RESURSSITEHOKKUUS RAKENNUSAUTOMAATIOPROJEKTEISSA

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Energiatekniikan diplomityö

2025

Jaana Ilvonen

Tarkastajat: Dosentti, TkT Ahti Jaatinen-Värri

Diplomi-insinööri Tiina Niinimaa

Public

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT:n energiajärjestelmien tiedekunta

Energiatekniikka

Jaana Ilvonen

Resurssitehokkuus rakennusautomaatioprojekteissa

Energiatekniikan diplomityö

2025

79 sivua, 4 kuvaa ja 2 liitettä

Tarkastajat: Dosentti, TkT Ahti Jaatinen-Värri ja Diplomi-insinööri Tiina Niinimaa

Avainsanat: automaatioprojekti, automaatiosaneeraus, kiinteistöjen energianhallinta, rakennusautomaatio, rakennusautomaatioprojekti, resurssien hallinta, resurssitehokkuus

Tässä diplomityössä tutkitaan Schneider Electricin Espoon, Kouvolan ja Lahden urakointitiimin toteuttamien rakennusautomaatioprojektien toteutusta sekä resurssien hallintaa projektien aikana. Tutkimuksen aluksi perehdytään rakennusautomaatiojärjestelmiin ja automaation rooliin kiinteistöjen energian hallinnassa. Lisäksi perehdytään Lean-ajattelun periaatteisiin ja keinoihin parantaa projektien läpivientiä.

Tutkimustyötä tehdään haastattelemalla Schneiderin automaatiourakoinnissa työskenteleviä projekti-insinöörejä, projektipäälliköitä sekä osastopäälliköitä sekä tutustumalla yrityksen nykyisiin ohjeistuksiin ja työn tulosta mittaaviin mittareihin. Näiden pohjalta tehtyjen havaintojen perusteella etsitään Lean-ajattelun mukaisia kehitysehdotuksia sekä projektien eri työvaiheiden suorittamiseen että projektin hallintaan resurssitehokkuuden parantamiseksi.

Tutkimuksen haastatteluissa selvisi, että projekti-insinöörit ovat kehittäneet itselleen aputyökaluja eri työvaiheiden suorittamiseen. Työn keskeisimpinä tuloksina todetaan, että nykyiset ohjeistukset ja aputyökalut sekä nämä tarpeelliset uudet ohjeet ja työkalut tulisi järjestellä helpommin löydettäviksi, ja ottaa tiiviimmin mukaan uusien työntekijöiden perehdytysprosessiin. Lisäksi tässä työssä luotiin uusi aputyökalu valvonta-alakeskussuunnittelua varten yhdenmukaistamaan työvaiheiden suorittamista sekä testiversio Lean-ajattelun mukaisesta projektiseurantataulukosta projektin työvaiheiden etenemisen seurantaa varten.

Public

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Energy Systems

Energy Technology

Jaana Ilvonen

Efficiency of resources in building automation projects

Master’s thesis

2025

79 pages, 4 figures and 2 appendices

Examiners: Docent, D.Sc. (tech), Ahti Jaatinen-Värri and Master of Science, M.Sc. (tech) Tiina Niinimaa

Keywords: automation project, building automation, energy management of buildings, resource management, resource efficiency

This Master’s thesis examines the implementation of building automation projects and resource management during these projects by Schneider Electric's integrated contracting team of Espoo, Kouvola, and Lahti. The study begins with an exploration of building automation systems and the role of automation in building energy management. Additionally, it delves into the principles of Lean thinking and methods to improve project execution.

The research is conducted by interviewing project engineers, project managers, and department heads working in Schneider's automation contracting, as well as by reviewing the company's current guidelines and performance metrics. Based on the observations made, Lean thinking-based improvement suggestions are sought for both the execution of project phases and project management.

The interviews revealed that project engineers have developed their own tools to assist in performing different work phases. The key findings of the study indicate that the current guidelines and tools, as well as these necessary new guidelines and tools, should be organized to be more easily accessible and integrated more closely into the onboarding process of new employees. Additionally, a new tool was created in this work for substation design to standardize the execution of work phases, and a test version of a Lean thinking-based project tracking table was developed to monitor the progress of project phases.

Public

KIITOKSET

Kiitos Lappeenrannan yliopistolle kaikista opeista sekä tämän tutkimuksen toteuttamisen että koko maisteritutkinnon aikana. Erityiskiitos Ahti Jaatinen-Värrille työn ohjauksesta ja tarkastamisesta yliopiston puolesta.

Suurimmat kiitokset työni ohjaajalle ja esihenkilölleni Jari Laaksolle sekä työni tarkastajalle Tiina Niinimaalle. Kiitos luottamuksesta, että sain tehdä tämän tutkimuksen Schneider Electricille ja samalla oppia itse lisää automaatioprojekteista sekä projektin hallinnasta.

Kiitos jokaiselle projekti-insinöörille ja projektipäällikölle Schneiderilla mittaamattoman arvokkaista ajatuksista ja näkemyksistä tämän työn edistämiseksi.

Isot kiitokset myös omalle perheelleni ja tukiverkostoilleni kannustuksesta ja tuesta.

Public

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset

p	paine	bar, Pa
T	lämpötila	ºC, K
U	jännite	V

Lyhenteet

AI	analoginen tulo (analog input)
AO	analoginen lähtö (analog output)
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, yksi Modbus-protokollan käyttämistä datakehyksistä
DI	digitaalinen tulo (digital input)
DO	digitaalinen lähtö (digital output)
EBO	EcoStruxure Building Operation (Schneider Electric:n rakennusautomaatiojärjestelmä)
ID	yksilöllinen tunniste (identifier)
I/O	tulo/lähtö (input/output), fyysinen kaapeloitu signaali alakeskuksen ja prosessin välillä
IV	ilmanvaihto
KVAK	kerrosalakeskus
LVI(A)	Lämmitys-, vesi-, ilmanvaihto- (ja automaatio-) tekniikka
MAC	Media Access Control, valmistajan määrittelemä yksilöllinen koodi tietylle verkkolaiteryhmälle
RAU	rakennusautomaatio, rakennusautomaatiourakoitsija
RTU	Remote Terminal Unit, yksi Modbus-protokollan käyttämistä datakehyksistä

Public

TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
UI	universaali tulo (universal input)
VAK	valvonta-alakeskus, alakeskus

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

Symboli- ja lyhenneluettelo

1 Johdanto ... 10
1.1 Työn tausta ... 10
1.2 Tutkimusongelma, tavoitteet ja rajaukset ... 12
1.3 Tutkimuksen rakenne ... 13
2 Rakennusautomaatiojärjestelmät ... 14
2.1 Rakennusautomaation rooli rakennusten energiankulutuksen hallinnassa ... 14
2.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne ... 18
2.2.1 Hallintotaso ... 18
2.2.2 Valvonta-alakeskukset ja I/O-moduulit ... 20
2.2.3 Kenttälaitteet ... 23
2.3 Rakennusautomaatioprojekti ... 28
2.4 Projektinhallinta ja resurssien käyttö rakennusautomaatioprojektissa ... 31
2.5 Schneider Electric ... 31
3 Rakennusautomaatioprojektit Schneider Electric Finland Oy:llä ... 33
3.1 Tutkimusmenetelmät ... 33
3.2 Projektinhallinnan ja resursoinnin nykytilanne ... 34
3.3 Projektin eri työvaiheet ja niissä havaitut haasteet ... 38
3.3.1 Valvonta-alakeskussuunnittelu ... 38
3.3.2 Ohjelmointi ... 41
3.3.3 Asennukset, kytkennät, kaapelointi ja pistetestaus ... 43
3.3.4 Käyttöönotto ... 43
3.3.5 Loppudokumentointi ... 46
3.4 Ajankäyttö eri työvaiheissa ... 46
3.5 Yhteenveto havaituista haasteista ... 47
4 Tehokkuuden parantaminen projekteissa ... 49

Public

4.1 Lean-periaatteet 49
4.2 Valvonta-alakeskussuunnittelu 52
4.3 Ohjelmointi 54
4.4 Asennukset 55
4.5 Käyttöönotto 56
4.5.1 Käytännön työn standardisointi 56
4.5.2 Käyttöönoton dokumentointi 57
4.6 Loppudokumentointi 58
4.7 Uusi tehtävien jako isoihin projekteihin 59
4.8 Projektin seuranta 60
4.9 Kommunikointi ja tiedon kulku 62
4.10 Hiljaisen tiedon jakaminen ja tiimiyhteistyö 63
4.11 Laitetilaukset ja logistiikka 65
5 Tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset 66
5.1 Aputyökalut ja ohjeet 66
5.2 Projektin seuranta ja tehtävien jako 68
5.3 Tiimin yhteistyö 70
5.4 Jatkuva parantaminen 70
6 Yhteenveto 72
Lähteet 77

Liitteet

Liite 1. Käytettyjen työtuntien jakautuminen eri työvaiheissa

Liite 2. Projektiseuranta

Public

Kuvaluettelo

Kuva 1. EcoStruxure Building Operation -kiinteistönhallintajärjestelmän grafiikkanäkymä

Kuva 2. Modulaarinen valvonta-alakeskus

Kuva 3. Schneider Electric:n I/O-moduuleita

Kuva 4. IV-koneen säätökaavio

Public

1 Johdanto

Tässä diplomityössä tutkitaan Schneider Electric Finland Oy:n automaatiourakoinnin (myöh. Schneider) tuottamien rakennusautomaatioprojektien eri vaiheisiin liittyvien insinöörityösuoritteiden resurssitehokkuutta projektin hallinnan ja organisaation näkökulmasta. Asiaa tarkastellaan sekä yksittäisen projektin ja sen sisältämien työvaiheiden kannalta että useiden projektien kesken jaettujen resurssien osalta.

Tämä tutkimus perustuu automaatiojärjestelmiin ja projektinhallintaan liittyvään kirjallisuuteen, Schneider Electric Finland Oy:n projektipäälliköiden, projekti-insinöörien ja muiden asianosaisten henkilöiden haastatteluihin, Marisa Värtisen (2024) opinnäytetyön tuloksiin sekä Schneiderin käyttämien työn tulosta mittaavien mittareiden antamiin tuloksiin ja yrityksen sisäisiin ohjeistuksiin. Resurssien tehokkuutta tutkitaan tuottavuuden, aikataulun ja työn laadun näkökulmasta. Tutkimuksella aiotaan saavuttaa kehitysehdotuksia ja työkaluja, joiden avulla voidaan parantaa projektien resurssitehokkuutta.

Tämä diplomityö on toteutettu toimeksiantona Schneider Electric Finland Oy:lle, jossa tutkija on kokopäiväisessä työsuhteessa projekti-insinöörinä.

1.1 Työn tausta

Energiasektorin aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat Suomessa olleet 2000-luvulla laskussa. Kuitenkin energiasektori on edelleen suurin päästöjen aiheuttaja ennen teollisuuden ja maankäytön sektoreita. Kansainvälisten velvoitteiden ja Suomen kansallisten tavoitteiden mukaisesti Suomen on vähennettävä kasvihuonekaasupäästöjen määrää, ja suurimpana päästöjen aiheuttajana energiasektorilla on päästöjen vähentämisessä merkittävä rooli. (Suomen virallinen tilasto, 2025; Kemppainen, 2022.)

Rakennusten energiankulutus on merkittävä osa valtakunnan kokonaisenergian kulutuksesta. Suomessa rakennusten energiankulutus on n. 40 % vuotuisesta energian kokonaiskulutuksesta, ja se aiheutuu rakennusten käytönaikaisesta lämmityksestä ja jäähdytyksestä sekä sähkölaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta. Rakennusten energiankulutuksen

Public

vähentämisellä olisi siis mahdollisuus vaikuttaa merkittävästi energian kokonaiskulutuksen vähentämiseen ja tätä kautta myös päästöjen vähentämiseen. (Motiva Oy, 2022.)

Rakennusautomaation avulla voidaan ohjata ja optimoida rakennusten taloteknisten järjestelmien toimintaa niin, että prosesseista saadaan mahdollisimman energiatehokkaita. Nykyaikaisen rakennusautomaation avulla saadaan kiinteistön prosesseista reaaliaikaista tietoa, jota voidaan valvoa myös etänä, jolloin ongelmat ja energiankulutuksen säästömahdollisuudet havaitaan nopeasti. Laitteissa lisääntyvä äly auttaa myös havaintojen tekemisessä. Lisäksi älykäs rakennusautomaatio mahdollistaa rakennusten sisäolosuhteiden ja toiminnallisuuksien ohjaamisen käyttäjän kannalta optimaalisiksi. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Suomessa on useita toimijoita, jotka toimittavat rakennusautomaatiojärjestelmiä. Isoilla toimijoilla on pääosin omat automaatiojärjestelmänsä, ja kilpailu alalla on kovaa. Eri toimijoiden järjestelmät tarjoavat lähes samoja teknisiä toiminnallisuuksia, joten kilpailuetuun vaikuttavat vahvasti myös mm. toimitusprojektin sujuvuus, luotettavuus ja kustannukset. Nämä tekijät vaikuttavat edelleen asiakastyytyväisyyteen. Projektin resurssitehokkuus on yksi tekijä, jonka avulla toimittaja voi saada edistettyä toimitusprojektin sujuvuutta ja luotettavuutta sekä saada yritykselle koituvia kustannuksia alas. Tässä tutkimuksessa perehdytään automaatioprojektien toteutukseen, projektin aikaiseen resurssienhallintaan ja erityisesti resurssien käytön tehokkuuteen Schneider Electric Finland Oy:n automaatiourakoinnin toteuttamissa projekteissa, jotta projektit saataisiin toteutettua entistäkin paremmin alusta loppuun.

Marisa Värtinen (2024) tutki opinnäytetyössään tässäkin työssä tutkimuksen kohteena olevan tiimin projektien eri työvaiheiden yhtenäistämisen ja standardisoinnin mahdollisia hyötyjä. Värtisen opinnäytetyön kehitysehdotuksena oli laatia työohjeita ja prosessikaavioita selkeyttämään yhdenmukaista toimintaa sekä yhtenäistää perehdytysohjelmaa ja kehittää projektin seurantajärjestelmää. Tässä työssä jatketaan Värtisen tutkimukseen pohjautuen yksityiskohtaisempaa selvitystä kehityskohteista eri työvaiheissa, sekä etsitään ratkaisuja projektin hallinnan kehittämiseksi.

Public

1.2 Tutkimusongelma, tavoitteet ja rajaukset

Tämän diplomityön aihetta valitessa tuli useampaan otteeseen esille, että automaatiourakoinnin projektien eri työvaiheissa on havaittu tarvetta tehostaa työvaiheiden läpivientiä. Osa työvaiheista on koettu turhan paljon aikaa vieviksi sopivien työkalujen puuttuessa. Osassa työvaiheissa voisi puolestaan olla edelleen varaa kehittää olemassa olevia käytäntöjä aikataulusuunnitteluun, tiedon kulkuun ja dokumentointiin liittyen. Myös projektinhallintaa ja sen työkaluja kehittämällä voisi olla mahdollista parantaa resurssitehokkuutta. Tätä tukee myös se, että projektien taloudellisen seurannan mukaan joissain projekteissa on havaittu haasteita aikataulujen hallinnassa sekä pienimuotoisia budjetin ylityksiä.

Tutkimuskysymyksinä tässä tutkimuksessa toimivat: Mitkä ovat projektin vaiheet, joissa koetaan olevan eniten parantamisen varaa resurssien tehokkaan käytön osalta? Miten ja minkälaisilla työkaluilla projektin eri työvaiheita voitaisiin kehittää tehokkaammiksi? Miten resurssitehokkuutta voitaisiin parantaa projektinhallinnan keinoin? Miten resurssien jakamista eri projektien kesken voitaisiin hallita paremmin ja saada henkilöresurssit käyttöön tehokkaammin?

Tutkimuksen tavoitteena on löytää sekä lyhyen että pitkän aikavälin työkaluja ja kehitysehdotuksia resurssien kokonaisvaltaisen tehokkuuden edistämiseksi projektipäälliköiden ja organisaation käyttöön. Työkaluja ja kehitysehdotuksia on tavoitteena löytää resurssitehokkuuden parantamiseen yksittäisten projektien eri työvaiheissa, yleisesti projektin hallinnan kannalta sekä eri projektien kesken jaettujen resurssien hallinnan osalta.

Rakennusten saneeraus- ja rakennusprojekteissa rakennusautomaatiosuunnitelmat toteuttaa erillinen suunnittelutoimisto. Muita rakennusurakassa tarvittavia suunnitelmia ovat mm. purku-, rakennus-, LVI- (lämmitys-, vesi- ja ilmanvaihto-) ja sähkösuunnitelmat. Myös nämä suunnitelmat toteuttaa jokin suunnittelutoimisto, joka voi olla eri toimija, kuin RAU-(rakennusautomaatio-)suunnitelmien toteuttaja. RAU-suunnittelulla on merkittävä rooli rakennusautomaatiourakassa ja sen sujuvassa onnistumisessa, mutta tässä tutkimuksessa keskitytään vain RAU-urakoitsijan osuuteen. RAU-urakalla ja rakennusautomaatioprojektilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa siis vain RAU-urakoitsijan osuutta.

Public

Projektin taloudelliseen onnistumiseen vaikuttavat myös monet muut asiat, kuten lisätyöt ja niihin liittyvän prosessin oikeanlainen läpivienti. Tällaiset projektin talouden hallintaan liittyvät asiat on rajattu tästä työstä pois.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen aluksi perehdytään yleisesti rakennusautomaatiojärjestelmiin ja niiden rooliin energian kulutuksen hallinnassa, rakennusautomaatiourakoitsijoiden suorittamiin projekteihin ja erityisesti näiden projektien projektinhallintatapoihin resurssien käytön näkökulmasta. Varsinaisessa tutkimuksessa lähdetään liikkeelle kartoittamalla Schneiderin projektien ne työvaiheet, joissa koetaan olevan eniten tarvetta tehostaa toimintaa resurssien käytön osalta. Kartoitusta tehdään haastattelemalla projektien parissa työskenteleviä henkilöitä ja selvittämällä, minkälaisia työkaluja Schneiderilla on nykyään käytössä projektien eri työvaiheissa. Lisäksi selvitetään yrityksen nykyisen seurantajärjestelmän ja mittareiden avulla, miten käynnissä olevat ja menneet projektit ovat toteutuneet, miten käytetyt tunnit jakautuvat projektin eri työvaiheiden kesken, onko eri projektien välillä havaittavissa eroja siinä, miten tehokkaasti resursseja on käytetty, ja mitä juurisyitä näille mahdollisille eroavaisuuksille löytyy.

Kartoituksen tulosten perusteella selvitetään, miten nykyisiä työkaluja voitaisiin parantaa, tai minkälaisia uusia työkaluja voitaisiin luoda projektin eri työvaiheisiin, jotta resurssit saataisiin tehokkaammin käyttöön. Lisäksi tarkastellaan projektia kokonaisuutena, ja pohditaan, miten projektinhallinnan eri keinoin saataisiin parannettua resurssitehokkuutta.

Public

2 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Tässä luvussa tarkastellaan aluksi, miten rakennusautomaatio on vahvasti kytköksissä rakennusten energiankulutuksen hallintaan, ja miten sen avulla voidaan vaikuttaa kokonaisenergiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Sen jälkeen perehdytään rakennusautomaatiojärjestelmiin sekä niihin liittyviin laitteisiin ja niiden toimintaan. Lopuksi perehdytään myös rakennusautomaatioprojektin toteutukseen sekä sille ominaiseen projektinhallintaan ja resurssien käyttöön.

