiä I/O-pisteitä eli kytkentäpaikkoja automaation kenttälaitteille.

AI-pisteet ovat mittauspisteitä, joihin liitetään erilaisia mittausantureita. Mittausviestit ovat yleensä 0-10 V tasajänniteviestejä tai 4-20 mA virtaviestejä. Lämpötila-anturien kohdalla mittaus-signaalit ovat tyypillisesti joko NTC tai PTC-elementtien vastusarvoja. Raaka mittausdata skaalataan vastaamaan mittausanturien

teknisiä arvoja ja tuloksia käsitellään ohjelmallisesti monin eri tavoin, ennen kuin tuloksia varsinaisesti hyödynnetään järjestelmän toiminnassa. Mittauspisteiltä saatava dataa käytetään järjestelmän säätämisessä, joten sen luotettavuus ja tarkkuus ovat kriittisiä järjestelmän toiminnan kannalta.

DI-pisteet ovat kosketintietoon perustuvia indikointi- ja hälytyspisteitä, joiden avulla saadaan tietoa järjestelmän ja laitteiden tilasta. Ne eivät siis mittaa arvoja, vaan kertovat onko signaali aktiivinen vai epäaktiivinen. Kenttälaitteiden koskettimet voivat olla tyypiltään joko avautuvia tai sulkeutuvia. Koskettimien asentoa lepotilassa kuvataan termeillä "normally open" (NO) ja "normally closed" (NC) (ST-Käsikirja 17, 72). DI-pisteitä voidaan yleensä hyödyntää myös impulssimitauksissa. Impulssimitaukset ovat yleisiä kulutusmittareissa eli vesi, energia ja sähkömittareissa. Pulssien määrä summataan ja tallennetaan pulssilaskentapisteen muistipaikkaan. Sitten se skaalataan vastaamaan todellista mitattavaa yksikköä. Yksi signaali-impulssi vastaa siis x määrää kulutusyksikköä. (ST-Käsikirja 17, 74).

AO-pisteet ovat säätöpisteitä, joilla voidaan portaattomasti säätää esimerkiksi venttiilin avautumaa haluttuun asentoon. Alakeskuksen ohjelmisto laskee mitausdatan pohjalta ohjausarvot. Ohjausarvot muutetaan jänniteviestiksi (0-10 V tai 2-10 V) tai virtaviestiksi (4-20 mA). joiden mukaan säätöpisteet antavat säätöviestejä kenttälaitteille. (ST-Käsikirja 17, 74).

DO-pisteet ovat ohjauspisteitä, joilla toteutetaan erilaisia on/off-tyyppisiä toimintoja. Usein DO pisteet sisältävässä DO-moduulissa on 230V kestoiset releet, jolloin moduulilla voidaan ohjata sekä 24V, että 230V kenttälaitteita ja kontaktoreita. DO-moduulissa on usein käsikytkin lähdön manuaaliseen aktivointiin, sekä merkivalot jokaisessa lähdössä kertomassa lähdön tilan. Monesti DO-ohjauksen toteutumista valvotaan erillisellä indikointitiedolla ohjattavasta laitteesta. Mikäli ohjaus on aktiivinen, mutta ohjattava laite ei indikoi, järjestelmään tulostuu hälytys. (ST-Käsikirja 17, 73).

2.3.2 Ohjelmalliset I/O-pisteet

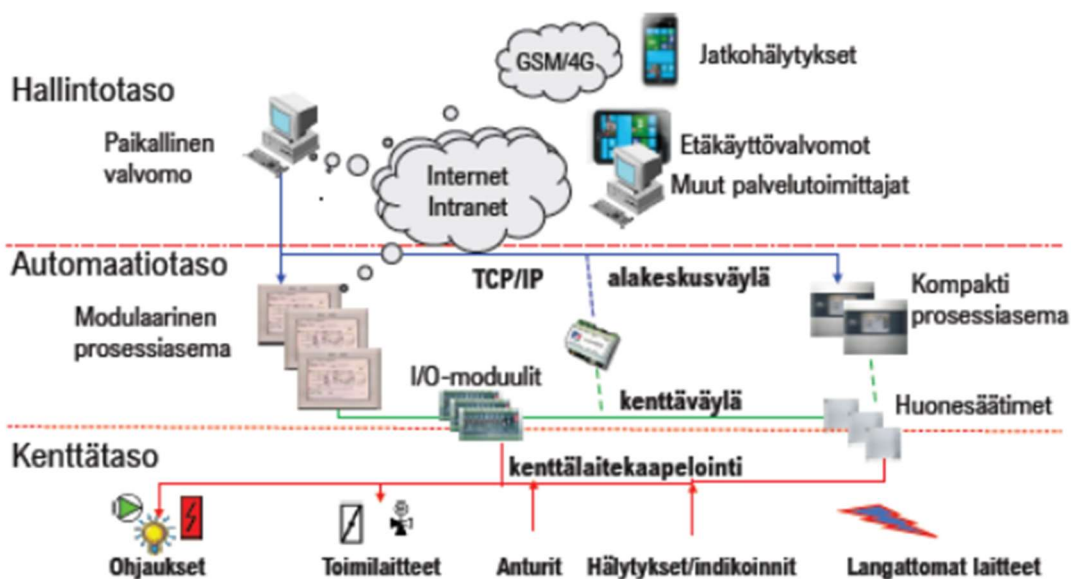
Fyysisten I/O-pisteiden lisäksi on olemassa ohjelmallisia pisteitä. Ohjelmallisia pisteitä kutsutaan myös fiktiivisiksi pisteiksi, sillä niitä ei ole fyysisesti olemassa. Ohjelmalliset I/O-pisteet johdetaan fyysisistä pisteistä ja ne ovat tapa mahdollistaa edistyneempiä toiminnallisuuksia ohjelmaan. Esimerkkinä ohjelmallisesta pisteestä voidaan käyttää lämpötilamittauksen hälytystä. Lämpömittari mittaa lämpötilaa fyysisen mittauspisteen kautta, mutta kun lämpötila ylittää tai alittaa sallitun rajan, ohjelmallinen piste hälyttää. Toinen esimerkki voisi olla käyntiaikalaskuri, joka laskee laitteen käyntiajan sen DI-pisteen tilatiedon perusteella. (ST-Käsikirja 17, 72).