2.1 Rakennusautomaation rooli rakennusten energiankulutuksen hallinnassa

Energiasektorin aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat Suomessa olleet 2000-luvulla laskussa. Kuitenkin energiasektori on edelleen suurin päästöjen aiheuttaja ennen teollisuus- ja maankäytön sektoreita aiheuttaen n. 70 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Kansainvälisten velvoitteiden ja Suomen kansallisten tavoitteiden mukaisesti Suomen on vähennettävä kasvihuonekaasupäästöjen määrää. Euroopan unioni on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 40 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 kasvihuonekaasupäästöjen tasoon verrattuna. Suurimpana päästöjen aiheuttajana energiasektorilla on päästöjen vähentämisessä merkittävä rooli. (Suomen virallinen tilasto, 2025; Liedes, 2020.)

Rakennusten energiankulutus on merkittävä osa valtakunnan kokonaisenergian kulutuksesta, ja sitä säädelläänkin voimakkaasti sekä EU-tason että kotimaisen viranomaisohjauksen avulla. Suomessa rakennusten energiankulutus on n. 40 % vuotuisesta energian kokonaiskulutuksesta, ja tämä aiheuttaa vuosittain n. 30 % kasvihuonekaasupäästöistä. Rakennusten energiankulutus aiheutuu käytönaikaisesta lämmityksestä ja jäähdytyksestä sekä sähkölaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta. Suomen vuosittaisesta energian kokonaiskulutuksesta n. 45 % koostuu teollisuuden energiankulutuksesta ja n. 15 % liikenteen energiankulutuksesta. Rakennusten energiankulutuksen vähentämisellä olisi siis mahdollisuus vaikuttaa merkittävästi sekä energian kokonaiskulutuksen pienenemiseen että kasvihuonekaasupäästöjen vähenemiseen. (Sähkötieto Ry, 2019, 22.; Motiva Oy, 2022.)

Public

EU:n antamasta rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPDB) vaatimuksista on määritetty Suomen kansalliset lait ja asetukset sekä hallinnolliset määräykset. Näiden mukaisesti rakennusautomaatioon kohdistuu ympäristöministeriön asetuksen 718/2020 vaatimukset, joiden mukaan rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmän avulla on kyettävä:

- jatkuvasti seuraamaan, kirjaamaan ja analysoimaan energian käyttöä
- mahdollistamaan käytön mukauttamista
- tekemään vertailevaa analyysia rakennuksen energiatehokkuudesta
- havaitsemaan rakennuksen teknisten järjestelmien tehokkuuden heikkeneminen
- ilmoittamaan rakennuksen teknisestä hallinnosta vastaavalle henkilölle energiatehokkuuden parantamiseen liittyvistä mahdollisuuksista
- mahdollistamaan viestintä toisiinsa yhteydessä olevien rakennuksen teknisten järjestelmien välillä erilaisesta valmistajakohtaisesta teknologiasta, laitteista ja valmistajista riippumatta

Ympäristöministeriön (2013 & 2017) asetuksessa rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (4/13 ja 2/17) määritellään vähimmäisvaatimukset rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen, kun kyseessä on luvanvaraiset rakennuksen korjaus- tai muutostyöt. Näitä vaatimuksia vuonna 2017 voimaan tulleen asetuksen muutoksen mukaan ovat mm. seuraavat (Ympäristöministeriö, 2017):

- Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä eli lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 45 %.
- Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,0 kW/(m³/s)
- Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 1,0 kW/(m³/s)
- Ilmastointijärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,5 kW/(m³/s)
- Lämmitysjärjestelmien hyötysuhdetta on parannettava laitteiden ja järjestelmien uusimisen yhteydessä uusittavilta osin. Uusimisen jälkeen rakennuksen pääasiallisen

Public

lämmöntuottojärjestelmän ja tilojen pääasiallisen lämmönjakojärjestelmän hyötysuhteiden välisen suhteen on oltava vähintään 0,8.

Uudisrakentamista ohjataan rakentamismääräyksillä, joiden asettamat vaatimukset ohjaavat uudisrakentamista energiatehokkuuteen ja päästöjen vähentämiseen. Vaatimusten lisäksi sekä uudisrakentamiselle että korjaus- ja muutosrakentamiseen annetaan suosituksia, jotka myös kannustavat energiatehokkuuden edistämiseen. (Motiva Oy, 2022.)

Rakennusten energiatehokkuudessa keskeinen rooli on onnistuneella arkkitehti-, rakenne- ja talotekniseellä suunnittelulla. Rakennuksen sijainnilla, tiloilla ja reitityksillä, materiaaleilla ja niiden ominaisuuksilla sekä oikein mitoitetuilla laitteilla ja järjestelmillä on merkittävä vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen. Ajantasainen rakennusautomaatio on kuitenkin avain muuttuvien vaatimusten ja suositusten mukaisten toimintojen toteutumiseen ja näiden järjestelmien optimaaliseen käyttöön. Kyse onkin kokonaisuudesta, jossa automaatiolla on tärkeä rooli monella eri tasolla. (Liedes, 2020.)

Rakennusautomaation avulla voidaan optimoida rakennusten taloteknisten järjestelmien toiminta niin, että ne täyttävät vaatimusten mukaisen tehokkaan energiankäytön. Nykyaikainen rakennusautomaatiojärjestelmä mahdollistaa rakennuksen järjestelmien toimivuuden ja sisäolosuhteiden hallinnan, valvonnan ja ohjauksen, rakennuksen koko elinkaaren ajan myös etänä, mikä mahdollistaa ongelmien ja virhetilanteiden havaitsemisen nopeasti. Lisäksi älykäs rakennusautomaatio mahdollistaa rakennusten sisäolosuhteiden ja toiminnallisuuksien, kuten lämmityksen, jäähdytyksen ja valaistuksen, ohjaamisen käyttäjän kannalta optimaalisiksi. (Hyvärinen, 2024; Sähkötieto Ry, 2019.)

Aikaohjelmiin ja lämpötilamittauksiin perustuvaa säätöä ilmanvaihtokoneiden, lämmityksen, jäähdytyksen ja valaistuksen ohjauksessa on käytetty jo vuosikymmeniä. Muun muassa liiketunnistimet, valoisuusanturit, hiilidioksidi-, hiilimonoksidi ja kosteuspitoisuusmittaukset ovat mahdollistaneet näiden taloteknisten järjestelmien entistäkin tarkemman tarpeenmukaisen säädön. Kun esimerkiksi ilmanvaihtoa tai lämmitystä tehostetaan lämpötila- ja hiilidioksidimittausten sekä läsnäolotiedon perusteella vain silloin, kun tiloissa on käyttöä ja pidetään ilmanvaihto ja lämmitys minimissään tai jopa kokonaan pois päältä silloin, kun tilat ovat tyhjillään, voidaan merkittävästi vähentää energiankulutusta. (Hyvärinen, 2024; Sähkötieto Ry, 2019.)

Public

Rakennusautomaatiojärjestelmien tietoliikenneominaisuuksien kehittyminen ja älyn lisääntyminen eri laitteissa on myös tehnyt järjestelmistä monikäyttöisempiä ja paremmin käyttäjiä palvelevia. Entistä laajemmat mahdollisuudet tallentaa pitkän aikavälin mitattuun tietoon perustuvaa analysoitua tietoa, mahdollistavat energiankulutuksen tarkemman seurannan, jolloin energiatehokkuuteen vaikuttavien ongelmien ja säästömahdollisuuksien tunnistaminen on helpompaa ja nopeampaa. Nortion (2024) mukaan laitteiden itseoppiva äly voi tuottaa myös ongelmia erityisesti laitteen käyttöajan alussa, sillä laitteen toiminta saattaa muuttua sen keräämän datan perustella. Tämän vuoksi järjestelmän toiminnan jatkuva analysointi on tärkeää. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Rakennusautomaatiojärjestelmiä voidaan myös integroida muihin taloteknisiin järjestelmiin, kuten palo-, murto- tai kulunvalvontaan, hotellien varausjärjestelmiin tai AV-järjestelmien esitys- ja viihdepalveluihin. Lisäksi voidaan hyödyntää paikallista sääennustetta ja sähkön pörssihinnan ennustetta, jolloin voidaan laskea, milloin on energiankäytön kannalta paras hetki lämmittää tai jäähdyttää. Esimerkiksi hotellin varausjärjestelmään integroituna rakennusautomaatio voi ennakoida, milloin hotelliasiakas kirjautuu hotelliin sisään, ja tarvittaessa lämmittää tai jäähdyttää varatun huoneen jo etukäteen haluttuun lämpötilaan silloin, kun energiaa on saatavilla edullisemmin. Tällaisilla automatisoiduilla ja integroiduilla toiminnoilla saadaan optimoitua rakennuksen energiankäyttöä, ja voidaan saada merkittäviä säästöjä energiankulutuksessa. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Kiinteistöjä on myös mahdollista liittää kysynnän joustoon (tai energian käyttäjän näkökulmasta kulutusjoustoon), jolloin kiinteistö joustaa sähkön tuotannon ja kysynnän mukaan. Valtakunnallisen sähköverkon taajuuden on oltava jatkuvasti 50 Hz. Todellisuudessa sähköverkon taajuus vaihtelee, sillä taajuus kasvaa, kun tuotantoa on enemmän kuin kulutusta ja laskee, kun kulutus ylittää tuotannon. Lisäksi sähköverkko kuormittuu, kun sähköenergian käyttö lisääntyy esimerkiksi sähköautojen yleistyessä. Jotta laitteet ja järjestelmät toimivat oikein, on taajuuden vaihtelun oltava mahdollisimman pientä ja pysyttävä välillä 49,9–50,1 Hz. Sähkön kulutus ja tuotanto on siis tasapainotettava vastaamaan toisiaan niin, että taajuus pysyy näissä rajoissa. (Ketomäki, 2024; Hyvärinen 2024.)

Vuonna 2024 Suomen sähköntuotannosta 20 % tuotettiin tuulivoimalla, 17,8 % vesivoimalla ja 1,4 % aurinkovoimalla. Nämä kaikki tuotantomuodot ovat uusiutuvia, mutta tuuli- ja aurinkovoima ovat vahvasti riippuvaisia sääolosuhteista. Myös vesivoima on riippuvainen vesitilanteesta, mutta toisaalta vesivoimalla on suuri säätökapasiteetti eli sen avulla voidaan

Public

säätää energiajärjestelmän tasapainoa. Sääriippuvaisen sähköntuotannon lisääntyessä säätökapasiteettia tarvitaankin, jotta sähköverkon taajuus saadaan pidettyä oikeana. Rakennusautomaation avulla myös kiinteistöjen on mahdollisuus joustaa energian kulutuksessa, mikä auttaa sähköverkon tasapainottamisessa. Tällaisella kulutusjoustolla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla kiinteistön energian käyttöä ohjataan sellaisiin ajankohtiin, kun energiaa on paremmin tarjolla ja se on edullisempaa. Tällöin automaation avulla seurataan sääennustetta ja energian hintaennusteita, ja ajastetaan energiaa kuluttavat toiminnot näihin sopiviin ajankohtiin. (Ketomäki, 2024; Hyvärinen 2024.)

Suomessa toimii useita toimijoita, jotka toimittavat rakennusautomaatiojärjestelmiä erilaisiin kiinteistöihin, kuten asuin- ja toimistorakennuksiin, urheiluhalleihin, päiväkoteihin, kouluihin, hotelleihin, datakeskuksiin ja sairaaloihin. Isoilla toimijoilla on pääosin omat automaatiojärjestelmänsä, mutta eri toimijoiden järjestelmät tarjoavat lähes samoja toiminnallisuuksia. (Sähkötieto Ry, 2019.)

2.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmän voidaan ajatella koostuvan kolmesta eri hierarkkisesta tasosta: hallintotaso, automaatiotaso ja kenttätaso. Tämä jako kolmeen eri tasoon on kehitetty keskitettyjen järjestelmien aikana 1990-luvulla. Tasojen väliset rajat ovat muuttuneet epäselvemmiksi älyn lisääntyessä eri laitteissa, mutta jako on edelleen käyttökelpoinen hahmottamaan rakennusautomaatiojärjestelmän rakennetta. Hallintotaso sisältää paikallisvalvomot ja etävalvomon. Automaatiotaso muodostuu valvonta-alakeskuksista (VAK) I/O-moduuleineen (input/output, tulo/lähtö). Kenttätasoon puolestaan kuuluvat erilaiset kenttälaitteet, kuten anturit, toimilaitteet ja huonesäätimet. Nämä hierarkian eri tasot toimivat saumattomasti yhdessä mahdollistaen rakennusautomaation tehokkaan ja monipuolisen hallinnan. (Sähkötieto Ry, 2019.) Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan tarkemmin näitä rakennusautomaatiojärjestelmän eri tasoja ja niihin kuuluvia laitteita.

2.2.1 Hallintotaso

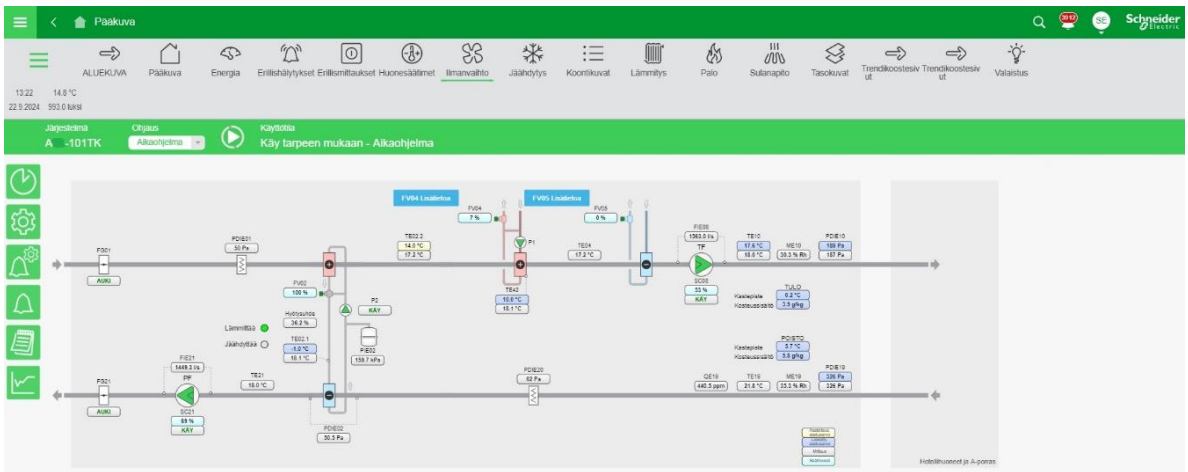
Hallintotason muodostavat paikallisvalvomot ja etävalvomo. Nämä ovat käytännössä PC-pohjaisia valvomoita, joita voi olla yksi tai useampia sekä paikallisesti kiinteistössä että

Public

etävalvomossa eli keskusvalvomossa. Keskusvalvomoon voi olla liitetty useamman eri kiinteistön valvomot. Hallintotason tehtävänä on toimia keskitettynä ohjaus- ja valvontapisteenä rakennuksen eri järjestelmille. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Valvomossa on rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöliittymä, jota käyttäjä tarvitsee prosessien ohjaukseen, analysointiin ja raportointiin. Nämä ovat graafisia käyttöliittymiä, joiden kautta käyttäjän on helppo hallita rakennuksen valaistusta, lämmitystä, ilmanvaihtoa, jäähdytystä ja muita järjestelmiä. Lisäksi ne tarjoavat reaaliaikaista tietoa energiankulutuksesta, sisäilman laadusta ja muista tärkeistä mittareista. Käyttäjä saa valvomoon tiedon myös prosesseissa syntyvistä hälytyksistä, ja hälytysten kuittaus tapahtuu valvomon kautta. Kriittisistä, välitöntä toimenpidettä vaativista hälytyksistä voidaan lähettää myös jatkohälytys esimerkiksi tekstiviestillä kiinteistöhuollon puhelimeen. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Alla olevassa kuvassa (Kuva 1) nähdään esimerkki Schneider Electricin EcoStruxure Building Operation -rakennusautomaatiojärjestelmän (EBO) käyttöliittymän graafisesta näkymästä. Yläreunan painikkeista käyttäjän on helppo navigoida eri järjestelmien välillä. Kuvassa on avattu yläreunan ilmanvaihtokuvakkeesta näkyville ilmanvaihtokone. Grafiikkakomponentteja klikkaamalla käyttäjä saa lisätietoa järjestelmän eri komponenteista, ja voi ohjata niiden toimintaa. Vasemmassa reunassa olevista vihreistä kuvakkeista käyttäjä pääsee muokkaamaan ilmanvaihtokoneen aikaohjelmaa ja asetuksia, tarkastelemaan hälytyksiä ja trenditietoja sekä tekemään muistiinpanoja.



Kuva 1. EcoStruxure Building Operation -kiinteistönhallintajärjestelmän grafiikkanäkymä

Schneiderin EcoStruxure Building Operation -kiinteistönhallintajärjestelmässä ylin hallinnollinen taso on Enterprise Central (EC) eli ylimmän tason palvelin, johon voidaan liittää Enterprise Servereitä (ES). Tämä mahdollistaa suurten kokonaisuuksien yhdistämisen yhdeksi järjestelmäksi, mutta EC-taso on käytössä vain harvakseltaan. ES-palvelin on puolestaan se hallinnointitaso, johon voidaan liittää automaatiopalvelimia (Automation Server, AS). Suuri osa automaatiopalvelimista on liitetty johonkin Schneiderin eValvomon ES-palvelimeen eli ns. pilvivalvomoon, johon käyttäjä pääsee kirjautumaan internetselaimen kautta mistä ja milloin vain. Automaatiopalvelimet voivat olla liitettynä vaihtoehtoisesti myös asiakkaan omaan ES-palvelimeen. (Ala-Kolu, 2024 b.)

2.2.2 Valvonta-alakeskukset ja I/O-moduulit

Automaatiotason muodostavat valvonta-alakeskukset, automaatiopalvelimet sekä niihin liitettävät I/O-moduulit ja mahdolliset muut lisälaitteet. Alakeskus sisältää myös ohjelmat, jotka ohjaavat prosesseja I/O-pisteisiin liitettyjen kenttälaitteiden välityksellä. Esimerkiksi lämpötila-anturi on kenttälaite, jonka antama lämpötilatieto välittyy I/O-moduulille. Ohjelma prosessoi tiedon, ja lähettää esimerkiksi venttiilin toimilaitteelle käskyn avata tai sulkea venttiiliä tarpeen mukaan. (Sähkötieto Ry, 2019; Ala-Kolu, 2024 b.)

Automaatiopalvelin (AS) on alakeskustasolla toimiva laite, johon järjestelmiä ohjaavat ohjelmat ladataan. AS:ään voidaan liittää kenttälaitteita sekä väylän että I/O-liityntäpisteiden kautta. Schneiderin järjestelmässä AS-P on automaatiopalvelimen malli, joka ei sisällä yhtään I/O-pistettä, vaan I/O-toiminnot lisätään I/O-moduuleiden avulla. AS-B on puolestaan automaatiopalvelimen malli, joka sisältää kiinteän määrän I/O-liityntäpisteitä, mutta siihen ei ole mahdollista liittää erillisiä I/O-moduuleita. (Ala-Kolu, 2024 b.)