2.3.3 Hajautettu I/O

Hajautettu I/O tarkoittaa kenttälaitteiden, I/O-moduulien ja erillisten säädinkoteloiden sijoittamista eri puolille rakennusta. Jotta näin voidaan tehdä, täytyy tiedon kulkea eri asemien välillä puolin ja toisin. Tämä kommunikaatio voidaan toteuttaa erilaisia automaation kenttäväyläratkaisuja hyödyntäen. Näin mahdollistetaan myös monimutkaisempien viestien lähettäminen, sekä vähennetään tarvittavien kenttäkaapeleiden määrää. Myös vetomatkat I/O-moduulilta kenttälaitteelle lyhenevät ja järjestelmästä saadaan luotettavampi ja modulaarisempi. (ST-Käsikirja 17, 62).

2.4 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennusautomaatiojärjestelmä on keskeinen osa modernia kiinteistöhallintaa. Sen avulla ohjataan ja valvotaan rakennuksen teknisiä järjestelmiä. Nykyaikaisen rakennusautomaatiojärjestelmän avulla pystytään muun muassa parantamaan rakennuksen käyttömukavuutta, sekä helpottamaan erilaisten järjestelmien hallintaa. Perinteisen rakennusautomaatiojärjestelmän yleisen rakenteen voidaan ajatella koostuvan kolmesta eri tasosta, joita ovat hallintotaso, automaatiotaso ja kenttätaso (KUVA 3).



KUVA 3. Automaatiojärjestelmän tasot (ST-Käsikirja 17, 60).

Ylimmän eli hallintotason tarkoituksena on toimia käyttäjärajapintana rakennusautomaatiojärjestelmään. Käytännössä hallintotaso tarkoittaa valvomoa tai etäpaneelia, jolta käsin käyttäjä voi tarkastella järjestelmän toimintaa, muuttaa asetusarvoja ja vastaanottaa hälytyksiä. Yksinkertaisimmillaan paikallinen valvomo on tietokone, joka on yhteydessä rakennusautomaatiojärjestelmään. Nykypäivänä on yleistä, että esimerkiksi kiinteistöhuoltoyritys keskittää omaan valvomoonsa usean kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmän ja pystyy keskitetysti valvomaan näitä yhdestä paikasta. Hallintotasoon saattaa kuulua myös erilaisia raportointiin ja kunnossapitoon liittyviä lisäohjelmia. Hallintotaso kommunikoi automaatiotason laitteiden kanssa tyypillisesti Ethernet-väylän tai TCP-IP-protokollaan pohjautuvan langattoman verkon välityksellä. (ST-Käsikirja 17, 60).

Rakennusautomaatiojärjestelmän keskimäinen taso eli automaatiotaso koostuu itsenäisistä VAK-keskuksista ja niihin liitettävistä I/O-moduuleista. Alakeskukset sisältävät myös ohjelmat, jotka ohjaavat automaatiojärjestelmän eri prosesseja väylällä hajautetun I/O:n kautta, sekä suoraan keskuksen I/O-pisteisiin liitettyjen kenttälaitteiden välityksellä. Alakeskuksen sisällä voi olla PLC eli ohjelmoitava logiikka, johon ohjelma on ladattu tai ohjelma voidaan tuoda erillistä automaatiopalvelinmoduulia käyttäen keskukseseen. Viimeksi mainittu tapa onkin yleinen erityisesti laajemmissa RAU-projekteissa. (ST-Käsikirja 17, 60-61).

Hierarkian alin taso on nimeltään kenttälaitetaso. Kenttätasolla tarkoitetaan ensisijaisesti automaatiojärjestelmän toimilaitteita ja antureita, mutta oikeastaan myös kaikkea muuta mitä kentältä löytyy, esimerkiksi erillisiä moduulikoteloita ja säätimiä. Kentällä olevat anturit ja mittalaitteet lähettävät dataa alakeskukselle, jossa siihen ladattu ohjelma käsittelee kenttälaitteiden tuottamaa tietoa ja ohjaa tietojen perusteella laitteita halutulla tavalla järjestelmän vaatimusten mukaisesti. (ST-Käsikirja 17, 61).

3 SUUNNITTELUN DOKUMENTIT

Rakennusautomaatiojärjestelmää ja VAK-keskuksia suunniteltaessa suunnittelijat joutuvat käsittelemään ja tuottamaan useita erilaisia dokumentteja. Muutos yhteen piirustukseen saattaa aiheuttaa muutoksia useaan muuhunkin dokumenttiin, joten dokumenttien ja eri revisioiden hallinta nousee tärkeään rooliin projektin edetessä. Tässä luvussa käsitellään yleisimpiä VAK-piirtoprojekteissa vastaan tulevia dokumentteja.