Valvonta-alakeskus voi siis olla modulaarinen tai kiinteäpisteinen alakeskus. Modulaarisessa alakeskuksessa alakeskuskaappiin asennetaan automaatiopalvelimen (AS-P:n) lisäksi I/O-moduulit DIN-kiskoon, erilliseen korttikehikkoon tai pistokeliitäntäisiin moduulipohjiin. Lisäksi DIN-kiskoon voidaan asentaa muita tarvittavia lisälaitteita, kuten riviliittimiä, 230 V AC-pistorasia huoltolaitteita varten, pääkytkin, vikavirtasuojat, jäätymisvaaratermostaatit ja releitä. (Ala-Kolu, 2024 b.) Alla olevassa kuvassa (Kuva 2) esitetään Schneiderin modulaarinen valvonta-alakeskus, jossa DIN-kiskoon on kiinnitetty automaatiopalvelin AS-P, erilaisia I/O-moduuleita sekä riviliittimiä väylälaitteita varten.

Public

Kuva 2. Modulaarinen valvonta-alakeskus

Kiinteäpisteinen alakeskus koostuu yhdestä elektroniikkakortista tai moduulista, johon voidaan kytkeä kiinteä määrä I/O-pisteitä. Tällainen moduuli sisältää myös CPU-osan prosessoreineen ja muisteineen, jolloin tällaiselle moduulille voidaan ladata itsenäisesti toimivat ohjelmat. Schneiderin järjestelmässä tämä on AS-B-moduuli. (Sähkötieto Ry, 2019; Ala-Kolu, 2024 b.)

Ulkoisesti VAK on kaappi tai kotelo, joka sijoitetaan yleensä kiinteistön tekniseen laitetilaan, kuten IV-konehuoneeseen, lämmönjakohuoneeseen tai sähkökeskustilaan. Monikerroksisessa rakennuksessa huonesäätölaitteita varten on yleensä myös jokaisessa kerroksessa oma kerrosalakeskus (KVAK), joka voidaan sijoittaa esimerkiksi kerroskohtaiseen huoltotilaan. Alakeskusten sijoitteluun ja lukumäärään vaikuttavat kenttälaitteiden lukumäärät ja sijainnit, sillä pitkät kaapelointimatkat kenttälaitteelta alakeskukselle aiheuttavat kustannuksia sekä toiminnan epävarmuutta. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Yhteensä alakeskuksessa on yleensä parista kymmenestä jopa kahteen sataan I/O-pistettä. Erityyppisiä I/O-pisteitä varten I/O-moduuleissa on oltava erityyppisiä liityntäpisteitä, joten

Public

on olemassa erilaisia I/O-moduuleita. Aiemmin mainitussa kiinteäpisteisen alakeskuksen moduulissa voi olla kiinteät lukumäärät tietyille I/O-pisteille tarkoitettuja liityntäpisteitä tai kiinteä määrä ns. universaaleja liityntäpisteitä, joihin voidaan liittää erityyppisiä I/O-pisteitä. (Sähkötieto Ry, 2019.) Seuraavaksi tarkastellaan erityyppisiä I/O-pisteitä ja -moduuleita.

Kenttälaitteiden kosketintietoon perustuvat hälytykset ja tilatiedot eli indikoinnit liitetään alakeskukseen digitaalisten tulopisteiden eli DI-pisteiden (digital input) kautta DI-moduuliin. Digitaalisen tulopisteen kautta siis saadaan ns. päälle/poistieto kenttälaitteelta, esimerkiksi tilatieto, onko pumppu päällä vai ei. Hälytyksen tapauksessa tämä on hälytys/normaalitila. Laitteen kosketin voi olla tyypiltään avautuva ”normally open” (NO) tai sulkeutuva ”normally closed” (NC). Tämä kuvaa kenttälaitteen koskettimen tilaa lepotilassa.

DI-moduulia voidaan käyttää myös pulssitulojen (IMP) liittämiseen alakeskukseen. Pulssilaskentaa käytetään lähinnä kulutusmittareilla, kuten energia-, sähkö- ja vesimittareilla. Tällaisilta mittareilta saadaan pulssi aina jokaista tiettyä kulutusmäärää kohden, esimerkiksi 1 pulssi = 100 litraa. Nämä pulssit skaalataan vastaamaan laitteen teknisiä tietoja ja lasketaan yhteen. Näin saadaan tuotettua kulutusraportteja valvomoon. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Digitaalisen lähdön eli DO-pisteen (digital output) avulla toteutetaan päälle/poisohjaukset (on/off). Näillä ohjauspisteillä ohjataan esimerkiksi valaistusta päälle ja pois. Jotta DO-pisteiden kautta pystytään ohjaamaan 24 V toimilaitteiden lisäksi myös 230 V toimilaitteita ja kontaktoreita, tarvitaan erillinen välirele, mikäli relettä ei ole DO-moduulissa sisäänrakennettuna. Mikäli samalta kenttälaitteelta on tuotu automaatiolle sekä DO- että DI-piste, voidaan DI-pisteen kautta seurata DO-pisteen antaman ohjauksen toteutumista. Jos tilatieto poikkeaa ohjauksesta, saadaan ristiriitahälytys valvomoon. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Analogisiin tulopisteisiin eli AI-pisteisiin (analog input) liitetään erilaiset mittausanturit, kuten lämpötila-, paine- tai kosteusanturit. Lämpötila-antureiden mittaussignaalit ovat yleensä NTC- (negative temperature coefficient) tai PTC- (positive temperature coefficient) elementtien resistanssiarvoja. Muut anturit, kuten paineanturit antavat jänniteviestin yleensä välillä 0–10 V DC. Nämä viestit skaalataan niin, että alakeskukselle saatava jänniteviesti vastaa laitteen teknisiä arvoja. (Sähkötieto Ry, 2019.) Schneider Electricillä ei ole erikseen AI-moduulia, vaan AI-pisteille käytetään UI-moduulia (universal input) eli universaaleja tulopisteitä sisältävää moduulia, johon voidaan liittää minkä tyyppisiä pisteitä tahansa paitsi DO-pisteitä.

Public

Analogisiin lähtöpisteisiin eli AO-pisteisiin (analog output) liitetään portaattomalla jänniteviestillä säädettävät kenttälaitteet, kuten venttiileiden tai peltien toimilaitteet, joiden tehtävänä on ajaa venttiiliä tai peltiä auki ja kiinni portaattomalla säädöllä. Alakeskukselle ladattu ohjelma laskee säätöarvon, esimerkiksi välillä 0–100 %, ja tämä muutetaan jänniteviestiksi 0–10 V DC tai joissain tapauksissa 2–10 V DC. Alakeskuksen mahdollisia vikatilanteita varten AO-moduulilla voi olla oma prosessorinsa, johon on mahdollista ohjelmoida itsenäisiä toimintoja, jotta kriittiset toiminnot saadaan pidettyä käynnissä, vaikka alakeskukselta ei saataisikaan säätöviestiä. Esimerkiksi venttiili voidaan ohjata ennalta määriteltyyn vakioarvoon, kuten 30 % auki. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Alla olevassa kuvassa (Kuva 3) nähdään Schneider Electric:n erilaisia I/O-moduuleja. Vasemmalta lähtien kuvassa ovat esimerkit DI-16, DO-FA-12, UI-16 ja AO-V-8-moduuleista. Moduuleista on olemassa myös erilaisia versioita. Kirjainlyhenteen perässä olevat numerot kertovat moduulissa olevien liityntäpisteiden lukumäärän.

Kuva 3. Schneider Electric:n I/O-moduuleita

2.2.3 Kenttälaitteet

Kenttälaitteisiin kuuluvat mm. erilaiset anturit, toimilaitteet, huonesäätimet, mittarit ja taajuusmuuttajat. Kenttälaitteet voidaan kaapeloida suoraan alakeskuksen I/O-moduuleille, mutta useista laitteista on saatavilla myös versioita, joita voidaan liittää alakeskukseen väyläliitynnän kautta. (Sähkötieto Ry, 2019.) Tarkastellaan seuraavaksi erilaisia kenttälaitteita, näiden kaapelointia sekä yleisimmin käytettyjä väylätekniikoita.

Public

Anturit

Antureiden tehtävä on mitata ja välittää tietoa alakeskukselle reaaliajassa. Taloteknisissä prosesseissa käytetään eniten lämpötila-, paine-, kosteus- ja kaasupitoisuusantureita. Lisäksi rakennusten automaatiojärjestelmissä käytetään esimerkiksi läsnäolo-, pinnankorkeus-, vesivuoto-, valoisuus-, tuulen nopeus- ja sadeantureita. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Lämpötila-antureiden toiminta perustuu anturin mittauselementin resistanssin muutoksiin. Lämpötila-anturit voivat olla tyypiltään joko NTC-antureita (negative temperature coefficient), jolloin mittauselementin resistanssi laskee, kun mitattavan aineen lämpötila nousee tai PTC-antureita (positive temperature coefficient), jolloin mittauselementin resistanssi nousee, kun lämpötila nousee. PTC-antureiden mittatarkkuus on tietyillä lämpötila-alueille tarkempi kuin NTC-antureilla, joten PTC-antureita käytetään erityisesti lämpötilanvalvontasovelluksissa. NTC-anturit tarjoavat laajan mitta-alueen, ja reagoivat herkästi lämpötilan muutoksiin. Lisäksi ne ovat yleensä kustannustehokkaita, mikä tekee niistä suosittuja. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Paineantureilla voidaan mitata putkissa tai kanavissa kulkevan nesteen tai kaasun painetta. Painelähettimen mitta-alue voi olla esimerkiksi 0…6 bar tai 0…16 bar. Lähtöviestinä on yleensä 0–10 V DC, joka skaalataan vastaamaan painelähettimen mitta-aluetta. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Paine-erolähettimien toiminta perustuu yleensä anturin mittauskalvossa tapahtuvaan pieneen muodonmuutokseen tai jännitykseen, joka muutetaan sähköiseen muotoon anturin mittaelementin avulla. Mittaelementit voivat olla kapasitiivisia, induktiivisia tai pietsosähköisiä elementtejä. Tämä mittaelementin antama sähköinen viesti on yleensä jännite viesti 0–10 V DC, joka skaalataan vastaamaan paine-erolähettimen mitta-aluetta. Painelähettimen mitta-alue voi olla esimerkiksi 0…500 Pa tai 0…2500 Pa, ja joissain paine-erolähettimissä tämä mitta-alue on konfiguroitavissa laitteelta. Mitta-alue valitaan mitattavan kohteen mukaan sopivaksi. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Kosteusantureita voidaan käyttää esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden tulo- ja poistokanavissa tai huonetiloissa mittaamassa suhteellista ilmankosteutta. Kun lämpötila-antureilla mitataan myös lämpötilaa, voidaan laskea reaaliaikaista kastepistettä. Tämä on tärkeää, jotta voidaan valvoa, ettei taloteknisissä järjestelmissä tapahdu kondensoitumista eli ilman sisältämän vesihöyryn tiivistymistä vedeksi, mikä voisi vaurioittaa laitteita ja rakenteita.

Public

Kosteusantureiden toiminta perustuu yleensä kapasitiiviseen polymeerianturiin, jonka polymeeriin sitoutuva vesimäärä muuttaa anturin kapasitanssia. Anturi muuttaa tämän kapasitanssin muutoksen jänniteviestiksi. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Kaasupitoisuuksien mittauksia käytetään sekä taloteknisten järjestelmien energiatehokkaan ohjauksen toteuttamiseen että henkilöturvallisuuden varmistamiseen. Esimerkiksi satunnaisesti käytössä olevien tilojen ilmanvaihtoa voidaan tehostaa tilojen hiilidioksidimittauksen perusteella, jolloin näiden tilojen ilmanvaihto voidaan pitää minimissä silloin, kun tilat ovat tyhjillään ja säästää näin energiaa. Pysäköintihallien ilmanvaihtoa voidaan tehostaa myös CO- eli häkäpitoisuuden perusteella, jolloin varmistetaan, ettei vaarallisten kaasujen pitoisuus nouse liian korkeaksi suljetuissa tiloissa. Myös muiden kaasujen pitoisuuksia voidaan mitata ns. VOC-antureilla (volatile organic compound), jolloin on mahdollista lisätä tilojen käyttöturvallisuutta ja -mukavuutta. Kaasuantureissa käytetään useita erilaisia anturitekniikoita, kuten sähkökemiallisia kennoja, katalyytti- ja puolijohdeantureita ja infrapuna-antureita. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Valoisuusantureita voidaan käyttää esimerkiksi ulko- ja sisävalaistuksen sekä verhojen ja markiisien ohjaamiseen. Valoisuusantureiden toiminta perustuu valodiodiin, ja eri antureiden mitta-alueet vaihtelevat paljon. Käytettävä anturi valitaan mitta-alue huomioiden käyttökohteeseen sopivaksi. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Toimilaitteet ja taajuusmuuttajat

Toimilaite on laite, jonka tehtävänä on säätää erilaisia toimielimiä, kuten venttiileitä tai peltejä. Venttiilin toimilaitetta kutsutaan venttiilimoottoriksi. Se ajaa venttiiliä eri asentoihin ohjelman laskeman jänniteviestin mukaisesti. Venttiileiden ja niiden toimilaitteiden avulla säädetään esimerkiksi nesteen virtausta putkessa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Taajuusmuuttajat ovat moottorinohjaimia, joiden avulla ohjataan sähkömoottoreita muuttamalla niiden tehonsyötön taajuutta ja jännitettä eli käytännössä ohjataan moottorin nopeutta. Taajuusmuuttajilla voidaan myös ohjata moottorin ylös- ja alasramppausta käynnistyksen ja pysäytyksen aikana. Taajuusmuuttajia käytetään yleensä puhaltimien, pumppujen ja kompressorien portaattomaan säätöön, jolloin ne mahdollistavat näiden laitteiden energiatehokkaan ja tarpeenmukaisen säädön.

Public

Väylätekniikat

Edellä esiteltyjä kenttälaitteita voidaan siis kaapeloida suoraan alakeskuksen I/O-moduuleille aiemmin esiteltyihin liityntäpisteisiin, mutta lisäksi useista kenttälaitteista löytyy versioita, jotka voidaan liittää alakeskukseen väylätekniikalla. Yleisimmin rakennusautomaatiossa käytettyjä väyläprotokollia ovat Modbus, M-bus, BACnet, LonWorks ja KNX-protokollat. (Sähkötieto Ry, 2019; Piikkilä & Sahlsten, 2017.)

Modbus-väyläprotokolla perustuu asiakas/palvelin-arkkitehtuuriin (client/server), jossa asiakas (client) kysyy tietoa ja palvelin (server) vastaa asiakkaalle. Palvelin on itse Modbus-laite, ja asiakas on se laite, johon Modbus-laite liitetään. Modbus RTU:ssa eli sarjaliikenteessä on vain yksi asiakas, joka kysyy tietoa useammalta palvelimelta. IP-pohjaisessa Modbus TCP:ssä voi olla yhtäaikaisesti useampi asiakas. Schneiderin järjestelmässä asiakas on käytännössä valvonta-alakeskuksen automaatiopalvelin AS (automation server). AS-P tukee enintään 124 RTU-laitetta tai 247 TCP-laitetta. AS-B puolestaan tukee enintään 50 RTU-laitetta tai 50 TCP-laitetta. (Ala-Kolu, 2024 c.)

Modbus-sarjaliikenteessä jokaisella Modbus-laitteella on oma laiteosoite välillä 1–247, jonka avulla laitteet yksilöidään. Lisäksi laitteet parametroidaan niin, että automaatiojärjestelmässä parametrit vastaavat laitteen parametreja. Näitä aseteltavia parametreja ovat esimerkiksi datakehyksen tyyppi (framing mode), väylänopeus (baud rate) ja pariteetti (parity). Datakehyksen tyyppi voi olla ASCII tai RTU. ASCII-formaatissa dataa välitetään tekstimuodossa. RTU-formaatti on yleisempi, ja siinä dataa välitetään binäärisessä muodossa. Väylänopeuden arvona on suositeltavaa käyttää suurinta nopeutta, mitä liitettävä laite tukee. Pariteetti puolestaan määrittelee sen, sisältääkö viestin sanoma parillisen vai parittoman määrän 1-arvoja. Toimintavarmuuden kannalta on suosteltavaa, että samaan väylään liitettävät laitteet parametroidaan keskenään samalla tavalla eli yhteen väylään kannattaa liittää vain keskenään samantyyppisiä laitteita. (Ala-Kolu, 2024 c; Piikkilä & Sahlsten, 2017.)

Modbus-laitteen välittämä tieto sijaitsee Modbus-rekistereissä, joita luetaan tai kirjoitetaan. Jokaisella rekisterityypillä on oma rekisteriosoite välillä 0–65535, ja nämä rekisterit on jaettu eri funktiotyyppeihin. Automaatiolle määritellään laitevalmistajan dokumentaation mukaiset rekisterit riippuen siitä, mitä tietoja halutaan laitteelta väylän kautta lukea. Rekistereiden määrittely toimii samalla tavalla sarjaliikenteessä sekä IP-pohjaisessa Modbus TCP:ssä. (Ala-Kolu, 2024 c.)

Public

BACnet-väyläprotokolla perustuu myös asiakas/palvelin-arkkitehtuuriin, jossa asiakas kysyy tietoa ja palvelin vastaa asiakkaalle. BACnetissa kuitenkin useamman laitteen on mahdollista toimia yhtä aikaa sekä palvelimena että asiakkaana. Schneiderin järjestelmässä yksi AS-P tukee enintään 254 BACnet-laitetta, ja AS-B enintään 50 BACnet-laitetta. (Ala-Kolu, 2024 a.)

BACnet-verkko voi muodostua useammasta erillisestä verkosta, jotka voivat olla sekä sarjaliikenne- että IP-verkkoja. BACnet laitteella on kaksi osoitetta: MAC-osoite ja Device ID eli ns. laitetunnus. Kommunikointia varten käytettävä MAC-osoite on sarjaliikenteessä COM-osoite, ja IP-verkossa IP-osoite + käytetty portti hexadesimaalimuodossa. Laitteen yksilöimistä varten käytettävä Device ID on laitteen tunniste BACnet-verkossa. (Ala-Kolu, 2024 a.)

Schneiderin järjestelmä ei suoraan tue kaikkia väyläprotokollia, esimerkiksi M-bus-protokollaa. Alakeskukseen on kuitenkin mahdollista lisätä erilaisia väylämuuntimia, joiden avulla voidaan muuntaa esimerkiksi M-bus-väylä Modbus-väyläksi. (Ala-Kolu, 2024 a.)

Kaapelointi

Yleisimmin automaatiokytkennöissä käytettävät kaapelityypit ovat JAMAK, NOMAK ja KLMA sekä Ethernet-kaapelit. Lisäksi 230 V:n ohjaukset kaapeloidaan MMJ/MMO-kaapelilla. Anturit, mittalähettimet ja muut 24 V:n kenttälaitteet kaapeloidaan yleensä häiriösuojatulla NOMAK- tai KLMA-kaapelilla. Taajuusmuuttajat kaapeloidaan yleensä JAMAK-kaapelilla. Sarjaliikenneväylissä käytetään yleensä JAMAK-kaapelia, ja IP-pohjaisissa väylissä Ethernet-kaapelia, esimerkiksi CAT6. (Piikkilä & Sahlsten, 2017.)

JAMAK-, NOMAK- ja KLMA-kaapeleista on olemassa eri kokoisia kaapeleita, eli ne sisältävät eri määrän kaapelipareja. Yhdeltä laitteelta voidaan ottaa useampi eri piste automaatiolle. Esimerkiksi pumpulla voi olla sekä on/off- eli päälle/pois-ohjauspiste, portaaton säätö sekä tilatieto eli indikointi. Tässä tapauksessa tältä pumpulta, tai sen taajuusmuuttajalta, vedetään kaapeli alakeskukselle sekä DO-, AO- että AI-pisteisiin. Tällöin käytetään saman kaapelin kolmea ensimmäistä paria näiden kolmen eri automaatiopisteen kaapelointiin.

Public

2.3 Rakennusautomaatioprojekti

Rakennusautomaatioprojekti on toimitusprojekti, joka on yleensä tilaajan kannalta katsottuna tyypiltään investointiprojekti. Tällainen projekti alkaa sopimuksesta, ja päättyy projektin tuotoksen luovutukseen asiakkaalle. Lisäksi projektin luovutushetkestä alkaa takuuaika, joka on rakennusurakan yleisten sopimusehtojen (YSE 1998) mukaan kaksi vuotta. Investointiprojekteille on ominaista, että arviot aikatauluista ja budjetista ovat tarkkoja, ja olennaista onkin aikataulun pitävyys koko projektin ajan, sillä tilaajan näkökulmasta investointiprojekti on taloudellisesti merkittävä panostus. (Mäntyneva, 2016; Pelin, 2011.)

Rakennusautomaatiourakka (RAU-urakka) toteutetaan usein osana isompaa rakennusurakkaa, jolloin RAU-urakoitsija on alistettuna sivu-urakoitsijana tässä isommassa urakassa. Sivu-urakan alistaminen tarkoittaa sitä, että rakennuttaja tekee urakkasopimukset eri urakoitsijoiden kanssa ja tämän jälkeen alistaa sivu-urakat pääurakoitsijalle. Tällöin RAU-urakoitsija laatii omasta osuudestaan toteutusaikataulun sisältäen eri työvaiheiden keston. Tämä aikataulu toimitetaan pääurakoitsijalle, joka sovittaa jokaisen urakoitsijan aikataulun yleisaikatauluun. Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen (YSE 1998) mukaisesti jokaisen urakoitsijan on osallistuttava yhteisen työaikataulun ja työsuunnitelman laatimiseen, ja työaikataulu hyväksytään yhteisesti noudatettavaksi. Näiden aikataulujen puitteissa RAU-urakoitsija tekee omat tarkemmat aikataulu- ja resurssisuunnitelmansa omasta osuudestaan. Saneerauskohteissa RAU-urakoitsija voi myös toimia kokonaisurakoitsijana. Tällöin RAU-urakoitsija tekee itse aikataulu- ja resurssisuunnitelmat projektin alusta loppuun. (Niinimaa, 2024; Sähkötieto Ry, 2019.)

RAU-urakoitsijan ollessa alistettuna sivu-urakoitsijana osana isompaa urakkaa, muiden urakoitsijoiden pysyminen heille annetussa aikataulussa, on tekijä, jonka mahdolliset muutokset on otettava huomioon RAU-urakan aikana projektin resurssien hallinnassa. Alistamissopimuksen mukaan rakennuskohteen valmistumisen viivästyessä ovat sekä pää- että sivu-urakoitsijat velvollisia suorittamaan rakennuttajille viivästyksestä aiheutuvan sakon. Sivu-urakoitsija vapautuu sakosta vain, mikäli tämä voi näyttää toteen, ettei viivästyminen johtunut hänen suorituksestaan. Todistustaakka on sivu-urakoitsijalla. Tässä tutkimuksessa keskitytään myös aikataulujen osalta vain RAU-urakoitsijan omaan osuuteen. (Niinimaa, 2024; Sähkötieto Ry, 2019.)

Public

Varsinainen rakennusautomaatioprojekti alkaa jo rakennusautomaatiosuunnittelusta ja siihen liittyvistä projektin suunnittelupalavereista ja sopimuksista. Käytännössä RAU-suunnittelun toteuttaja on yleensä eri toimija kuin RAU-urakoitsija, kuten tässä tutkimuksessa tarkasteltavissa projekteissa. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa tarkastellaan vain RAU-urakoitsijan osuutta. Tästä huolimatta on hyvä tiedostaa RAU-suunnittelun ja sen laadukkaan toteutuksen vaikutus sekä suunnittelijan ja urakoitsijan välillä tapahtuvan avoimen kommunikoinnin tärkeys RAU-urakoitsijan osuuteen. (Pelin, 2011; Sähkötieto Ry, 2019.)

RAU-urakoitsijan osuus alkaa tarjouslaskentavaiheesta, mutta tähän osallistuu yleensä lähinnä urakoitsijayrityksen myynti- ja tarjouslaskentaosasto. Projektin projektipäällikkö on kuitenkin aktiivisesti mukana myös tässä vaiheessa, etenkin isommissa projekteissa. Tarjouslaskentavaihetta varten rakennuttajalta saadaan urakkaohjelma, urakkarajaliite, työturvallisuusliite sekä tarjouspyyntö.

RAU-suunnittelija puolestaan toimittaa tarjouslaskentavaiheessa vähintään ne tekniset RAU-suunnitelmat, jotka tarvitaan tarjouslaskennan tekemistä varten. Näitä ovat piirustusluettelo, RAU-sijaintipiirustukset, järjestelmäkaaviot, RAU-työselostus, pistelistaukset RAU-järjestelmään liitettävistä muiden järjestelmien pisteistä, kuten sähköpisteet RAU-järjestelmässä, urakkarajaliitettä tukevat piirustukset, kuten hankintarajakaavio sekä säätökaaviot toimintaselostuksineen ja laiteluetteloineen. Näiden dokumenttien avulla voidaan arvioida automaatiopisteiden lukumäärä sekä laitteiden lukumäärät. Edellä mainituista suunnitelmadokumenteista erityisesti prosessien säätökaaviot toimintaselostuksineen kuitenkin tarkentuvat ja täydentyvät vielä myöhemmissä vaiheissa. Lisäksi RAU-suunnittelija toimittaa vaikutusaluepiirustukset sekä mahdollisesti muita kohteesta ja urakasta riippuvia suunnitelmia ja piirustuksia. (Niinimaa, 2024; Sähkötieto Ry, 2019.)

RAU-urakoitsija tekee RAU-suunnittelijan toimittamien piirustusten perusteella ensin RAU-arkkitehtisuunnitelman, joka sisältää kuvauksen järjestelmästä ja sen teknisestä rakenteesta yleistasolla käsittäen mm. alakeskukset ja huonesäätimet sekä selvityksen käytettävistä tiedonsiirtoprotokollista ja mahdollisista integraatioista muihin järjestelmiin. Kun RAU-arkkitehtisuunnitelma on hyväksytetty, RAU-urakoitsija tekee kytkentäkuvat ja kaapelinvetoluettelot automaatioasennuksia varten ja suunnittelee valvonta-alakeskuksen layoutin. Lisäksi RAU-urakoitsija tekee suunnitelmien mukaiset ohjelmoinnit ja grafiikat automaatiojärjestelmään, ja tilaa kaikki tarvittavat automaatiourakkaan kuuluvat laitteet,

Public

jotka on aiemmin hyväksytetty projektin tilaajalla. (Roivainen, 2024 a; Sähkötieto Ry, 2019.)

Automaatiokaapeloinnit suorittaa yleensä joko RAU-urakoitsija tai sähköurakoitsija riippuen siitä, mitä koko urakassa on aluksi sovittu. Tämän jälkeen RAU-urakoitsija tekee automaatioasennukset, -kytkennät ja pistetestaukset, suorittaa järjestelmien käyttöönoton ja varmistaa niiden suunnitelmien mukaisen toiminnan. Näistä toiminnan varmistuksista RAU-urakoitsija tekee käyttöönottopöytäkirjat ja muut tarvittavat dokumentit, joilla voidaan todentaa järjestelmien toimivuus. Tätä rakennusurakan yleisten sopimusehtojen (YSE 1998:n) mukaista toiminnan varmistusta ja sen dokumentointia kutsutaan itselle luovutukseksi. Lisäksi RAU-urakoitsija osallistuu urakoitsijoiden välisiin toimintakokeisiin, mahdollisiin tilaajan toiminnan varmistuksiin sekä LVI-valvojan toimintakokeisiin, ja toimittaa tarvittavat dokumentit viranomaistarkastuksia varten. Näissä toimintakokeissa havaitut viat ja puutteet kirjataan ylös, ja RAU-urakoitsija korjaa kaikki viat ja puutteet sovitussa aikataulussa. Toimintakokeiden jälkeen suoritetaan vielä loppukokeita, joissa varmistetaan taloteknisten järjestelmien toimivuus, kuten Black Out -testejä, kuormituskokeita sekä tarvittavia loppusäätöjä. (Niinimaa, 2024; Sähkötieto Ry, 2019; Roivainen, 2024 a.)

RAU-urakoitsija tekee RAU-suunnittelijan tekemistä suunnitelmista ns. punakynät eli merkitsee suunnitelmadokumentteihin kaikki urakan aikana tehdyt muutokset verrattuna alkuperäisiin suunnitelmiin. RAU-suunnittelija tekee näiden punakynien perusteella loppukuvat. RAU-urakoitsija tekee asennusten aikana punakynät myös omista kytkentäkuvista, ja tekee lopuksi itse näistä loppukuvat. RAU-urakoitsija on myös vastuullinen pitämään automaatiojärjestelmän käytönopastuksen kiinteistön käyttäjälle, joka on yleensä kiinteistöhuollon henkilökunta. (Niinimaa, 2024; Sähkötieto Ry, 2019.)

Urakan lopuksi pidetään tilaajan kanssa vastaanottotarkastus, jossa tarkastetaan, että kaikki sopimukseen kirjatut työt on suoritettu ilman virheitä tai puutteita. Mikäli virheitä tai puutteita ilmenee, kirjataan ne pöytäkirjaan ja sovitaan erillinen jälkitarkastus jäljelle jääneiden virheiden ja puutteiden korjauksien tarkastamiseksi. Vastaanottotarkastuksessa sovitaan myös urakan taloudellisen loppuselvityksen tekemisestä. Vastaanoton jälkeen urakka siirtyy takuuajalle, jolloin mahdollisten takuutöiden hoitaminen siirtyy yleensä RAU-urakoitsijalla urakoinnilta huollolle. (Niinimaa, 2024; Sähkötieto Ry, 2019.)

Public

2.4 Projektinhallinta ja resurssien käyttö rakennusautomaatioprojektissa

Usein automaatioprojekteja toteutetaan matriisiorganisaatiotyyppisellä projektijohtamisorganisaation mallilla, jossa projektitiimien manageri antaa tekijöitä projektipäälliköiden käyttöön eri projekteihin. Pelinin (2011) mukaan matriisiorganisaatiomallilla on resurssien hallinnan kannalta useita etuja, kuten se, että henkilöitä voidaan joustavasti siirtää projektien välillä, ja tällöin heidän työkuormitustaan saadaan tasattua. Matriisiorganisaatiossa johdolla on siis mahdollisuus ohjata resurssien käyttöä ja priorisoida projekteja tarpeen mukaan. Toisaalta matriisiorganisaatiossa projektien väliset kiistat resursseista ovat yleisiä, ja päätöksenteko ja aikataulujen yhteensovittaminen voi olla monimutkaista, mikäli projektia toteuttavat henkilöt ovat mukana useamman eri projektipäällikön vetämässä projektissa. (Pelin, 2011.)

Kuten aiemmin todettiin, RAU-urakka toteutetaan usein osana isompaa urakkaa, jolloin RAU-urakoitsija noudattaa yhdessä pääurakoitsijan ja muiden sivu-urakoitsijoiden kanssa hyväksyttyä yleisaikataulua. Tässä on määritelty viikkotasolla, milloin mitkäkin työt tulee suorittaa. Tällöin projektitiimin vastuulle jää suorittaa vaaditut työt yleisaikataulussa määriteltyinä ajankohtina. Koska aikataulut on yleensä määritelty vain viikkokohtaisesti, ja työmaalla työskentelee paljon myös muita urakoitsijoita yhtä aikaa, on kommunikointi muiden urakoitsijoiden ja omien aliurakoitsijoiden kanssa tärkeää töiden tarkemman yhteensovittamisen vuoksi. Lisäksi nämä viikkokohtaiset aikataulut muuttuvat, koska työvaiheet saattavat viedä enemmän aikaa, kuin oli suunniteltu. Tällöin töitä aikataulutetaan uudelleen. Vaikka nämä uudet aikataulut hyväksytään yhteisesti, on erittäin yleistä, että urakan lopussa on kiire. RAU-urakan osuus ajoittuu ajallisesti rakennusurakan loppuun, joten lopun kiireen aiheuttamat haasteet ja henkiset paineet korostuvat RAU-urakoitsijan suorituksessa.

2.5 Schneider Electric

Schneider Electric on maailmanlaajuinen energia- ja automaatioteknologiayritys, joka tarjoaa kestäviä ja energiatehokkaita ratkaisuja erilaisille asiakkaille eri toimialoilla. Yritys on erikoistunut sähkönsyötön hallintaan, energiatehokkuuteen, kestävään energiaan, automaatioon ja digitaalisiin ratkaisuihin. (Schneider Electric, 2024.)

Schneider Electric tarjoaa laajan valikoiman tuotteita ja ratkaisuja, mukaan lukien sähkökeskukset ja -laitteet sekä yrityksille että kotitalouksille, taajuusmuuttajat, aurinkopaneelit,

Public

energianhallintajärjestelmät sekä älykkäät rakennus- ja teollisuusautomaatioratkaisut. Lisäksi yritys tarjoaa pilvipohjaisia ja reaaliaikaisia ohjelmistoja, jotka mahdollistavat älykkään energianhallinnan ja prosessien optimoinnin. (Schneider Electric, 2024.)

Missiona on ”olla luotettu kumppani kestävässä kehityksessä ja tehokkuudessa”. Schneider Electric on siis sitoutunut edistämään kestävää kehitystä ja energia-alan innovaatioita auttaakseen asiakkaitaan saavuttamaan paremman energiatehokkuuden ja kestävän kehityksen tavoitteet. Yrityksen tavoitteena on luoda ympäristöystävällisempi ja älykkäämpi maailma energiatehokkaiden ratkaisujen avulla. (Schneider Electric, 2024.)

Schneider Electricin historia alkaa 1800-luvulta, kun vuonna 1836 ranskalaiset Schneiderin veljekset ostivat Creusot-valimot, ja heistä tuli tärkeä toimija teräs- ja koneteollisuudessa. Kaksi vuotta myöhemmin he perustivat yhtiön nimeltä Schneider & Cie, ja maailmansotien jälkeen he laajensivat toimintaansa nopeasti kehittyville sähkömarkkinoille. 1900-luvun loppupuolella Schneider-konserni kasvoi strategisten yrityskauppojen myötä, ja keskitti toimintaansa sähköteollisuuteen, energianhallintaan ja teknologisiin innovaatioihin. (Schneider Electric, 2024.)

Nykyään Schneider Electricillä on toimipisteitä yli 150 maassa ympäri maailmaa. Suomessa on toimipisteitä 16 eri kaupungissa, joista pohjoisin sijaitsee Kuusamossa. Suomen pääkonttori sijaitsee Espoossa. Schneider Electric on jaettu eri liiketoiminta-alueisiin, joista yksi on ”Energy Management”. Tämä on jaettu kuuteen divisioonaan, joista yksi on ”Digital Energy”. Automaatiourakointi on osa ”Digital Energy”-divisioonaa. Automaatiourakointi toteuttaa projekteja Suomen eri toimipisteillä, ja yhteistyötä tehdään eri kaupunkien toimipisteiden välillä paljonkin, mutta hallinnollisesti automaatiourakointi on jaettu eri tiimeihin. Espoon, Kouvolan ja Lahden toimipisteet muodostavat yhden automaatiourakointitiimin, mutta tämän tiimin toteuttamissa projekteissa on mukana projektipäälliköitä ja -insinöörejä myös esimerkiksi Tampereelta, Jyväskylästä ja Oulusta. (Schneider Electric, 2024.)

Public

3 Rakennusautomaatioprojektit Schneider Electric Finland Oy:llä

Kuten aiemmin todettiin, Suomessa toimii useita toimijoita, jotka toimittavat rakennusautomaatiojärjestelmiä. Isoimmilla toimijoilla on pääosin omat automaatiojärjestelmänsä, ja kilpailu alalla on kovaa. Eri toimijoiden järjestelmät tarjoavat lähes samoja toiminnallisuuksia, joten kilpailuetuun vaikuttavat vahvasti myös mm. toimitusprojektin sujuvuus, luotettavuus ja kustannukset. Nämä tekijät vaikuttavat edelleen asiakastyytyväisyyteen. Projektin resurssitehokkuus on yksi tekijä, jonka avulla voidaan saada edistettyä toimitusprojektin sujuvuutta ja luotettavuutta sekä saada yritykselle aiheutuvia kustannuksia alas. (Sähkötieto Ry, 2019.)

Automaatiourakoinnin Espoon, Kouvolan ja Lahden toimipisteiden yhdistetty tiimi toteuttaa automaatioprojekteja sekä saneeraus- että uudiskohteissa. Projektit ovat myös kiinteistön koon ja käyttötarkoituksen sekä automaatiopistemäärän perusteella hyvin erilaisia. Projekteja toteutetaan mm. toimistorakennuksiin, sairaaloihin, hotelleihin, datakeskuksiin, urheiluhalleihin ja kouluihin. (Laakso, 2024.)

3.1 Tutkimusmenetelmät

Tätä tutkimusta varten haastateltiin Schneider Electric Finland Oy:n automaatiourakoinnissa työskenteleviä projektipäälliköitä, projekti-insinöörejä ja osastopäälliköitä. Haastattelut suoritettiin 10.9.-21.11.2024 välisenä aikana. Haastattelut olivat puolistrukturoituja haastatteluja eli kaikille haastateltaville esitettiin samat ennalta määritellyt kysymykset, mutta myös paljon lisäkysymyksiä riippuen haastateltavan vastauksista. Haastatteluissa saatiin myös hyvin aikaiseksi avointa keskustelua aiheesta, mikä helpotti haastaviksi koettujen asioiden löytämistä. (Eskelinen & Karsikas, 2014.) Haastatteluihin kutsuttiin henkilöitä niin, että haastateltavissa olisi mahdollisimman monipuolisesti eri työvaiheita toteuttavia henkilöitä sekä projektipäälliköitä, jotta tutkimuksessa saataisiin esille mahdollisimman paljon erilaisia näkökulmia. Puolistrukturoidut haastattelut toimivatkin hyvin tässä tutkimuksessa selvittämään nykytilannetta tutkimuksen kohteena olevan tiimin projektien toteutuksesta, sillä tutkijalla ei ollut etukäteen tarkkaa tietoa jokaisen työtehtävän suoritustavasta. Puolistrukturoidut haastattelut kannustivat haastateltavia kertomaan monipuolisemmin näkemyksiään

Public

aiheesta. Haastatteluihin osallistuminen perustui vapaaehtoisuuteen, eivätkä kaikki kutsutut halunneet osallistua haastatteluun.

Edellä esiteltyjen haastatteluiden lisäksi työn edetessä pidettiin tarkentavia keskusteluja eri työvaiheisiin erikoistuneiden projekti-insinöörien sekä projektipäälliköiden kanssa liittyen juuri heidän vahvuusalueisiinsa. Näihin keskusteluihin osallistuneet henkilöt olivat osittain samoja, jotka osallistuivat alkuperäisiin haastatteluihin. Haastatteluihin ja vapaamuotoisempiin keskusteluihin osallistui yhteensä 10 eri henkilöä.