3.1 Säättökaavio

Rakennusautomaatiojärjestelmien toiminnan ymmärtämisessä ja niiden suunnittelussa keskeinen työkalu on säättökaavio. Säättökaavio on tekninen piirustus, joka havainnollistaa automaatiojärjestelmän toimintaa. Siitä ilmenee laitteiden IO-pisteet, sekä kytkennät RAU järjestelmään ja toisiin kenttälaitteisiin. Säättökaaviot jaetaan yleensä osakokonaisuuksiin eli yhdessä säättökaaviossa esitetään tietyn järjestelmän osan tai koneen toiminta. Säättökaavioista löytyy lisäksi rakennusautomaation toimintaselostuksia, jotka käsittelevät säättökaaviossa esitettyjen laitteiden toimintaa. Siitä ilmenee laitteiden IO-pisteet, sekä kytkennät RAU järjestelmään ja toisiin kenttälaitteisiin.

Säättökaaviot ovat yksiä tärkeimmistä dokumenteista RAU suunnittelua tehdessä ja laajemmissa rakennusautomaatioprojekteissa niitä saattaa olla satoja tai tuhansia sivuja. Siksi ne ovat erityisen tärkeässä asemassa muutoksenhallinnassa. (ST-Käsikirja 17, 168-172).

3.2 Kaapelivetoluettelot

Säättökaavioiden avulla laaditaan kaapelivetoluettelo. Kaapelivetoluettelosta ilmenee keskuskohtaisesti kaikki keskukselle tulevat ja sieltä lähtevät väylä-, syöttö- ja kenttälaittekaapelit. Kaapeleiden valintaan vaikuttaa muun muassa vetomatka, jännite ja laitteen I/O-pisteiden määrä.

Asentajat kytkvät kaapelit kohteella kaapelivetoluettelon mukaan ja usein kaapeloinnit aloitetaan jo ennen, kuin itse keskuksia on saatu paikanpäälle. Kaapelit tuodaan laitteilta valmiiksi VAK-keskukselle, jotta keskuksen saapuessa kaapelit saadaan heti helposti kytkettyä keskukseseen ilman ylimääräisiä viivästyksiä.

Erityisen tärkeää on varmistaa, että kaapelivetoluettelot ovat päivitetty viimeisimpään revisioon. Kun asennukset aloitetaan, on myös varmistettava, että asentajilla on käytössään viimeisimmät luettelot, jotta kytkennät saadaan tehtyä oikeilla kaapeleilla.

3.3 Kilpiluettelot

Kenttälaitteiden merkintäperiaatteet perustuvat S2010-järjestelmätunnuksiin, joiden tarkoituksena on varmistaa yksiselitteinen tunnistettavuus laitteiden huolto- ja käyttövaiheessa. Kilpiluettelon pohjalta on tarkoitus tulostaa rakennusautomaatiojärjestelmän kaikille kenttälaitteille tunnuskilvet. Tyypillisesti kilvestä ilmenee mikä laite on kyseessä, laitteen laitetunnus, sekä keskus, johon laite on kytketty. Kilpi kiinnitetään laitteesta riippuen joko kenttälaitteeseen tai sen välittömään läheisyyteen ruuveilla, kuulaketjulla tai muulla luotettavalla tavalla siten, että laite voidaan tunnistaa helposti, yksiselitteisesti ja luotettavasti. (Sähkötiety ry 2020).

3.4 Laiteluettelot

Laiteluettelossa esitetään kaikki VAK-keskukseseen liitetyt laitteet. Laiteluettelosta ilmenee keskuksen lisäksi laitteen nimi, positiotunnus, laitteen merkki ja malli, sekä mahdolliset laitetta koskevat erityisvaatimukset. Laiteluettelossa esitetään myös laitteiden mitoitustiedot, kuten venttiilien virtaamat ja antureiden mittausalueet. (ST-Käsikirja 17, 172-173).

4 RAKENNUSAUTOMAATIOPROJEKTIN VAIHEET

Rakennusautomaatioprojektin suunnittelun ja toteutuksen jakaminen vaiheisiin on projektin hallinnan kannalta oleellista. Jokaisessa vaiheessa on omat tehtävänsä ja vastuunsa, jotka ovat keskeisiä projektin kokonaisuuden kannalta. Vaiheistusta voidaan käyttää esimerkiksi projektin laajuuden hallintaan ja henkilöresurssien arviointiin. (Ajo, Hakonen, Harju, Järvi, Kaskes, Lenardic, Niukkanen, Nurminen, Ritala, Tolppanen & Tommila 2001, 31.)

4.1 Määrittelyvaihe

Projektin ensimmäinen vaihe on määrittelyvaihe, jossa kuvataan järjestelmän tarpeet ja tavoitteet käyttäjän näkökulmasta. Tarkoituksena on laatia kuvaus, jonka pohjalta varsinainen suunnittelutyö voidaan käynnistää. Määrittelyvaihe voidaan jakaa edelleen kahteen vaiheeseen, esisuunnitteluun ja perussuunnitteluun. (Ajo ym. 2000, 32).

Esisuunnitteluvaiheessa kartoitetaan prosessin ja käyttäjäryhmien asettamat tarpeet, turvallisuusvaatimukset, automaatioaste, sekä järjestelmän kustannukset ja hyödyt. Tuloksena syntyy käyttäjävaatimusten määrittely, sekä kelpoistussuunnitelma. (Ajo ym. 2000, 32–34).

Perussuunnitteluvaiheessa keskitytään järjestelmän toimintojen ja toteutusperiaatteiden määrittelyyn. Perussuunnitteluvaiheessa järjestelmän lähtötiedot täsmentyvät ja tämän seurauksena saadaan tuotettua tarjouspyyntöaineisto. Määrittelyvaihe päättyy toimitussopimuksen tekoon, jossa on sovittu toimitettavan järjestelmän vaatimuksista. (Ajo ym. 2000, 40–45).

4.2 Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa määrittelyn tulokset konkretisoidaan teknisiksi ratkaisuiksi ja suunnittelu etenee vähitellen kohti yksityiskohtia. Suunnitteluvaiheessa kaikki suunnittelu tehdään toimittajan laatustandardien mukaisesti. Tärkeimmät laadittavat dokumentit ovat ohjelmiston suunnittelukuvaus (Software Design Specification) ja laitteiston suunnittelukuvaus (Hardware Design Specification). Vastuu

suunnittelusta on pääsääntöisesti järjestelmän toimittajalla, mutta tilaaja osallistuu osaltaan suunnitteluprosessiin esimerkiksi säännöllisesti järjestettävissä suunnittelukatselmuksissa, joissa käydään läpi projektin etenemistä. Osapuolet sopivat näissä kokouksissa mahdollisista muutoksista ja kirjaamisvastuu muutoksista on aina toimittajalla. Keskusteluita käydään usein myös järjestelmän toiminnoista, rajapinnoista ja kenttälaitteista. (Ajo ym. 2000, 48–55).

Suunnitteluvaiheen lopputuloksena syntyy ohjelmiston ja laitteiston yksityiskohdalliset suunnittelukuvaukset. Ennen toteutusvaihetta tarkistetaan vielä, että suunnittelun tulokset vastaavat järjestelmän toiminnallista kuvausta. Suunnitteluvaihe päättyy, kun tilaaja hyväksyy suunnitelmadokumentaation, jonka perusteella järjestelmän toteutusvaihe voidaan aloittaa. (Ajo ym. 2000, 48–55).

4.3 Toteutusvaihe

Toteutusvaiheessa suunnitelmat muuttuvat konkreettiseksi järjestelmäkokonaisuudeksi, jonka toimittaja hankkii, kokoaa ja testaa. Tärkeä osa tätä vaihetta ovat tehdastestit (Factory Acceptance Tests, FAT), joissa järjestelmän toiminta todennetaan toimittajan tiloissa ennen toimitusta kohteeseen. Toteutusvaiheen Dokumentteihin kuuluu muun muassa testauspöytäkirjat ja käyttöohjeet. Toteutusvaihe päättyy, kun järjestelmä hyväksytään toimitettavaksi asiakkaalle (Ajo ym. 2000, 55–63).

4.4 Asennusvaihe

Asennusvaiheessa järjestelmä siirretään lopulliseen sijaintiinsa ja asennetaan paikoilleen. Työ sisältää keskusten ja laitteiden kaapeloinnit, asennukset ja kytkennät, mutta myös ohjelmien lataamisen, ja verkkoyhteyksien asentamisen ja kytkemisen. Asennusurakoitsija huolehtii fyysisestä asennuksesta, mutta automaatiotoimittajan vastuulla on valvonta ja hyväksyntä. Asennusvaiheeseen kuuluu myös laitteistotestaus, jossa varmistetaan järjestelmän mekaaninen ja sähköinen toimivuus. Kun laitteisto on valmis, järjestelmä on valmis toiminnalliseen testaukseen lopullisessa ympäristössään ja olosuhteissaan. (Ajo ym. 2000, 64–70).

4.5 Toiminnallinen testaus

Toiminnallisessa testauksessa varmistetaan, että järjestelmä toimii halutunlaisesti aidossa käyttöympäristössä. Tämä vaihe jakautuu kylmätestaukseen ja kuumatestaukseen. Kylmätestauksessa testataan järjestelmän osakokonaisuuksia mahdollisimman turvallisesti, muun muassa testaamalla hälytyksiä ja akkuvarmennettujen syöttöjen toimintaa. Kuumatestauksessa testataan koko sovelusohjelman toiminta todellisissa olosuhteissa. Kuumatestauksen jälkeen voidaan suorittaa hyväksymistestaus (System Acceptance Testing, SAT), jonka jälkeen järjestelmä luovutetaan asiakkaalle. (Ajo ym. 2000, 71–77).

4.6 Kelpoistus- ja tuotantovaihe

Kelpoistusvaiheen tavoitteena on osoittaa dokumentoidusti, että järjestelmä toimii määriteltyjen vaatimusten mukaisesti. Tämä tehtävä jää asiakkaan vastuulle. Kelpoistusvaihe jakaantuu tekniseen kelpoistukseen ja prosessikelpoistukseen. Teknisessä kelpoistuksessa tarkastetaan dokumentaatio, testausraportit ja järjestelmän suorituskyky. Prosessikelpoistuksessa puolestaan osoitetaan, että prosessi tuottaa laadukasta lopputuotetta pitkäkestoisesti ja luotettavasti (Ajo ym. 2000, 78–89).