Haastatteluiden avulla tutustuttiin tarkemmin eri työvaiheiden suorittamiseen, nykyisin käytössä olevia työkaluihin ja ohjeisiin sekä työvaiheiden suorittamiseen liittyviin haasteisiin. Lisäksi perehdyttiin tarkemmin automaatiourakoinnin projektien nykyiseen toteutukseen Schneiderin Espoon, Kouvolan ja Lahden toimipisteillä, ja tutustuttiin projektin aikaiseen resurssienhallintaan, nykyisin käytössä oleviin mittareihin ja näissä havaittuihin haasteisiin. Lopuksi selvitettiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän antamien lukujen perusteella, miten käytetyt työtunnit jakautuvat nykyään eri työvaiheiden kesken erilaisissa projekteissa.

3.2 Projektinhallinnan ja resursoinnin nykytilanne

Schneiderilla projektille nimetty projektipäällikkö varaa projektiin tarvittavat henkilöstöresurssit yhdessä projektitiimien managereiden kanssa. Käytännössä jokaisen projektin alkaessa projektille varataan tarjouslaskentavaiheessa laskettua työmäärää vastaava henkilötyöaika, joka määrittelee henkilöresurssien lukumäärän. Projektissa tarvittavat henkilöt ovat tietyssä projektiorganisaatiossa mukana tarvittavan ajan, jonka jälkeen he voivat siirtyä seuraavaan projektiin. Projektihenkilöt voivat myös olla mukana useammassa projektiorganisaatiossa yhtä aikaa, sillä automaatiourakassa on usein vaiheita, kun tekijöille ei ole tietyissä työvaiheissa työtä. Tämä luo projekteille keskinäisiä riippuvuuksia projektien kesken jaettujen resurssien kautta. Lisäksi jokaisen urakan aikataulut muuttuvat ja tarkentuvat urakan etenemisen myötä. Tämä luo lisää haasteita resurssien tehokkaaseen käyttöön, kun eri projektien muuttuvat aikataulut tulee saada sovitettua toisiinsa. (Niinimaa, 2024; Pelin, 2011.)

Projektipäällikkö laatii tarkemman suoritusaikataulun, mitä kukin henkilöresursseista tekee ja milloin. Yksi henkilö voi toteuttaa yhdessä projektissa useampaakin eri työvaihetta, ja toisaalta sama henkilö on usein mukana useammassa eri projektissa yhtäaikaisesti. Lisäksi

Public

projektin työvaiheita suoritetaan usein limittäin ja vuorotellen. Tällöin projektia toteuttavat henkilöt voivat siirtyä työvaiheesta toiseen tai projektista toiseen hyvinkin dynaamisesti. Suuri osa projektin työvaiheista voidaan myös suorittaa etänä ilman, että tekijän tarvitsee käydä paikan päällä työmaalla. Etäyhteyksien ansiosta esimerkiksi valvonta-alakeskussuunnittelua, kytkentäkuvia ja ohjelmointia voidaan tehdä etänä. Tämä mahdollistaa sen, että näitä työvaiheita voi tehdä myös eri kaupunkien toimipisteillä olevat henkilöt. (Laakso, 2024; Niinimaa, 2024.)

Projektipäällikön tehtävä on myös tarkastaa, voidaanko projekti toteuttaa sille lasketuilla kustannuksilla. Näihin laskettuihin kustannuksiin tulee sisältyä tarvittavat työtunnit ja laitteet sekä muut kustannukset, kuten alihankinta, matkakustannukset ja takuukustannukset. (Niinimaa, 2024.)

Espoon, Kouvolan ja Lahden toimipisteiden projekteja, niihin käytettyjä tunteja ja resursointia seurataan Excel-pohjaisen resursointitaulukon avulla. Käytännössä näissä projekteissa toimii myös muiden kaupunkien toimipisteillä olevia henkilöitä. Resurssitaulukosta nähdään jokaisen myydyn projektin projektikohtaiset tiedot, projektia toteuttamaan resursoidut henkilöt, projektille lasketut tunnit, käytetyt tunnit, tulevaisuuteen suunnitellut tunnit, projektin valmiusaste prosentteina sekä jokaiselle projektia toteuttavalle henkilölle suunnitellut tunnit viikkokohtaisesti. Lisäksi toiselta välilehdeltä nähdään kooste jokaisen projekteja toteuttavan henkilön työkuormitus tunteina viikkokohtaisesti. Jokaisen projektipäällikön tulisi päivittää projektia toteuttaville henkilölle suunniteltujen tuntien määrää manuaalisesti, jotta suunniteltu työkuormitus jokaisen tekijän kohdalla pysyy ajan tasalla, mutta tämä ei ole toteutunut kaikkien projektien osalta aivan toivotusti. Suunniteltujen tuntien määrän päivittäminen täsmällisesti on edellytys resursoinnin onnistuneelle suunnittelulle tulevien viikkojen ja kuukausien osalta. (Laakso, 2024.)

Resurssitaulukosta nähdään, että projektien läpiviennin onnistumisessa on paljon eroja. Osa projekteista saadaan toteutettua laskettujen tuntien puitteissa ja aikataulussa, mutta osassa projekteissa käytettyjä tunteja kertyy huomattavasti enemmän kuin mitä projektille oli laskettu. Projektit ovat keskenään hyvin erilaisia, kohdekiinteistön tyyppi ja koko sekä automaatiopisteiden määrät vaihtelevat paljon. Osassa projekteissa sama henkilö toteuttaa kaikki työvaiheet valvonta-alakeskussuunnittelusta käyttöönottoon ja loppudokumentointiin. Joissain projekteissa voi olla isokin tiimi, ja jokaista työvaihetta on tekemässä eri henkilö ja joitain työvaiheita jopa useampi henkilö. Myös projektien sidosryhmät vaihtelevat. Kaikki

Public

nämä muuttujat huomioon ottaen resurssitaulukon antamien mittareiden perusteella ei voida suoraan vetää johtopäätöksiä siitä, että tiettyjen henkilöiden suorittamat tai tietyn kokoiset projektit olisivat aina tehokkaammin suoritettu. Tutkimusta varten suoritettujen haastatteluiden avulla pyrittiin kuitenkin löytämään myös hyväksi havaittuja työtapoja ja käytäntöjä, joita voisi olla hyvä jalkauttaa käyttöön kaikille projekteja toteuttaville henkilöille.

Projektipäälliköiden haastatteluissa ilmeni suuria eroja siinä, miten ja kuinka intensiivisesti projekteissa kommunikoidaan projektitiimin sisällä. Yhdessä ääripäässä projektipäälliköt eivät järjestä mitään palavereita projektitiimin kesken, vaan luottavat siihen, että projektia toteuttavat henkilöt raportoivat tarvittavat asiat. Toisessa ääripäässä projektipäälliköt pitävät viikoittaisia palavereita ja seuraavat tiiviisti projektin etenemistä. Erot johtuvat ainakin osittain projektien keskinäisistä eroavaisuuksista, sillä mikäli kyseessä on pieni projekti, jota on toteuttamassa vain yksi tai kaksi henkilöä, eivät viikoittaiset palaverit välttämättä tuo mitään lisäarvoa projektin toteutukseen. Tällöinkin on tärkeää, että projektipäällikön ja toteuttavan henkilön välinen kommunikointi on sujuvaa. Kuitenkin mitä isompi projekti ja mitä enemmän henkilöitä siinä on mukana, korostuu oikeanlaisen viestinnän tärkeys projektin onnistumisessa. (Mäntyneva, 2016.) Haastatteluissa nousi esille myös ajatus, että projektilla on hyvä olla selkeä johtohahmo, mutta tämän ei välttämättä tarvitse olla projektipäällikkö.

Haastatteluiden perusteella yhdeksi resurssien hallinnan haasteeksi on koettu se, että työmaalla hypitään asiasta toiseen, jolloin on monta asiaa keskeneräisenä. Tällöin kuluu turhan paljon aikaa asiasta toiseen siirtymisissä. Lisäksi kokonaisuuden hahmottaminen heikentyy, ja asioita unohtuu. Tätä haastetta aiheuttavat mm. kesken projektin ilmenevät muutostarpeet sekä puutteet oman työskentelyn suunnittelussa. Projektin edetessä tuleviin muutoksiin emme lähtökohtaisesti voi itse vaikuttaa, mutta täsmällinen muutosten hallinta auttaisi koko projektin hallinnassa. Oman työskentelyn suunnitteluun, projektitiimin sisäiseen kommunikaatioon ja tehtävien järjestelmälliseen hallintaan voidaan itse vaikuttaa.

Haastatteluiden perusteella myös laitteiden tilaamiseen liittyen sekä niiden varastoinnissa ja logistiikassa on havaittu erilaisia haasteita. Joitain laitteita on tilattava ajoissa, sillä niillä on pitkät toimitusajat. Toimitusajat saattavat myös vaihdella paljonkin riippuen ajankohdasta. Toisaalta liian aikaisin ei voi kaikkia tilata, sillä suunnitelmat saattavat vielä tarkentua, määrät ja mallit muuttua, ja osa laitteista täytyy hyväksyttää projektin tilaajalla ennen laitteiden tilaamista. Siinäkin tapauksessa, että tiettyjen laitteiden mallit ja määrät on urakassa päätetty ajoissa, ei kaikkia välttämättä kannata tilata kerralla, sillä eräkoon kasvaessa suureksi,

Public

toimitus muuttuu varastotoimituksesta tehdastoimitukseksi, jolloin toimitusaika on huomattavasti pidempi. Isompi urakka etenee usein pienempi osa kerrallaan eli kiinteistö on jaettu pienempiin lohkoihin, ja urakkaa tehdään yksi lohko kerrallaan. Tällöin kaikkia laitteita ei tarvita heti, vaikka koko kiinteistöön asennettaisiinkin samanlaiset laitteet. Laitteiden tilaamista varten on siis laskettava, kuinka paljon tarvitaan laitteita nopeammin, ja kuinka suuri osa voidaan tilata pidemmällä toimitusajalla. Laitteiden tilausjärjestelmästä ei aina ennen tilauksen tekemistä näe, mikä tietyn laitteen arvioitu toimitusaika on tai kuinka suuren erän voi tilata, jotta se tulee varastotoimituksena. Tilausjärjestelmästä ei myöskään näe varmuudella, onko jokin tilaus jo saapunut Schneiderin varastolle.

VAK-suunnittelija tekee laitelistan projektissa tarvittavista laitteista, jotka projektipäällikön tulee tilata. Seuranta, mitä laitteita on jo tilattu ja mitä vielä tilaamatta, on hyvin riippuvaista projektista. Pienemmissä projekteissa voi olla mahdollista tilata kaikki laitteet kerralla, mutta isommissa projekteissa laitteita tilataan usein useammassa erässä. Lisäksi seuranta on riippuvaista projektipäälliköstä, sillä yhtenäistä seurantajärjestelmää tähän ei ole.

Laitteiden toimituksen seuranta tilausjärjestelmässä loppuu siihen päivämäärään, mikä on arvioitu toimitusaika toimittajalta Schneiderin varastolle. Tämän jälkeen laitteet viedään itse työmaalle. Käytännössä laitteita vie työmaalle lähinnä käyttöönottaja, mutta myös projektipäällikkö tai asentajat saattavat hakea tavaroita varastolta. Koska liian isoja eriä on myös vaikea varastoida Schneiderin varastolla, ja usein työmaallakin on hyvin rajalliset tilat varastoida laitteita, olisi logistiikan oltava sujuvaa. Kaiken tämän hallinta vaatisi tarkkaa kirjanpitoa siitä, onko laitteet vastaanotettu varastolle, milloin niitä tarvitaan työmaalla, kuka vie laitteet työmaalle ja ovatko ne jo viety työmaalle. Myös tämän logistiikan seuranta riippuu projektista ja projektipäälliköstä, koska yhtenäistä seurantajärjestelmää ei ole. Seurannan tärkeys korostuu erityisesti isommissa projekteissa. Usein tavaroita etsitäänkin varastolta turhaan, koska ne on jo viety työmaalle.

Lisäksi seurannassa olisi hyvä ottaa huomioon mahdollisten lisätilausten tekeminen. Laitteita saattaa mennä esimerkiksi asennusten yhteydessä rikki tai suunnitelmiin tulee usein muutoksia, jolloin tarvitaan lisää laitteita. Toisaalta joitain laitteita on saatettu tilata varmuuden vuoksi muutama ylimääräinen tai suunnitelmiin on tullut sellaisia muutoksia, että laitteita on jäänyt ylimääräiseksi. Näiden ylimääräisten laitteiden logistiikka takaisin työmaalta varastolle, ja mahdollisesti jonkun toisen projektin käyttöön, olisi myös hyvä sisällyttää seurantaan.

Public

3.3 Projektin eri työvaiheet ja niissä havaitut haasteet

Schneiderilla toimii Engineering Excellence -tiimi (EE-tiimi), jonka tehtävänä on toimia tukena teknisissä asioissa kaikissa projektin eri työvaiheissa. EE-tiimi myös vastaa teknisistä ohjeista ja työkaluista, jotka ovat tallennettuna yrityksen sisäiselle EE-tiimin Sharepoint-sivustolle. Värtinen (2024) kirjoitti opinnäytetyössään, että kaikki EE-tiimin tuottamat ohjeet tulisi koota selkeämmin työvaiheittain yhteen paikkaan, jotta ne olisivat helposti löydettävissä. Viimeisen vuoden aikana näitä ohjeita on jo EE-tiimin sivuille kerätty ja lisätty, mutta tämän tutkimuksen haastatteluiden perusteella sivuilta puuttuu edelleen joitain ohjeita ja työkaluja.

Projekti-insinööreillä olisi myös mahdollisuus kysyä ongelmatilanteissa apua suoraan EE-tiimiltä, mutta haastatteluiden perusteella tässä on koettu turhautumista, sillä EE-tiimillä ei ole ollut riittävästi resursseja vastata kysymyksiin riittävän nopeasti. Ongelmien ilmetessä useimmat kysyvät edelleen apua kollegoilta tai etsivät ohjeita EE-tiimin sivuilta. Useat ovat kuitenkin huomanneet sen, että eivät välttämättä osaa kysyä apua suoraan oikealta henkilöltä, koska eivät ole tietoisia kollegoidensa vahvuusalueista.

Seuraavissa alaluvuissa käsitellään tarkemmin projektin eri työvaiheet, mitä eri työtehtäviä ne sisältävät ja pohditaan niiden suorittamisessa havaittuja haasteita, joita haastatteluissa nousi esille.

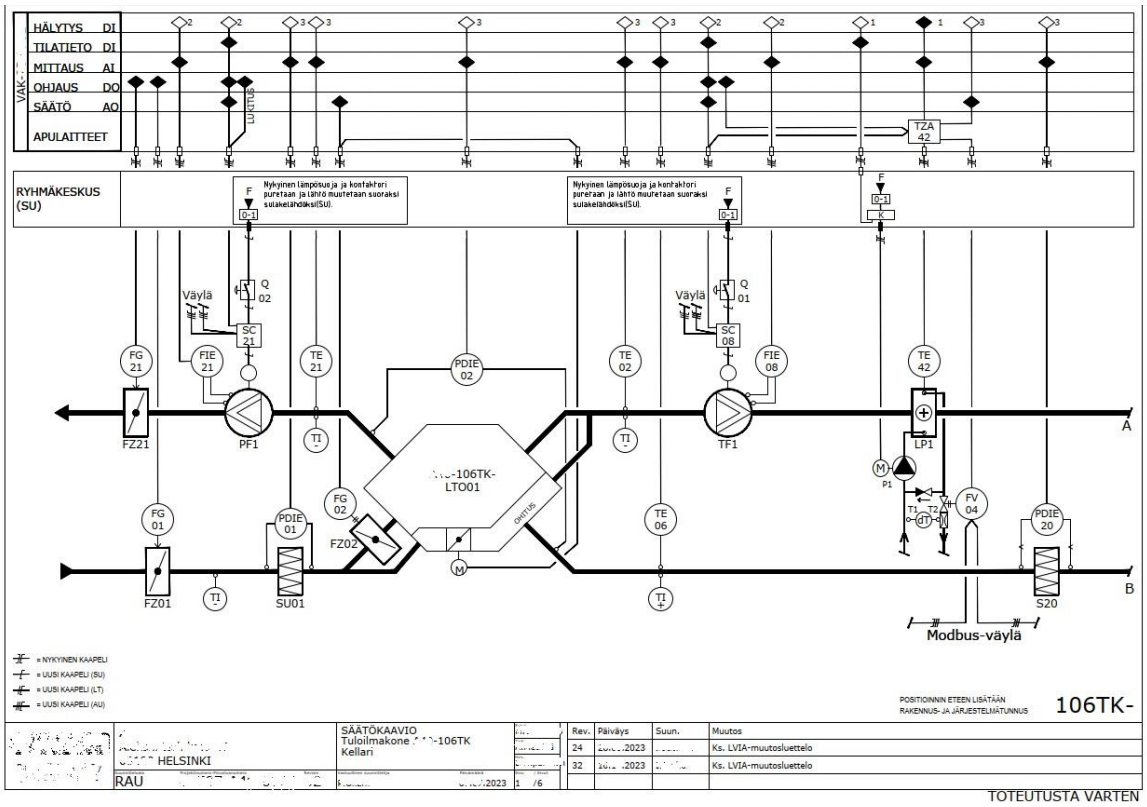
3.3.1 Valvonta-alakeskussuunnittelu

RAU-suunnittelijan toimitettua RAU-suunnitelmat, tehdään ensin RAU-arkkitehtisuunnitelma, joka hyväksytetään tilaajalla. RAU-arkkitehtisuunnitelma pitää sisällään kuvauksen järjestelmästä ja sen teknisestä rakenteesta sekä käytettävistä tiedonsiirtoprotokollista ja mahdollisista integraatioista muihin järjestelmiin. Samalla on kannattavaa tehdä ristiin tarkastus RAU-, LVI- ja sähkösuunnitelmien välillä. Mikäli näissä on ristiriitaisuuksia, on tärkeää löytää virheet jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta vältytään turhalta työltä, sillä myöhemmin korjaaminen on aina vaikeampaa. Lisäksi on hyvä käydä RAU-suunnitelmat läpi ja tarkastaa, ovatko ne toteutettavissa sellaisenaan ja onko jokaisen järjestelmän säätökaavio yhteneväinen järjestelmän toimintaselostuksen kanssa. Mitä laadukkaammin

Public

RAU-suunnitelmat on tehty, ja mitä tarkemmin ristiin tarkastus on tehty jo RAU-suunnittelijan toimesta, sitä vähemmän aikaa kuluu näihin tarkastuksiin. (Roivainen, 2024 a.)

Kun RAU-arkkitehtisuunnitelma on hyväksytty, voidaan aloittaa valvonta-alakeskussuunnittelu (VAK-suunnittelu). Jokaisesta valvonta-alakeskuksesta tehdään kytkentäkuvat niin, että kerätään kaikista säätökaavioista ja erillispisteluetteloista kaikki automaatiopisteet, jotka on kyseiseen alakeskukseen suunniteltu. Yhteen alakeskukseen siis voidaan liittää useamman eri järjestelmän automaatiopisteitä, ja yhden järjestelmän kaikki pisteet eivät välttämättä ole liitetty samaan alakeskukseen. Alla olevasta kuvasta (Kuva 4) nähdään esimerkki IV-koneen säätökaaviosta, jossa yläreunan viivastolle on merkitty erityyppiset automaatiopisteet. Pisteet kerätään kytkentäkuviin pistetyypeittäin, ja erityyppisten pisteiden yhteenlaskettu lukumäärä määrittelee sen, kuinka monta minkäkin tyyppistä I/O-moduulia alakeskukseen tarvitaan. Tämä pisteiden kerääminen tehdään manuaalisesti Schneider Electric Buildings -kytkentäohjelmaan (SEB-kytke). Haastattelujen perusteella tämä manuaalisesti suoritettava työvaihe on koettu työlääksi. (Roivainen, 2024 a.)