Kun kelpoistusvaihe on suoritettu, järjestelmä siirtyy tuotantovaiheeseen. Tässä vaiheessa tärkeintä on järjestelmän ylläpito, päivitykset ja muutosten hallinta. Muutokset vaativat aina uuden kelpoistuskierroksen, ja dokumentaation on oltava ajan tasalla. Tuotantovaiheessa järjestelmää käytetään päivittäin, ja sen toimivuutta seurataan esimerkiksi tarkastusten ja auditointien avulla. (Ajo ym. 2000, 93–94).

5 MUUTOKSENHALLINTA

5.1 Mihin muutoksenhallintaa tarvitaan

Muutoksenhallinta on prosessi, jonka tarkoituksena on suunnitella, toteuttaa ja seurata muutoksia (Nico.fi 2024). Muutoksenhallinnan avulla varmistetaan ennen kaikkea projektin osapuolten pysyminen ajan tasalla tehdyistä muutoksista, sekä muutosten syistä ja seurauksista. Ilman hyvin toteutettua muutoksenhallintaa voi syntyä tilanteita, joissa suunnittelun, asennuksen ja ohjelmoinnin välillä on ristiriitoja, jotka voivat johtua esimerkiksi siitä, että eri ryhmillä on käytössään eri revision kuvat. Pahimmillaan tilanne voi johtaa järjestelmän virheelliseen toimintaan, laatuongelmiin ja toimituksen viivästymiseen.

5.2 Muutoksenhallinnan nykytilanne

Yrityksessä ei tällä hetkellä ole käytössä virallista ohjetta tai yhtenäistä käytäntöä muutoksenhallintaa varten. Muutokset käsitellään usein projektikohtaisesti, ja toimintatavat vaihtelevat yksittäisten työntekijöiden tai projektipäälliköiden käytäntöjen mukaan.

Viivästynyt tiedonkulku aiheuttaa toisinaan haasteita projekteissa. Esimerkiksi työmaalla tehty muutos saattaa jäädä viestimättä takaisin suunnitteluun, jolloin lopullinen toteutus ei vastaa suunnitelmia. Tämä aiheuttaa haasteita etenkin projektin loppuvaiheessa, kun järjestelmä pitäisi ottaa käyttöön ajantasaisin ja testatuin tiedoin.

Muutosten jäljitettävyyttä olisi myös tarpeen parantaa. Usein on haastavaa tarkasti osoittaa, milloin tietty muutos on tehty, kuka sen on hyväksynyt ja mihin dokumentteihin muutos on päivitetty. Tämä vaikeuttaa muutosten seuraamista ja yksittäisten muutosten paikantamista. Lisäksi suunnitteludokumenttien luotettavuus kärsii.

Toimintatapojen hajanaisuus on tunnistettu yrityksessä kehityskohteeksi. Erityisesti suurissa projekteissa, joissa muutoksia syntyy usein sekä suunnittelun että

toteutuksen aikana, järjestelmällisen muutoksenhallinnan puute altistaa projektit viivästyksille ja lisää virheriskiä. Tämän vuoksi olisi perusteltua kehittää muutoksenhallintaa kohti selkeämpää ja yhtenäisesti sovellettavaa käytäntöä, joka tukee osaltaan projektien toteutuksen laatua ja tehokkuutta.

6 KYSELYTUTKIMUS

Osana opinnäytetyötä teetettiin JIS-Automationin RAU-suunnittelun parissa työskenteleville työntekijöille kyselytutkimus liittyen RAU-suunnittelun muutoksenhallintaan. Kysely toteutettiin Google Forms alustan avulla ja se pidettiin työpaikan sisäisellä Workplace kanavalla. Kysely jaettiin RAU-suunnittelun parissa töitä tekeville henkilöille ja se tavoitti noin 65 ihmistä. Kyselylomakkeessa esitettiin erilaisia väittämiä ja kysymyksiä, joihin vastattiin jokin annetuista vastausvaihtoehdoista tai annettiin avoin vastaus. Kysymykset olivat seuraavat:

1. Kauanko olet työskennellyt rakennusautomaation parissa?
2. Kuinka paljon RAU-projekteissa mielestäsi esiintyy suunnitelmamuutoksia?
3. Millaisia muutoksia ilmenee? Mistä muutokset johtuvat?
4. Kuinka hyvin muutokset dokumentoidaan ja hallitaan?
5. Onko osastollanne käytössä selkeästi määritelty muutoksenhallintaprotokolla?
6. Mitkä ovat mielestäsi muutoksenhallinnan suurimmat haasteet?
7. Koetko, että yrityksessä olisi tarvetta muutoksenhallinnan kehittämiseksi? Mitä asioita täytyisi erityisesti parantaa?

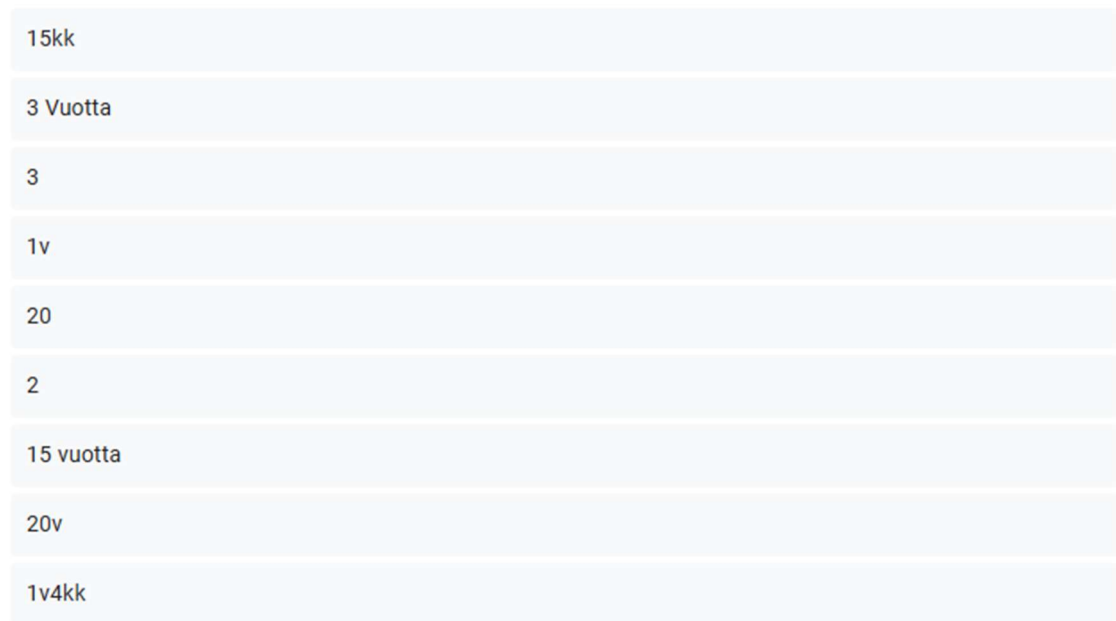
6.1 Kyselytutkimuksen tulokset

Kysely oli avoinna viikon verran ja se tavoitti noin 45 henkilöä. Näistä parikymmentä tekevät aktiivisesti RAU suunnitteluun liittyviä työtehtäviä. Vastauksia kyselyyn tuli 10 kpl, joten vastausprosentti jäi verrattain alhaiseksi. Vastausten pohjalta saatiin kuitenkin suuntaa antava kuva työntekijöiden kokemuksesta muutoksenhallinnan toteutumisesta yrityksessä.

6.1.1 Vastaukset kysymykseen yksi

Ensimmäisenä kysymyksenä kysyttiin vastaajien työkokemusta rakennusautomaation parista. Kuviosta 1 nähdään, että kyselyyn vastanneissa henkilöissä oli mukana niin nuorempia ja kokemattomampia henkilöitä, kuin jo pitkään alalla työskennelleitä kokeneempia suunnittelijoita.

Kauanko olet työskennellyt rakennusautomaation parissa?



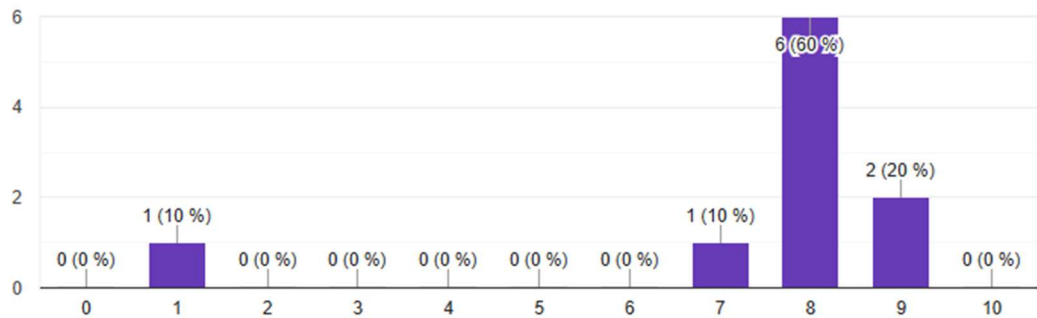
KUVIO 1. Kyselytutkimuksen ensimmäinen kysymys.

Vastanneiden työkokemus rakennusautomaation parista olivat yhdestä kahteenkymmeneen vuotta. Koska työkokemuksen määrä vaikuttanee vastauksiin, oli hyvä saada otantaan mukaan henkilöitä erimittaisilla työurilla.

6.1.2 Vastaukset kysymykseen kaksi

Toisessa kysymyksessä selvitettiin vastaajien kokemusta rakennusautomaatioprojekteissa esiintyvien muutosten määrästä. Seuraavassa kuviossa 2 on esitetty vastausten jakauma.

Kuinka paljon RAU-projekteissa mielestäsi esiintyy suunnitelmamuutoksia?



KUVIO 2. Vastaukset kyselytutkimuksen toiseen kysymykseen.

Vastauksista nousi selkeästi esille rakennusautomaatioprojekteissa esiintyvien muutosten paljous. Peräti 90% vastanneista oli sitä mieltä, että muutoksia esiintyy paljon. Tulos oli odotettu ja se korostaa muutoksenhallinnan sujumisen tärkeyttä, kun muutoksia tulee jatkuvalla syötöllä.

6.1.3 Vastaukset kysymykseen kolme

Kolmantena kysymyksenä kysyttiin vastaajilta, millaisia muutoksia suunnitelmissa ilmenee ja mistä ne johtuvat. Kysymykseen annettiin avoin kirjallinen vastaus ja vastauksia saatiin 7 kpl. Erilaisia suunnitelmamuutoksia oli lueteltuna hyvin. Vastausten perusteella yleisimmät suunnitelmamuutokset koskevat pisteliäisyyksiä, sekä järjestelmän toimintaselostuksen tarkennuksia.