Kuva 4. IV-koneen säätökaavio

Pisteet tulee nimetä SEB-kytke:ssä kytkentäkuviin juuri oikeilla nimillä, jotta ohjelmointivaiheessa IO-pisteiden käsittely tietokannassa on sujuvaa. Ohjeistuksen mukaan pisteet nimetään tietyllä logiikalla, mutta tätä työtä kirjoittaessa tuli esille, että olemassa olevan ohjeistuksen määrittely pisteiden nimeämisestä ei ole riittävän tarkka, jotta suunnittelija osaisi nimetä ne niin, että ne vastaisivat ohjelmointivaiheen tarpeita.

Kytkentäkuvia varten VAK-suunnittelija lisää SEB-kytke:ssä jokaisen automaatiopisteen kohdalle tarvittavat laite- ja kaapelitiedot. Lopullisesta kytkentäkuvasta siis tulee nähdä, moduuli ja sen oikea piste, mihin kytketään VAK:n päässä, käytettävä kaapeli ja kaapelipari, mahdolliset välikytkentäpaikat sekä laite ja laitteen kytkentäpaikat. SEB-kytke:ssä on mahdollista valita alasvetovalikoista käytettävä laite, jolloin kaapelitiedot tulevat automaattisesti näkyviin. Tässä on kuitenkin havaittu puutteita, sillä SEB-kytke:ssä ei ole valittavana kaikkia tarvittavia laitteita, ja joillain laitteilla on tallennettuna väärät kytkennät.

Suunnittelija laatii myös kaapelivetoluettelot, laitelistat ja kilpilistat. Kaapelivetoluettelot ja laitelistat saadaan SEB-kytke:stä tulostettua sen jälkeen, kun tarvittavat laitteet, kaapelityypit ja käytettävät parit on manuaalisesti lisätty kytkentäkuviin jokaisen pisteen kohdalle. SEB-kytke:stä voidaan tulostaa myös kilpilistat Excel-tiedostoon, mutta tähän tulostuu ylimääräisiä tietoja, jotka pitää Excelissä suodattaa ja poistaa, jotta kilpilistan voi lähettää tilauksen liitteenä kilpitoimittajalle.

VAK-suunnittelija tekee siis laitevalinnat ja lisää ne kytkentäkuviin, ja tämän jälkeen SEB-kytke:stä voi tulostaa laitelistauksen, sisältäen kaikki tilattavat laitteet. Yhteisen toimintamallin mukaisesti projektipäällikkö hyväksyttää valitut laitteet urakan tilaajalla aina ennen laitteiden tilaamista. Joissain tapauksissa on tilaajan kanssa etukäteen sovittu, että esimerkiksi antureita ei tarvitse erikseen hyväksyttää, vaan RAU-urakoitsija saa valita käytettävät laitteet, mutta yleensä venttiilit ja niiden toimilaitteet kuitenkin tulee hyväksyttää erikseen (Niinimaa, 2024).

VAK-layout

Kun pisteet on kerätty kytkentäkuvia varten, on selvillä alakeskukseen tarvittavien I/O-moduulien lukumäärät. Lisäksi suunnitelmista nähdään, tuleeko alakeskukseen väylälaitteita. Näiden tietojen perusteella tehdään VAK-layout, joka on piirustus, jonka perusteella tilataan mittatilaustyönä valmistettava VAK-kaappi sisältäen DIN-kiskot, niihin kiinnitettävät moduulipohjat (ja käytettävän laitetoimittajan mukaan mahdollisesti myös moduulit),

Public

riviliittimet, apureleet, virtalähteet, ylijännitesuojat, ATK-rasiat, jäätymissuojat ja muut tarvittavat lisälaitteet. Lisäksi oven sisäpuolelle tulee kaaviotasku kytkentäkuvien paperiversioita ja muita dokumentteja varten. Oven ulkopintaan tulee kosketusnäyttö, jos suunnitelmissa on näin määritelty. (Roivainen, 2024 a.)

VAK-layout tehdään Excel-pohjaisella työkalulla, jossa näitä tarvittavia komponentteja lisätään kuvina moduulien tarvittavan lukumäärän mukaan valitun VAK-kaapin pohjakuvan päälle. Tässä Excel-työkalussa on valmiina eri mallisia VAK-kaappeja. Mallit vaihtelevat sekä koon että käytettävän automaatioserverin tyypin mukaan. Tässä vaiheessa huomioidaan myös laajennusvara, eli valitaan sen kokoinen VAK-kaappimalli, jossa on tilaa lisätä muutamia moduuleja, mikäli tulevaisuudessa halutaan lisätä automaatiopisteitä kyseiseen alakeskukseen. Haastattelujen mukaan tässä Excel-työkalussa VAK:n sisäisten kytkentöjen eli käytännössä DO-moduuleilta apureleille tehtävien kytkentöjen piirtäminen on kuitenkin mahdotonta. Näistä kytkennöistä on tehtävä erillinen listaus. Excel-työkalussa komponentit asetellaan kuvaan manuaalisesti, ja pienimpien komponenttien kohdistaminen sopiviin kohtiin on koettu haasteelliseksi. Lisäksi Excel-taulukon avulla tehty ja PDF-tiedostoksi tulostettu kuva ei ole laitetoimittajan kannalta paras vaihtoehto työpiirustukseksi. (Roivainen, 2024 a.)

VAK-suunnitteluun kuuluu myös laskea tarvittava sähkönsyöttö VAK:ille ja tarvittavien riviliitinpakkojen lukumäärä. Sähkönsyöttöjen ja riviliitinpakkojen laskentaan ei tällä hetkellä ole minkäänlaista työkalua, vaan jokainen VAK-suunnittelija suorittaa tämän parhaaksi katsomallaan tavalla. Sähkönsyöttösuunnitelmaa varten tulee tehdä kaapelinmitoitus ja varmistaa, että sähkönsyöttö riittää väylähajautuksessa. (Roivainen, 2024 a.)

3.3.2 Ohjelmointi

Ohjelmointi ja grafiikat toteutetaan EBO-järjestelmän Workstation-käyttöliittymässä. Ohjelmat toteutetaan Workstationin Function Block -editorilla ja grafiikat Workstationin grafiikkaeditorilla. Grafiikoiden piirtämiseen on käytössä vakiokomponenttikirjasto, josta voidaan valita valmiita komponentteja järjestelmiin. Ohjelmoinnissa käytetään yleensä apuna Project Configuration Tool -työkalua (PCT), jossa voidaan ensin luoda virtuaalinen automaatioserveri, ja tämän avulla voidaan Workstation-käyttöliittymässä tehdä ohjelmat, simuloida ohjelmien toimivuutta ja lopuksi siirtää ohjelmat grafiikoineen fyysiselle

Public

automaatioserverille. Usein automaatioserveri liitetään ensin Schneiderin käyttöönottopalvelimelle, jolloin on mahdollista saada kaikille projektia toteuttaville henkilöille etäyhteys kohteen automaatioserverille. Mikäli kohde liitetään eValvomoon, tehdään eValvomo-liitos yleensä käyttöönottovaiheessa. Mikäli kohdetta ei liitetä eValvomoon, vaan se jää asiakkaan omalle palvelimelle ja pelkästään paikalliseksi valvomoksi, kohteen automaatioserveri poistetaan käyttöönottopalvelimelta vasta, kun työt on tehty loppuun asti ja etäyhteyttä ei enää tarvita. (Roivainen, 2024 a.)

Grafiikat ja ohjelmat toteutetaan RAU-suunnitelmien perusteella. Tämän vuoksi myös ohjelmointivaiheessa korostuu revisionhallinnan tärkeys sekä se, että RAU-suunnitelmien mahdolliset puutteet ja ristiriitaisuudet on tärkeää olla selvitettynä jo suunnitteluvaiheessa, jotta vältytään turhalta työltä ohjelmointivaiheessa. Ohjelmat toteutetaan Modra-kirjaston vakiopohjien avulla. Modra-kirjastosta löytyy valmiit pohjat tavallisimmista järjestelmistä ohjelmineen ja grafiikoineen. Näitä pohjia muokataan tarpeen mukaan niin, että järjestelmistä saadaan säätökaavioiden ja toimintaselostusten mukaisia. (Roivainen, 2024 b.)

Schneiderilla on ohjelmointia ja käyttöönottoa varten käytössä myös vakioratkaisukirjasto, johon kuka tahansa projekteissa työskentelevä voi tallentaa vakioratkaisuja eli käytännössä valmiita pohjia mm. erilaisille EBO:on liitettäville väylälaitteille rekistereineen tai muita ohjelmiin liitettäviä laskentapohjia. Espoon, Kouvolan ja Lahden toimipisteiden yhteisessä tiimipalaverissa on syksyn 2024 aikana useampaan kertaan kannustettu käyttämään vakioratkaisukirjastoa hyödyksi ja tallentamaan sinne omia toimintakokeissa toimiviksi todettuja vakioratkaisuja. Usein väylälaitteilta on mahdollista lukea hyvin monia eri suureita eri rekistereillä, ja harvassa projektissa kuitenkaan tarvitaan näitä kaikkia. Uusien vakioratkaisujen tallentaminen vakioratkaisukirjastoon ei ole lähtenyt ainakaan toistaiseksi vauhtiin. Tämä saattaa johtua kiireestä, jos esimerkiksi väylälaitteelle ei ole tehty kaikkia mahdollisia rekistereitä vaan ainoastaan kyseisessä projektissa tarvitut rekisterit. Tällöin pohjan tallentaminen muiden hyödynnettäväksi voi jäädä tekemättä. (Roivainen, 2024 b.)

Schneiderilla on olemassa ohjelmatietokannan tarkastuslista eli Excel-tiedostopohja, johon kuuluisi täyttää suoritetut toimenpiteet VAK-suunnittelun ja ohjelmoinnin osalta. Tämän dokumentin avulla on tarkoitus ylläpitää järjestelmällistä ohjelmointitapaa ja seurata projektin edistymistä. (Roivainen, 2024 a.) Haastatteluiden perusteella tätä tarkastuslistaa eivät useimmat ole kuitenkaan hyödyntäneet omassa työssään. Listan täyttäminen on koettu liian työlääksi verrattuna siitä saatavaan hyötyyn.

Public

3.3.3 Asennukset, kytkennät, kaapelointi ja pistetestaus

Automaatioasennukset, -kytkennät ja -kaapeloinnit toteuttaa Schneiderilla lähes aina aliurakoitsija. Asennukset ja kytkennät tehdään VAK-suunnittelijan tekemien kytkentäkuvien ja kaapeloinnit kaapelivetoluetteloiden mukaan, mutta mikäli asentaja joutuu poikkeamaan suunnitelmista, merkitsee hän muutokset kytkentäkuviin eli tekee punakynämerkinnät ja toimittaa nämä VAK-suunnittelijalle. Asentajan tehtävä on tehdä punakynämerkinnät myös pohjakuviin, mikäli esimerkiksi laitteiden sijainteihin tulee urakassa muutoksia. Tämäkin edellyttää hyvää revisionhallintaa, sillä myös pohjakuviin saattaa tulla muutoksia urakan aikana, jolloin punakynämerkintöjä pitäisi pitää ajan tasalla uusimmissa pohjakuvissa.

Asentaja suorittaa myös pistetestaukset alihankkijan kanssa tehdyn sopimuksen mukaan joko itsenäisesti tai yhdessä käyttöönottajan kanssa. Pistetestaukset dokumentoidaan suoraan EcoStruxure-järjestelmään, josta pistetestilista saadaan tulostettua Excel- tai pdf-tiedostoksi, joka voidaan toimittaa tilaajalle. (Roivainen, 2024 a.) Joidenkin pisteiden testaamiseen tarvitaan apua myös muilta urakoitsijoilta, kuten sähkö-, sprinkleri-, rikosilmoitin-, paloilmoitin- tai äänentoistojärjestelmien asentajilta. Tässä on koettu haasteita, koska ei olla joko riittävän ajoissa tai selkeästi sovittu yhteisiä testausajankohtia muiden urakoitsijoiden kanssa, mikä on aiheuttanut turhia käyntejä työmaalla.

Haastatteluiden perusteella varsinaisessa asennustyössä ei ole muuten havaittu erityisiä tarpeita tehostaa toimintaa, mutta haastatteluissa tuli useasti esille, että on tärkeää kommunikoida asentajien kanssa, jotta asennusten ja käyttöönottojen päivä- ja viikkokohtaiset aikataulut saadaan saumattomasti sovitettua yhteen. Tärkeää on myös saada aliurakoitsijoilta ajoissa ja selkeästi tiedot esteistä ja aikatauluriskeistä työmaalla, jotta mahdollisiin aikataulujen häiriötilanteisiin voidaan varautua, ja niistä pystytään kommunikoimaan ajoissa eteenpäin. Myös asennustöiden suorittaminen tulisi siis sisällyttää projektin työtehtävien etenemisen seurantaan samalla tavalla kuin muutkin työtehtävät.

3.3.4 Käyttöönotto

Käyttöönottajan tehtävä on varmistaa, että automaatiojärjestelmä toimii kaikkien urakkaan kuuluvien prosessien osalta suunnitelmien mukaisesti. Tämä sisältää alakeskuksen alustamisen eli IP-osoitteiden ja salasanojen määrittelemisen, ohjelmien ja tarvittavien lisenssien

Public

lataamisen alakeskukseen, asennusten ja merkintöjen tarkastamisen, järjestelmien suunnitelmien mukaisen toiminnan testaamisen kentällä, laitteiden parametroinnin, säätöpiirien virittämisen sekä asetusarvojen ja aikaohjelmien tarkastamisen. Käyttöönottaja tekee suorittamistaan testauksista ja toiminnan varmistuksista käyttöönottopöytäkirjat, jotka toimitetaan tilaajalle todisteeksi siitä, että järjestelmien suunnitelmien mukainen toiminta on varmistettu. Lisäksi käyttöönottaja osallistuu urakoitsijoiden välisiin ja tilaajan järjestämiin toiminnanvarmistuksiin sekä LVI-valvojan toimintakokeisiin. Käyttöönottaja pitää urakan luovutusvaiheessa myös käytönopastuksen kiinteistön huoltohenkilökunnalle. (Roivainen, 2024 a.)

Haastatteluissa tuli useasti esille, että monesti lähdetään työmaalle tekemään järjestelmien käyttöönottoa liian keskeneräisillä ohjelmilla. Ohjelmien korjaaminen työmaaolosuhteissa pelkällä kannettavalla tietokoneella on yleensä hitaampaa kuin toimisto-olosuhteissa. Mikäli käyttöönottaja siis havaitsee ohjelmapuutteita, voi hän pienet puutteet korjata itse, mutta mikäli ohjelmissa havaitaan suurempia puutteita tai käyttöönottovaiheessa tulee tarvetta isommille lisä- tai muutostöille, ohjelmoijan on usein helpompi tehdä muutokset, mikäli ohjelmoija on eri henkilö kuin käyttöönottaja. Toisaalta, jos ohjelmoija on eri henkilö kuin käyttöönottaja ja ohjelmoijan on tehtävä jälkikäteen korjauksia, käyttöönottajalle saattaa jäädä turhaa odotteluaikaa.

Toinen havainto, joka haastatteluissa nousi esiin, on se, että ei olla etukäteen suunniteltu tarpeeksi hyvin, miten käyttöönotto aiotaan toteuttaa kohteessa. Käytännössä käyttöönottaja itse suunnittelee, miten minkäkin järjestelmän fyysiset ja ohjelmalliset toiminnot testataan. Toki esimerkiksi IV-koneiden toimintaperiaate on pääosin aina sama, jolloin käytetään suurelta osin samoja testausmenetelmiä riippumatta kohteesta, mutta paljon on myös toiminnallisia eroja esimerkiksi siinä, minkälaisia mittauksia järjestelmässä on tai millä periaatteella IV-konetta ajetaan ja tehostetaan. Tällöin käyttöönottaja itse suunnittelee, miten saa esimerkiksi lämpötilamittauksia pakottamalla luotua jäähdytys- tai lämmitystarvetilanteen, jotta voi varmistaa ohjelmatoimintojen suunnitelmien mukaisen toiminnan. Kokemuksen myötä näihin erilaisiin testausmenetelmiin varmasti muodostuu hyvä rutiini, ja teknisiin asioihin löytyykin paljon ohjeita yrityksen sisäisestä Sharepointista, mutta varsinaista standardisoitua ohjeistusta tähän käytännön työsuoritteeseen ei ole. Haastatteluissa nousi esiin myös havainto, että uuden työntekijän harjoitellessa käyttöönottoa riippuu paljon hänelle valitusta

Public

perehdyttäjästä, minkälaiset työmenetelmät uusi työntekijä omaksuu. Nämä havainnot kertovat siitä, että työmenetelmät eivät ole täysin standardisoituja.

Sujuva käyttöönotto siis edellyttää hyvää perehtymistä suunnitelmiin. Haastatteluissa tuli esille myös huomio, että mikäli sama henkilö tekee ohjelmoinnin sekä käyttöönoton ja mahdollisesti myös VAK-suunnittelun, on hän käyttöönottovaiheessa jo hyvin tutustunut suunnitelmiin, tehtyihin ohjelmiin ja siihen, miten järjestelmien tulisi toimia. Tällöin käyttöönottovaiheessa säästyy paljon aikaa verrattuna projektiin, jossa eri työvaiheita suorittavat eri henkilöt ja jokaisella kuluu aikaa suunnitelmiin tutustumiseen. Myös projektin kokonaisvaltainen ymmärrys ja osaaminen sekä kaikkien työvaiheiden hallitseminen on koettu tekijäksi, joka auttaa tehokkaan työskentelytavan löytämisessä, koska tällöin työntekijä pystyy suorittamaan työvaiheet ajatellen jo seuraavan työvaiheen onnistumisen edellytyksiä.

Käyttöönottopöytäkirjojen tekemiseen on Schneiderilla olemassa Excel-pohjainen työkalu, mutta tämän käytössä on havaittu useita haasteita. Eri pääurakoitsijoilla ja myös saman pääurakoitsijan eri projekteissa on eri tasoisia vaatimuksia siitä, mitä käyttöönottopöytäkirjojen tulee sisältää ja kuinka tarkasti käytetyt testausmenetelmät tulee olla kuvattuna. Tällöin jokainen käyttöönottaja muokkaa pohjaa kyseiseen projektiin sopivaksi, mikä vie paljon käyttöönottajan työaikaa. Tämä myös johtaa siihen, että Schneider toimittaa käyttöönottopöytäkirjoja, joiden sisältö ja visuaalisuus vaihtelevat riippuen projektista, tekijästä, projektin tilaajasta ja paikkakunnasta, mikä ei ole yrityksen imagoa edistävä asia.

Käyttöönottopöytäkirjan Excel-pohjaan ei myöskään ole suunniteltu paikkaa merkinnälle, millä suunnitelmarevisiolla kukin järjestelmä on käyttöönotettu. Yhden järjestelmän kaikkia toimintoja ei aina pystytä testaamaan yhdellä kertaa, vaan testauksia joudutaan pilkkomaan. Jotkin järjestelmät ovat niin isoja, että testaamista ei yksinkertaisesti ehditä tai ei urakan etenemisen vuoksi voida suorittaa yhdessä tai kahdessa päivässä. Tällainen voi olla esimerkiksi suuren kiinteistön lämmitysjärjestelmä, joka sisältää useamman käyttövesiverkoston, useamman IV-lämmitysverkoston sekä useamman patterilämmitysverkoston, jotka palvelevat eri osia kiinteistössä. Urakka saattaa edetä kiinteistön eri osissa eri tahtiin, jolloin lämmitysverkostoja täytyy käyttöönottaa eri aikoina. Tämän vuoksi järjestelmän ensimmäistä osaa voi olla käyttöönottamassa yksi käyttöönottaja ja seuraavaa osaa esimerkiksi puolen vuoden päästä toinen käyttöönottaja. Mikäli yhden alakeskuksen järjestelmiä tai yhden järjestelmän eri osia käyttöönotetaan eri ajankohtina tai eri henkilöiden toimesta, on nykyisessä työkalussa käytännössä mahdotonta kirjata tarkasti, kuka on tehnyt, miten ja milloin. Lisäksi

Public

Sharepointiin tallennettua Excel-työkalua käytettäessä dokumentinhallinta on haasteellista, koska Excel-tiedostoista kertyy Sharepointin projektikansioon eri versioita ja pahimmassa tapauksessa niitä on tallennettuna useampaan eri paikkaan. Tämä aiheuttaa ylimääräistä selvitystyötä.

3.3.5 Loppudokumentointi

Loppudokumentoinnissa tehdään lopulliset versiot eli loppukuvat kytkentäkuvista. Tämän työvaiheen tekee yleensä sama henkilö, joka on tehnyt projektin VAK-suunnittelun ja kytkentäkuvat. (Roivainen, 2024 a.) Mikäli kytkentäkuvat on suunnitteluvaiheessa huolellisesti piirretty, mahdolliset virheet, puutteet ja ristiriitaisuudet RAU-suunnitelmissa on selvitetty jo suunnitteluvaiheessa, ja asentaja, ohjelmoija ja käyttöönottaja ovat tehneet punakynämerkinnät selkeästi, on kytkentäkuvien lopullisten versioiden tekeminen selkeää ja jopa yksinkertaista. Jos edellä mainituissa työvaiheissa on puutteita tai sekaannuksia, saattaa loppukuvien tekeminen vaatia paljonkin selvittelytyötä. Muutoksia kesken urakan tulee lähes poikkeuksetta aina. Tässä korostuukin muutosten hallinnan tärkeys urakan aikana, jotta vältytään turhalta selvittelytyöltä.

3.4 Ajankäyttö eri työvaiheissa

Seuraavaksi selvitettiin, miten käytetyt tunnit jakautuvat erilaisissa projekteissa eri työvaiheiden kesken. Tässä tarkastelussa huomioitiin projektin johtoon, suunnitteluun, ohjelmointiin ja käyttöönottoon käytetyt tunnit. Lisäksi tilastoista näkyy erikseen käytönopastukseen, raportointiin, dokumentointiin ja laatuongelmien hoitamiseen käytetyt tunnit sekä takuutöihin kuluneet tunnit siltä ajalta, kun projekti on vielä ollut auki eikä ole siirretty huollolle. Asennukset ja kytkennät suorittaa aliurakoitsija eikä aliurakoitsijan tunteja ei ole Schneiderin järjestelmästä saatavilla, joten näitä ei vertailussa huomioitu.

Vertailuun valittiin seitsemän erilaista projektia, jotka ovat valmistuneet viimeisen vuoden sisällä. Näistä projekteista taulukoitiin käytetyt tunnit työvaiheittain edellä mainitulla tarkkuudella sekä näiden käytettyjen tuntien prosenttiosuudet koko projektin tunneista. Liitteestä 1 nähdään näiden seitsemän projektin käytetyt tunnit taulukoituna.

Public

Vertailutaulukosta nähdään, että suunnitteluun oli käytetty näissä seitsemässä projektissa 4–19 % koko projektin tunneista. Vastaavasti ohjelmointiin oli käytetty 17–47 % ja käyttöönottoon 16–61 % koko projektin tunneista. Lisäksi projektin johtoon käytettyjen tuntien osuus oli 6–26 %.

Taulukosta nähdään, että käytettyjen tuntien jakautuminen eri työvaiheisiin vaihtelee eri projektien välillä paljon. Tätä vaihtelua selittävät useat tekijät. Eri kiinteistöissä on hyvin erilaiset määrät erilaisia järjestelmiä. Joissain projekteissa on paljon keskenään samanlaisia järjestelmiä, esimerkiksi useampi samanlainen ilmanvaihtokone, joten suunnittelun ja ohjelmoinnin osalta näitä järjestelmiä voidaan lähes suoraan monistaa, mutta käyttöönotto täytyy kuitenkin tehdä jokaiselle IV-koneelle erikseen, jolloin käyttöönottoon kuluu suhteellisesti enemmän aikaa. Toisaalta jotkut järjestelmät, kuten huonesäädöt, voivat vaatia paljonkin aikaa suunnittelun ja ohjelmoinnin osalta, mutta käyttöönotto on yksinkertaista ja nopeaa, kun näitä pystytään testaamaan massana. Hajontaa työtuntien jakautumisessa jokaisen työvaiheen osalta eri projektien välillä on kuitenkin paljon. Tämä lisää epävarmuutta töiden aikataulutuksessa.

Riippumatta projektin koosta suunnitteluun käytetään siis huomattavasti vähemmän aikaa kuin ohjelmointiin tai käyttöönottoon. Vertailussa olevista projekteista ne kolme, joissa suunnitteluun oli käytetty suhteellisesti vähiten aikaa, oli toteutettu loppuun hyvin ja positiivisella katteella. Tästä vertailusta ei siis voida päätellä, että suunnitteluun pitäisi välttämättä panostaa ajallisesti enemmän. Suunnittelun laatu on kuitenkin todettu haastatteluiden perusteella tärkeäksi tekijäksi projektien onnistumisessa.

Näistä vertailussa olevista projekteista hyvin menneet projektit olivat uudiskohteita tai pieniä saneerauskohteita. Taloudellisesti heikommin sujuneet projektit taas olivat isompia saneerauskohteita, joissa oli paljon työmaalla selvitettäviä asioita. Saneerauskohteissa usein käytetään osittain jo olemassa olevia laitteita ja kaapeleita. Haastatteluiden perusteella usein kuluu paljon aikaa sen selvittämiseen, mitä nämä jo olemassa olevat laitteet ja kaapelit ovat.

3.5 Yhteenveto havaituista haasteista

Yhteenvetona projektin eri työvaiheissa havaituista haasteista voidaan todeta, että suurimmat haasteet liittyvät ohjeiden saatavuuteen ja aputyökalujen puutteisiin. EE-tiimin sivuille

Public

on kerätty ohjeistuksia eri työvaiheita varten, ja ohjeita on sinne viimeisen vuoden sisällä myös päivitetty ja lisätty. Edelleen näissä on kuitenkin puutteita. Ohjeiden etsiminen aiheuttaa turhaa työtä eli hukkaa, ja lisäksi hidastaa uusien työntekijöiden perehtymistä.

Joillekin uusille aputyökaluille olisi tarvetta eri työvaiheisiin, kuten suunnittelussa tehtäviin laskelmiin. Lisäksi olemassa olevissa työkaluissa on havaittu puutteita, kuten se, että SEB-kytke:stä ei löydy kaikkia tarvittavia laitteita tai niiden kytkennät ovat väärät, ja ohjeistus IO-pisteiden nimeämisestä kytkentäkuvia varten on puutteellinen. Myös aputyökaluksi laskettava vakioratkaisukirjasto on koettu tarpeelliseksi, mutta toistaiseksi vielä liian keskeneräiseksi. Ohjeiden ja aputyökalujen lisäksi käyttöönottopöytäkirja ja sen tuottamiseen liittyvä prosessi koettiin hankalaksi.

Dokumenttien revision hallinnassa koettiin olevan puutteita sekä RAU-suunnitelmien että itse tuottamiemme dokumenttien osalta. Tämä aiheuttaa sekaannusta ja korjaustarvetta eli hukkaa. Lisäksi jokaisessa työvaiheessa havaitut haasteet kertovat siitä, että työtehtävien ja kommunikoinnin virtaus projektin alusta loppuun ei ole aivan saumatonta. Sekaannusta ja turhaa työtä tapahtuu myös sen takia, että töitä ei ole sovitettu riittävän hyvin yhteen tai tieto ei ole kulkenut sujuvasti.

Laajemmassa mittakaavassa ja projektin hallinnan näkökulmasta suurimpina haasteina erityisesti isommissa projekteissa koettiin keskeneräisten töiden määrän ja kokonaisuuden hallinta sekä tehtävien sujuva virtaus. Lisäksi eri projektien kesken jaettujen resurssien hallinnan osalta haasteena on ollut, että tässä käytettävää työkalua ei ole pidetty riittävän hyvin ajan tasalla.

Public

4 Tehokkuuden parantaminen projekteissa

Tässä luvussa etsitään kehitysmahdollisuuksia edellä mainittujen haastatteluissa esiin tulleiden haasteiden ratkaisemiseksi ja resurssien käytön tehostamiseksi. Ensin perehdytään Lean-ajattelun periaatteisiin. Tämän jälkeen tutkitaan, miten näiden periaatteiden mukaisesti voitaisiin tehokkuutta parantaa eri työvaiheissa, ja lopuksi tarkastellaan kehitysmahdollisuuksia projektin hallinnan kannalta.

4.1 Lean-periaatteet

Rakennusautomaatioprojekteille on siis ominaista työmaaolosuhteiden jatkuvasti muuttuva työympäristö, työympäristön erot eri projektien välillä sekä työsuoritteiden vaihtelu ja monimuotoisuus. Muuttumattomiin tehdasolosuhteisiin 1800-luvun lopulla teollisuuden tuotannon tehostamiseen kehitetty Tayloristinen ajatus prosessiteollisuuden työtehtävien osittamisesta ja kellottamisesta ei ehkä sellaisenaan sovellu projektityöhön, mutta jollain tasolla työtehtävien standardisoimisesta voisi hyvinkin olla apua resurssitehokkuuden parantamiseen myös projektiluontoisen työn eri vaiheissa.

1950-luvun Japanissa kehitettiin Toyotan autotehtailla Lean-ajattelumalli tavoitteena maksimoida tuotanto tehdasolosuhteissa. Tämän ajattelumallin periaatteet ovat levinneet globaalisti eri aloille, ja ne ovat vaikuttaneet merkittävästi tehokkuuden ja laadun parantamiseen. Valmistusteollisuudessa Lean-menetelmiä on hyödynnetty tuotantolinjojen optimointiin johtaen lyhyempiin läpimenoaikoihin ja tehokkaampaan resurssien käyttöön. Myöhemmin myös palvelualoilla ja asiantuntijatyössä Lean-ajattelun periaatteita on sovellettu prosessien yhtenäistämisessä ja automatisoinnissa sekä asiakaspalvelun parantamisessa. (Torkkola, 2017.)

Toyotan toimintatapaan perustuvan kehittämisfilosofian, Lean-ajattelun, perustana on asiakkaalle tuotettava arvo, ja tämän perusteella yrityksen toteuttamat toiminnot voidaan jakaa arvoa tuottaviin aktiviteetteihin, tukitoimintoihin ja hukkaan. Yritys tuottaa asiakkaalle arvoa, jonka mukaisesti tunnistetaan arvoa tuottavat ja tuottamattomat aktiviteetit, pyritään eliminoimaan hukka sekä järjestetään arvoa tuottavat aktiviteetit mahdollisimman sujuviksi

Public

virtauksiksi. Lean-ajattelun päätavoitteena on siis tehostaa tuotantoa näiden periaatteiden mukaisesti. Vaikka myös Lean-ajattelu on kehitetty prosessitoimintaan, pätevät nämä samat periaatteet myös projektimuotoisessa asiantuntijatyössä. (Torkkola, 2017.)

Yksi Lean-ajattelun mukainen tavoite on siis hukan vähentäminen ja eliminointi. Toyotan mukaan toiminnallista hukkaa ovat ylituotanto, varastot, odottaminen ja etsiminen, siirtymiset, siirrot ja käsittelyt, korjaustyö, turha työ sekä ihmisten aivokapasiteetin ja osaamisen käyttämättä jättäminen. Lisäksi muuta hukkaa ovat vaihtelu ja ylikuormitus. (Torkkola, 2017.) Aiemmin esiteltyjen haastatteluissa esiin tulleiden haasteiden mukaan eniten hukkaa aiheutuu turhasta työstä, korjaustyöstä sekä odottamisesta ja epäselvien asioiden selvittelytyöstä, joka voitaisiin tässä tapauksessa laskea etsimiseksi, sillä selvittelytyötä vähentäisi se, että mm. suunnitelmien epäselvyydet olisi selvitetty jo heti alussa.

Hukan vähentämisen avuksi kehitetyn 5S-ohjelman tavoitteena on luoda periaatteet ja käytännöt siisteydelle, järjestykselle ja puhtaudelle sekä näiden jatkuvalle parantamiselle. 5S-ohjelma on jaettu viiteen vaiheeseen, jotka ovat japaniksi Seiri (erottele), Seiton (järjestele), Seiso (puhdista), Seiketsu (vakioi) ja Shitsuke (ylläpidä ja kehitä), joista myös ohjelman nimi tulee. Ensimmäisessä vaiheessa on tarkoitus erotella kaikki välttämättömät tavarat ja työkalut turhista, ja luopua kaikesta ylimääräisestä. Seuraavassa vaiheessa järjestellään jäljelle jääneet tavarat ja työkalut niin, että ne on helppo löytää. Kolmannessa vaiheessa on tarkoitus puhdistaa työpisteet, työskentelypaikat ja käytettävät koneet. Neljännessä vaiheessa vakioidaan edellisten vaiheiden toiminta eli luodaan standardeja erottelulle, järjestelylle ja siisteyden ylläpitämiselle. Viimeisen vaiheen tavoite on ylläpitää näiden sovittujen standardien mukaista toimintaa ja kehittää sitä edelleen. (Tuominen, 2010.)

Toyotan Lean-ajattelun mukaan yksi organisaation tavoitteista on prosessin vakaus. Tähän kuuluvat tasaiset ja standardisoidut prosessit sekä visuaalinen ohjaus. Prosessien vakauteen vaikuttavat aiemmin mainitut hukan vähentäminen, ihmiset ja heidän välisensä tiimityö ja prosessien jatkuva parantaminen. Vakaat ja standardisoidut prosessit pienentävät suorituksen toteutustavan vaihtelua ja ajallista vaihtelua sekä lisäävät ennakoitavuutta ja luotettavuutta. Tämä puolestaan vähentää henkistä kuormitusta. Lisäksi prosessien vakauteen vaikuttavat muut Lean ajattelun mukaiset tavoitteet, jotka ovat virtaus ja toiminnan oikea-aikaisuus sekä laatu. Kaikki nämä Lean-ajattelun periaatteet vaikuttavat osaltaan prosessien sujuvaan läpivientiin. (Torkkola, 2017.)

Public

Kanban on alun perin tarkoittanut Toyotan tuotannossa menetelmää tai työkalua, jonka avulla vähennetään prosessissa keskeneräisen työn määrää. Myöhemmin länsimaissa kanban-menetelmästä on tullut synonyymi laajemmalle Lean-käsitteelle, tuotannon imuohjaukselle. Kanban-menetelmän tavoite on rajoittaa keskeneräisen työn määrää, mikä vähentää ylikuormitusta. Tällöin prosessia on myös helpompi kontrolloida. Sana kanban tarkoittaa korttia, ja tuotanto-kanban-menetelmässä alkuperäinen idea on ollut käyttää kortteja kertomaan etukäteen sovitun ajanjakson aikana toteutettavien tehtävien lukumäärän. Käytännössä kortit toimivat tässä menetelmässä ikään kuin viestikapuloina, ja tehtävän toteuttaja toteuttaa kortissa määritellyn tehtävän tiettyyn aikaan. (Torkkola, 2017.)

Tuotanto-kanban-menetelmää on sovellettu onnistuneesti myös asiatuntijatyössä esimerkiksi kehitystehtävissä. Tällöin kanban-menetelmällä parannetaan jo olemassa olevan prosessin toimintamallia. Olennaista tässä menetelmässä on visualisoida kanban-taululle oikeassa järjestyksessä kaikki vaaditut työvaiheet sekä jokaisen työvaiheen sisältämät työtehtävät niin, että työtehtävät ja niiden indikaattorit (esimerkiksi post it -laput) virtaavat taululla vasemmalta oikealle. Tästä visualisoidusta virtauksesta ilmenee selkeästi ruuhkautuvat työvaiheet, jolloin ongelmakohtiin puuttuminen helpottuu. Lisäksi se helpottaa töiden priorisointia. (Torkkola, 2017.)

Lean-ajattelun keskeisiä kulmakiviä ovat myös prosessien jatkuva parantaminen sekä ongelman ratkaisu. Salmisen (2021) mukaan rakennusalalle ominaisessa nopeatahtisessa projektitoiminnassa jatkuvan parantamisen periaate on usein koettu vaikeaksi soveltaa, ja kehitystoimenpiteet jäävät helposti yksittäisiksi ja nollautuvat uuden projektin alkaessa. Organisaatiotasolla ajateltuna projekti toiminta on kuitenkin jatkuvaa. Vaikka jokainen projekti on ainutkertainen, on projektien läpiviennissä samat vaiheet ja periaatteet. Jatkuvan parantamisen avulla löydetään kehityskohteita ja löydetään keinoja niiden kehittämiselle, vaikka tulokset näkyisivätkin vasta seuraavassa projektissa. Jatkuvan parantamisen kulttuurin luominen ja kehittäminen onkin edellytys toiminnan kehittymiselle organisaatiotasolla.

Lean-ajattelun mukainen PDCA-sykli (Plan-Do-Check-Act) on jatkuvan parantamisen malli, joka auttaa organisaatioita kehittämään prosessejaan systemaattisesti. Ensimmäisessä vaiheessa suunnitellaan (Plan) toimenpiteet, joilla tavoite saavutetaan. Seuraavassa vaiheessa toteutetaan (Do) nämä suunnitellut toimenpiteet. Kolmannessa vaiheessa arvioidaan ja analysoidaan (Check) toteutuksen tulokset ja selvitetään, toimivatko toimenpiteet odotetusti. Viimeisessä vaiheessa otetaan tehokkaiksi osoittautuneet toimenpiteet käyttöön, ja

Public

mikäli toimenpiteet osoittautuivat toimimattomiksi, tehdään näihin tarvittavat muutokset ja aloitetaan sykli alusta (Act). (Salminen, 2021.)

Lean-ajattelun mukaan ihmisten luovuuden ja aivokapasiteetin käyttämättä jättäminen on suurin mahdollinen hukka, ja yksi tavoite on, että kaikki organisaation jäsenet käyttäisivät luovuuttaan ja panostaan yhteisen toiminnan parantamiseen. Jotta kehitysideat saadaan esiin, tulee luoda kanavat ideoiden esille tuomiseen. Kaikkia ideoita ei tarvitse eikä ole kannattavaa toteuttaa, mutta aktiivinen innovaatiokulttuuri antaa edellytykset uusien hyvien kehitysideoiden löytymiseen ja toiminnan kehittämiseen. (Salminen, 2021.)

4.2 Valvonta-alakeskussuunnittelu

Aiemmin todettiin, että haastatteluiden perusteella VAK-suunnittelun osalta on havaittu puutteita käytettävissä työkaluissa ja lisäksi työläitä, mutta mekaanisia työvaiheita. Seuraavaksi tarkastellaan VAK-suunnittelun eri työtehtäviä ja pohditaan erilaisia kehitysmahdollisuuksia näissä.