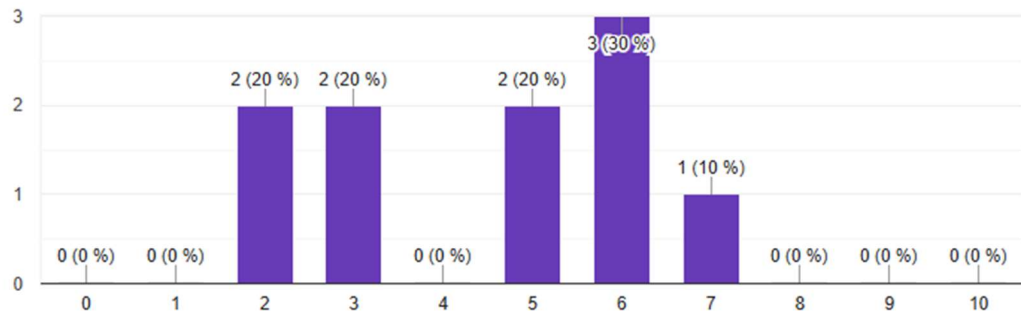
6/7 vastaajista mainitsi muutosten syyksi vajavaiset lähtötiedot ja epätarkan tai virheellisen säätökaavion. Vastaajien mukaan säätökaavioissa järjestelmän toiminta kuvataan usein epätarkasti tai ympäröyoreästi, jonka seurauksena sitä täytyy suunnittelun edetessä tarkentaa. Syiksi ehdotettiin kiirettä, puutteellisia lähtötietoja säätökaavioita laatiessa ja suunnittelijoiden huolimattomuutta.

Muita esiin nousseita asioita olivat eri suunnittelualueiden suunnitelmien väliset ristiriidat, (esimerkiksi SU ja RAU) sekä projektin aloitus keskeneräisillä suunnitelmillä.

6.1.4 Vastaukset kysymykseen neljä

Neljännessä kysymyksessä vastaajilta kysyttiin heidän kokemustaan siitä, kuinka hyvin muutokset dokumentoidaan ja hallitaan. Kuviosta 3 näemme vastauksien jakauman.

Kuinka hyvin muutoksen dokumentoidaan ja hallitaan



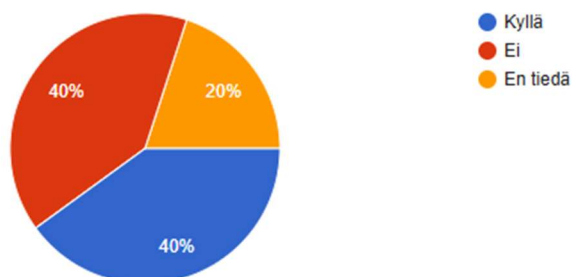
KUVIO 3. Vastaukset kyselytutkimuksen neljänteen kysymykseen.

Vastauksissa oli hieman hajontaa, joka saattaa kertoa osastokohtaisista eroista. Jonkinlaista muutoksenhallintaa on pakko tehdä lähes joka projektissa, mutta muutoksenhallinta ja dokumentointi saisi selvästi olla paljon paremmalla tasolla.

6.1.5 Vastaukset kysymykseen viisi

Viidennessä kysymyksessä kysyttiin vastaajilta, onko heidän osastollaan käytössä selkeästi määritelty protokolla muutoksien hallintaan. Kuviossa 4 on esitetty vastaukset ympyrädiagrammina.

Onko osastollanne käytössä selkeästi määritelty muutoksenhallintaprotokolla?



KUVIO 4. Vastaukset kyselytutkimuksen viidenteen kysymykseen.

Tulokset olivat mielestäni odotettua kehnommat. Alle puolet vastaajista kertoi olevansa tietoinen osastollaan olevan selkeästi määritelty protokolla muutoksien dokumentointiin ja hallintaan. Tässä olisi selkeä kehityskohde tulevaisuutta ajatellen.

6.1.6 Vastaukset kysymykseen kuusi

Kysymyksessä kuusi kysyttiin vastaajilta, mitkä ovat heidän mielestään muutoksenhallinnan suurimmat haasteet. Vastauksissa tuli ilmi monia seikkoja, mutta yleisimmät vastaukset olivat

1. Muutosten paljous
2. Aikataulut ja resursointi
3. Tiedonkulun varmistaminen

Muutosten suuri määrä koettiin yleisesti kaikista haastavimmaksi yksittäiseksi asiaksi muutoksenhallinnassa. Aikataulut ja resursointi muutosten paljoudessa aiheuttaa myös ymmärrettävästi haasteita. Kolmantena merkittävänä seikkana esiin nousi tiedonkulun varmistaminen eli muutoksista tiedottaminen ja ajantasaisten suunnitelmakuvien käyttäminen.

6.1.7 Vastaukset kysymykseen seitsemän

Viimeisenä kysymyksenä pyydettiin vastaajien mielipidettä siitä, täytyisikö heidän mielestään muutoksenhallintaa kehittää yrityksessä ja onko asioita, joita erityisesti täytyisi parantaa. 90% vastaajista oli sitä mieltä, että muutoksenhallintaa olisi syytä kehittää. Erityisiä parannuskohteita vastaajien mielestä olisi

1. Selkeiden ohjeiden luominen muutoksenhallintaan
2. Muutoksiin liittyvän viestinnän parantaminen
3. Ohjeet, kuinka muutoksiin reagoidaan niin suunnittelussa kuin kentällä

6.2 Kyselytutkimuksen johtopäätökset

Kyselytutkimuksen vastausten pohjalta voidaan todeta, että rakennusautomaation muutoksenhallinnan kehittäminen nähdään yrityksessä tarpeelliseksi. Yritykseltä puuttuu yhteinen tapa tehdä muutoksenhallintaa ja toimintatavat vaihtelevat henkilöstä ja osastosta riippuen. Muutoksia tulee paljon, mutta muutoksenhallintaa varten ei ole olemassa selkeää protokollaa tai suunnittelijat eivät ole tietoisia sellaisen olemassaolosta. Tiedonkulkua olisi myös tarpeellista parantaa, jotta kaikki tahot, joita muutokset koskevat, pysyisivät paremmin mukana missä mennään. Lisäksi viimeisimpien suunnittelumateriaalien saatavuus pitäisi varmistaa, jottei projektia edistetä vanhojen suunnittelumateriaalejen pohjalta.

7 MUUTOKSENHALLINNAN KEHITTÄMINEN TULEVAISUUDESSA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa RAU-projektien muutoksenhallinnan nykytilanne yrityksessä ja pohtia mahdollisuuksia sen kehittämiseen tulevaisuudessa. Kyselytutkimuksen tulokset mukailivat omia kokemuksiani muutoksenhallinnasta ja vastaukset osoittivat myös muilla työntekijöillä olevan saman suuntaisia ajatuksia aiheesta. Kehitysehdotusten täytäntöönpano jää kuitenkin yrityksen vastuulle.

7.1 Protokolla

Yrityksen olisi suositeltavaa laatia selkeä ja kattava muutoksenhallinnan protokolla, joka sisältää selkeät ohjeet rakennusautomaatioprojekteissa esiintyvien suurien muutosmäärien käsittelemiseksi sujuvasti. Nykytilanteessa muutoksien käsittelytavat vaihtelevat henkilöstä ja projektista riippuen. Tämä altistaa projektit virheille, viivästyksille ja dokumentoinnin puutteille. Tämän vuoksi olisi perusteltua luoda yhtenäinen protokolla, joka ohjaa kaikkien työntekijöiden ja sidosryhmien toimintaa muutostilanteissa.

Protokollan täytyisi pitää sisällään ohjeet muutosten dokumentointiin, revisioiden luomiseen, dokumenttien nimeämiseen ja jakamiseen, muutoksien toteuttamiseen, sekä kommunikointiin eri sidosryhmien välillä. Protokolla voisi olla osa yrityksen projektinhallintaohjeistusta, ja sen käyttöönotolla saataisiin parannettua suunnittelun toimintatapojen läpinäkyvyyttä, ennakoitavuutta ja yhdenmukaisuutta.

7.2 Koulutus

Protokollan lisäksi voitaisiin harkita muutoksenhallintaan soveltuvaa koulutusta työntekijöille. Rakennusautomaatiosuunnittelun (RAU) parissa toimivat asiantuntijat ovat päivittäin keskeisessä roolissa projektien teknisen sisällön tuottamisessa ja dokumenttien päivittämisessä. Suunnittelijoiden tekemät ratkaisut vaikuttavat suoraan järjestelmän toteutukseen ja samalla myös ohjelmointiin, asen-

nukseen ja käyttöönottoon. Tästä syystä heidän osaamisellaan muutostenhallinnan saralla on merkittävä vaikutus projektien läpivientiin ja dokumentaation laatuun. Näin ollen olisi perusteltua järjestää RAU-suunnittelijoille suunnattua koulutusta muutoksenhallinnan käytännöistä, jotta kaikki RAU-suunnittelun parissa työskentelevät ymmärtäisivät toimintamallit ja niiden merkityksen projektin sujuvuuden kannalta.

LÄHTEET

Ajo, R., Hakonen, S., Harju, H., Järvi, J., Kaskes, K., Lenardic, E., Niukkanen, E., Nurminen, T., Ritala, P., Tolppanen, M. & Tommila, T. (2001). Laatu Automaatiossa – Parhaat käytännöt. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry. Viitattu 18.5.2025

Buildwise. Julkaistu 30.1.2024. Rakennusautomaatio tutuksi. Verkkosivu. Viitattu 3.3.2025 <https://www.buildwise.fi/rakennusautomaatio-tutuksi/>

Fidelix. n.d. FX-Spider-X. Fidelix Oy. Saatavissa: <https://www.fidelix.com/wp-content/uploads/fx-spider-x-datasheet-en.pdf> Hakupäivä 23.3.2025

Härkönen, P., Liedes, R., Mikkola, J., Piikkilä, V., Pusa, K., Sahala, A., Sahlstén, T., Sandström, B., Sirviö, A., Spangar, T. & Sulku, J. (2018). ST-Käsikirja 17: Rakennusautomaatiojärjestelmät. 6., uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy

Nico.fi. 24.8.2024. Muutos on aina muutos – oli se iso tai pieni. Verkkosivu. Viitattu 20.5.2025. Saatavilla: <https://www.nico.fi/blogi/muutos-on-aina-muutos-oli-se-iso-tai-pieni>

Sähkötieto ry. (2020). ST 51.25 Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien laitteiden ja tilojen merkitseminen. Espoo: Sähköinfo Oy.

5. Onko osastollanne käytössä selkeästi määritelty muutoksenhallintaprotokolla?

2 (2)

Merkitse vain yksi soikio.

- Kyllä
 Ei
 En tiedä

6. Mitkä ovat mielestäsi muutoksenhallinnan suurimmat haasteet?

7. Koetko, että yrityksessä olisi tarvetta muutoksenhallinnan kehittämiseksi? Mitä asioita täytyisi erityisesti parantaa?