Tätä työtä kirjoittaessa ja projekti-insinöörien kanssa keskusteltaessa on tullut esille, että projekti-insinöörit ovat valmiiden työkalujen puuttuessa luoneet itse itselleen laskentataulukoita ja muita työtä helpottavia Excel-taulukkopohjia. Näitä hyväksi havaittuja aputyökaluja on alakeskussuunnittelua varten ovat taulukkopohja kaapelinvetoluetteloille, taulukkopohja dokumenttien muutosluettelolle sekä laskentataulukko VAK:n tehon laskentaa varten. Nämä aputyökalut tulisi lisätä EE-tiimin sivuille kaikkien hyödynnettäväksi ja lisäksi olisi hyvä järjestää tarvittava koulutus näiden työkalujen käyttöön.

Kytkentäkuvia varten kerättyjen IO-pisteiden nimeämiskäytäntöjen ohjeistus todettiin liian epätarkaksi. Tähän asti suunnittelija on käsin kirjoittanut SEB-kytke:ssä IO-pisteille parhaaksi näkemänsä kuvaukset. Aiemmin näillä kuvauksilla ei ole ollut niin suurta merkitystä, mutta ohjelmointivaiheessa viime vuosien aikana käyttöönotetun Modra-kirjaston ja sen sisältämien vakiopohjien myötä IO-pisteet tulisi olla nimetty täysin samoilla nimillä kuin Modra-pohjien virtuaaliset IO-pisteet, jotta ohjelmoinnissa on mahdollista käyttää työtä nopeuttavia scriptejä.

Tässä työssä kehitettiin uusi aputyökalu IO-pisteiden nimeämistä varten eli taulukoitiin järjestelmäkohtaisesti kaikki Modra-pohjien virtuaaliset IO-pisteet kuvauksineen. Tästä

Public

taulukosta suunnittelija voi helposti kopioida oikeat kuvaukset IO-pisteille kytkentäkuviin, joista ne tuodaan myös EBO-tietokantaan. Tämä helpottaa ja nopeuttaa suunnittelijan työtä, kun ei tarvitse käsin kirjoittaa eikä keksiä loogisia kuvauksia IO-pisteille. Myös ohjelmoijan työ helpottuu, kun voi hyödyntää kaikkia olemassa olevia scriptejä ilman, että tarvitsee nimetä pisteitä uudelleen. Lisäksi tämä edistää toiminnan muuttamista standardisoidummaksi, ja ohjelmoijan on helpompi käsitellä pisteitä tietokannassa, kun pisteet on aina nimetty samalla tavalla riippumatta projektista tai suunnittelijasta. Myös kilpilistat tulostetaan ja laitekilvet tilataan näiden kytkentäkuviin kirjoitettujen kuvausten perusteella. Tämän uuden aputyökalun käytön odotetaan vähentävän kirjoitusvirheiden määrää, mikä takaa myös paremman laadun laitekilpien osalta. Tällöin myös tilaaja saa laadukkaamman lopputuloksen.

VAK-layoutin piirtämisessä haasteelliseksi todettiin se, että nykyisin käytössä olevalla Excel-pohjaisella työkalulla VAK:n sisäisten kytkentöjen piirtäminen on käytännössä mahdotonta. Excel-työkalun käytössä on havaittu myös piirustusteknisiä haasteita. Lisäksi PDF-tiedostoksi tulostettu kuva ei ole laitetoimittajalle paras vaihtoehto työpiirustukseksi.

Markkinoilla on paljonkin erilaisia 3D-piirustusohjelmia, joilla olisi mahdollista piirtää laitetoimittajan kannalta toimiva ja tarkoituksen mukainen työpiirustus, jossa olisi selkeästi näkyvissä tärkeät mitat ja lisäksi kytkennät ja laitteet olisi mahdollista esittää piirustuksen eri tasoilla. Laitetoimittajalle olisi siis mahdollista toimittaa sekä 3D-piirustus että tästä eri kuvakulmista tulostetut kuvat PDF-tiedostoina. 3D-piirustusohjelmia varten tulisi hankkia riittävä määrä ohjelman käyttöön oikeuttavia lisenssejä. Tässä saattaisi muodostua haasteeksi se, kuinka paljon ja kenelle kaikille lisenssejä tarvitaan, sillä VAK-layouteja piirtäviä henkilöitä on useampia, mutta osa heistä tekee kyseistä työvaihetta vain satunnaisesti.

Toinen vaihtoehto VAK-layoutin piirtämiseen voisi olla Workstationin grafiikkaeditori, jolla tehdään automaatiojärjestelmän grafiikat. Tässä ei ole mahdollista tehdä 3D-piirustusta, mutta olisi mahdollista toteuttaa piirustus käyttäen eri tasoja, jolloin jokaisesta tarvittavasta tasosta voisi tulostaa oman kuvan. Teoriassa grafiikkaeditoriin olisi mahdollista tehdä valmiit grafiikkakomponentit piirustuksen eri tasoja varten. Komponenttikirjastossa voisi olla valmiina eri VAK-kaappien pohjapiirustukset alinta tasoa varten sekä I/O-moduuleiden ja muiden tarvittavien laitteiden grafiikkakomponentteja seuraavilla tasoilla käytettäväksi. Sisäisten kytkentöjen piirtämiseen voisi käyttää erillistä tasoa.

Public

VAK-layoutin piirtäminen grafiikkaeditorilla toisi myös useita muita hyötyjä. Tällöin VAK-layout olisi helppo tallentaa EBO:on kyseisen automaatioserverin alle, ja piirustusten eri revisiot olisi mahdollista pitää tallessa kaikki samassa paikassa. Tällöin päästäisiin myös eroon erillisestä Excel-työkalusta sekä erillisen sisäisten kytkentöjen listauksen tekemisestä eli turhia työkaluja ja -vaiheita saataisiin karsittua pois ja muutettua prosessia yksinkertaisemmaksi. Tämä olisi 5S-menetelmän mukaista siisteyden ja järjestyksen kehittämistä. Grafiikkaeditorin käyttö on jo ennestään tuttua kaikille, joten kenenkään ei tarvitsisi opetella uuden järjestelmän käyttöä. Lisäksi kaikilla olisi aina uusimmat grafiikkakomponentit käytössään komponenttikirjaston kautta, eikä piirustuksen sisällön ajantasaisuus jäisi siitä kiinni, onko ladannut itselleen Excel-tiedoston uusimman version Sharepointista. Piirustuksesta olisi mahdollista saada myös visuaalisesti parempi, sillä grafiikkaeditorissa on piirustusteknisesti tarkoituksenmukaisemmat ominaisuudet kuin Excelissä, kuten komponenttien kohdistaminen oikeille paikoille.

4.3 Ohjelmointi

Kuten aiemmin todettiin, ohjelmoinnissa on jo käytössä toimintaa helpottavia työkaluja, kuten vakioratkaisukirjasto. Tämän kehitys on vielä melko alkutekijöissään ja vakioratkaisujen valikoima suhteellisen suppea, mutta sillä on havaittu olevan suurta potentiaalia ohjelmoinnin ja käyttöönoton apuna. Siihen, ettei uusia vakioratkaisuja ole kirjastoon paljoakaan tallennettu, on todennäköisesti useita syitä. Syynä voi olla mahdollisesti kiire tai se, että väylälaitteelle ei ole tehty kaikkia mahdollisia rekistereitä vaan ainoastaan kyseisessä projektissa tarvitut rekisterit. Syynä voi olla myös se, että projektit etenevät sen verran hitaasti, ettei väylälaitteiden toimintaa ole vielä ehditty testaamaan tai testausten jälkeen pohjan tallentaminen unohtuu.

Vakioratkaisukirjastolla on kuitenkin paljon potentiaalia ja sen käyttö helpottaisi ja nopeuttaisi ohjelmointia ja käyttöönottoa paljon, kun ohjelmoija voisi valita kirjastosta valmiin pohjan halutuilla ominaisuuksilla. Mitä enemmän voidaan käyttää valmiita osakokonaisuuksia ja näistä yhdistellä suurempia kokonaisuuksia, sitä standardisoidummaksi saadaan muutettua työskentelyä ja saadaan vähennettyä hukkaa. Lisäksi tarvittava työaika olisi tällöin tarkemmin ennustettavissa, jolloin töiden suunnittelu, aikataulutus ja yhteensovittaminen

Public

olisi helpompaa ja riskittömämpää. Tämä auttaisi myös pienentämään projektien välistä hajontaa ohjelmointiin ja käyttöönottoon käytettyjen työtuntien osalta.

Tässä vaiheessa on siis vaikeaa sanoa, kuinka nopeasti vakioratkaisukirjasto tulee kehittymään niin monipuoliseksi, että sieltä löytäisi aina tarvitessaan oikeanlaisen valmiin pohjan. Mikäli komponenttikirjaston kehittyminen ei muuten lähde vauhtiin, voisi olla hyvä harkita, kannattaako resursoida esimerkiksi pari henkilöä keräämään vakioratkaisuja ja kehittämään tätä kirjastoa, sillä tästä olisi pidemmällä aikavälillä paljon hyötyä. Haastatteluiden perusteella vakioratkaisukirjasto on koettu hyödylliseksi, joten sitä kannattaisi siis kehittää lisää, jotta siitä saataisiin mahdollisimman suuri hyöty irti.

Schneiderilla on olemassa Excel-pohjainen ohjelmatietokannan tarkastuslista, johon kuuluisi täyttää suoritetut toimenpiteet VAK-suunnittelun ja ohjelmoinnin osalta. Tämän dokumentin avulla on tarkoitus ylläpitää järjestelmällistä ohjelmointitapaa ja seurata projektin edistymistä. Tämä on ollut käytössä vaihtelevasti riippuen suunnittelijasta ja ohjelmoijasta. Pohja on kuitenkin sisällöltään hyvä ja visuaalinen, ja tätä voisi hyvin hyödyntää projektin etenemisen seurannassa yhteisesti. Tässä tarkastuslistassa on muistilistana tuotettavat dokumentit, mutta tästä listasta puuttuu esimerkiksi kilpilistat. Kilpien tilaaminen hyvin usein unohtuu ja jää viime hetkeen, joten ainakin kilpilistan laatiminen tulisi lisätä tälle muistilistalle.

4.4 Asennukset

Haastatteluiden perusteella varsinaisessa asennustyössä ei siis ole havaittu erityisiä tarpeita tehostaa toimintaa, mutta lähes jokaisessa haastattelussa tuli ilmi kommunikoinnin tärkeys asentajien kanssa, jotta asennusten ja käyttöönottojen päivä- ja viikkokohtaiset aikataulut saadaan saumattomasti sovitettua yhteen. Tähän päiväkohtaisten aikataulujen suunnitteluun ja kommunikointiin voisi panostaa nykyistä enemmänkin, jotta saataisiin vähennettyä turhia paikasta toiseen siirtymisiä ja odotteluaikoja. Lisäksi asennustöiden etenemisen seuranta olisi hyvä sisällyttää koko projektin seurantaan samalla tavalla kuin muidenkin töiden seuranta. Tämä vaatii projektipäälliköltä aktiivista otetta projektista sekä selkeää projektin etenemisen seurantatyökalua.

Public

4.5 Käyttöönotto

Käyttöönottoon liittyen haastatteluissa nousi esiin useita haasteita. Työmenetelmät eivät ole standardisoituja ja käytännön työtä ei ole etukäteen suunniteltu riittävästi, jolloin järjestelmien toiminnan testaamiseen kuluu turhan paljon aikaa. Lisäksi nykyisen käyttöönottopöytäkirjan Excel-pohjan sisällössä ja käytettävyydessä on koettu haasteita sekä vakioratkaisukirjaston valikoiman ollessa vielä vähäinen, tehdään turhaa työtä väylälaitteiden rekistereiden etsimisessä ja väyläpisteiden luomisessa järjestelmään.

4.5.1 Käytännön työn standardisointi

Värtinen (2024) ehdotti tutkimuksessaan, että työn standardisoimiseksi tulisi laatia työohjeita ja varmistaa, että ne ovat kaikkien saatavilla. Viimeisen vuoden aikana näitä ohjeita on laadittu lisää, ja tallennettu järjestelmällisemmin yrityksen sisäiseen intraan. Erityisesti käyttöönottovaiheen ohjeet liittyvät tiettyihin teknisiin asioihin, kuten väylien toimintaan. Liian yksityiskohtaisia työohjeita ei kuitenkaan ole mielekästä laatia, sillä eri laitetoimittajien järjestelmien toiminnassa on paljon eroja. Lisäksi projekti-insinööreiltä odotetaan itsenäistä ongelmanratkaisukykyä, ja liian yksityiskohtaiset työohjeet voisivat heikentää tätä ja tärkeitä asioita voisi jäädä huomaamatta, mikäli liian tarkkaan seurattaisiin kirjallista työohjetta.

Näitä olemassa olevia ohjeita voisi kuitenkin ottaa enemmän mukaan jokaisen uuden työntekijän perehdytysprosessiin, ja varmistaa, että ne ovat helposti löydettävissä, jotta niihin voi vaivattomasti palata aina, kun kohtaa jonkin teknisen ongelman. Tämä voisi nopeuttaa ja helpottaa uuden työntekijän perehtymistä eikä oppiminen jäisi muistin varaan tai riippuisi siitä, kuinka paljon perehdyttäjällä on aikaa olla mukana.

Haastatteluissa havaittiin myös, että erityisesti käyttöönotossa uuden työntekijän omaksumat työtavat riippuvat paljon hänelle valitusta perehdyttäjästä. Vaikka eri toimintatavat voivat olla yhtä hyviä, yrityksen toiminta ulkopuolisille näyttäytyy järjestelmällisempänä, mikäli kaikki toimivat samalla tavalla. Mikäli vain tietyt henkilöt toimisivat uusien työntekijöiden perehdyttäjinä, voisi toiminta säilyä paremmin yhdenmukaisena. Toisaalta myös säännöllinen tiedon ja osaamisen jakaminen tiimin sisällä lisäisi koko tiimin osaamista ja toisi sitä kautta yhdenmukaisuutta toimintaan.

Public

Ohjelmointi-kappaleessa mainitusta vakioratkaisukirjastosta ja sen kehittämisestä olisi hyötyä myös käyttöönottovaiheessa. Ohjelmointivaiheessa ei välttämättä ole vielä tiedossa tarkempia tietoja, mitä väylälaitteita kohteeseen toimitetaan. Lisäksi monet väylälaitteet kuten pumput, puhaltimet, IV-pakettikoneet, erillispoisto- tai oviverhopuhaltimet toimittaa IV- tai putkiurakoitsija, ja laitteiden lisätietojen, kuten Modbus-rekisterilistan saamisessa muilta urakoitsijoilta on havaittu haasteita varsinkin silloin, jos niitä ei ole muistettu pyytää ajoissa. Tällöin käyttöönottajan työtä työmaalla helpottaisi paljon, mikäli kirjastosta löytyisi suoraan oikea laite oikeilla rekistereillä. Vakioratkaisukirjaston kehittäminen vaikuttaisi siis positiivisesti myös käyttöönottoon niin, että käyttöönottoon kuluva aika olisi tarkemmin ennustettavissa, jolloin työn aikataulutus ja yhteensovittaminen olisi helpompaa ja riskittömämpää.

4.5.2 Käyttöönoton dokumentointi

Toisena isona haasteena käyttöönottovaiheessa koettiin järjestelmien testauksen dokumentointi ja Excel-pohjainen käyttöönottopöytäkirja. Ottaen huomioon Lean-ajattelun mukaiset periaatteet, yksi parannusehdotus voisi olla, että käyttöönottopöytäkirjapohja siirrettäisiin EBO-järjestelmään. Pohja voisi olla pistetestilistan tapaan .xml-tiedostopohja tai jopa useita erilaisia pohjia, jotka erikseen lisätään alakeskukseen samalla tavalla kuin pistetestilista. Käyttöönottopöytäkirjapohjia voisi olla järjestelmäkohtaisesti erilaisia, kuten on myös nykyisessä Excel-pohjassa. Prosessia saataisiin kuitenkin selkeämmäksi ja yksinkertaisemmaksi, jos käyttöönottopöytäkirja ja järjestelmien toiminnan varmistamisen dokumentointi tapahtuisi samassa järjestelmässä, kuin järjestelmien ohjelmointi ja testaaminen eikä erillisiä Excel-tiedostoja tarvittaisi. Lisäksi käyttöönottopöytäkirja pysyisi tallessa EBO-tietokannassa, jolloin dokumentin hallinta helpottuu.

Käyttöönottopöytäkirjapohjissa voisi olla osittain samat sisällöt, kuin nykyisessä Excel-pohjassa, mutta lisäksi kohdat, joihin merkitään suunnitelmadokumentin numero sekä revisio, joita on käytetty järjestelmän toiminnan testaamisen aikana. Tällöin voidaan testauksessa viitata tietyn suunnitelman ja tietyn revision mukaisiin vaatimuksiin. Lisäksi pöytäkirjapohjassa voisi olla lisätietokenttä, johon voi tarvittaessa kirjallisesti kuvata käytetyt testausmenetelmät. Pohja voisi olla lomaketyyppinen, johon jokaisen kysymyksen kohdalle valitaan vetovalikosta sopivin vaihtoehto eli esimerkiksi ”kyllä”, ”ei” tai ”n/a”. Kohtia tulisi siis olla riittävästi, mutta mikäli jokin kohta ei päde kyseisessä prosessissa, ne pitäisi pystyä

Public

merkitsemään niin, että lopullisesta käyttöönottopöytäkirjasta näkisi selkeästi, mitkä asiat eivät päde kyseisessä prosessissa. Tällöin käyttöönottopöytäkirja toimisi samalla tarkastuslistana, mitä on jo testattu ja mitä pitää vielä testata, ja näin ohjaisi standardisoidumpaan työskentelyyn. Lisäksi tällainen käyttöönottopöytäkirja muokkautuisi paremmin kohteeseen sopivaksi ilman, että se visuaalisesti muuttuu oleellisesti. Tällöin tilaaja saisi projektista ja paikkakunnasta riippumatta aina samanlaisia käyttöönottopöytäkirjoja, mikä antaa yrityksestä asiantuntevamman kuvan.

Alakeskuksen eri järjestelmiä tai saman järjestelmän eri osia saatetaan käyttöönottaa eri ajankohtina tai eri käyttöönottajien toimesta. Alakeskukseen tallennetussa käyttöönottopöytäkirjassa tulisi pysyä tallessa tiedot, kuka on tehnyt, mitä, miten ja milloin, joten seuraavan käyttöönottajan on helpompi jatkaa siitä, mihin edellinen on jäänyt. Jokaisesta tarkastuksen kuittauksesta tulisi siis jäädä aikaleima sekä tieto, kuka kuittauksen on tehnyt. Tällöin sekä toiminnan jäljitettävyys säilyy että suoritettavien asioiden unohtamisen ja virheen mahdollisuudet pienenevät.

4.6 Loppudokumentointi

Kytkentäkuvien loppupiirustusten tekemisen haastavuuteen vaikuttavat se, kuinka paljon muutoksia urakan aikana on tullut ja se, kuinka huolellisesti asentajat sekä ohjelmoija ja käyttöönottaja ovat tehneet punakynämerkinnät. Pistemuutosten määrään ei voida vaikuttaa sen osalta, mitä lisä- tai muutostyötarpeita on urakan aikana ilmennyt. Pistemuutosten määrään voidaan vaikuttaa vain sen osalta, että suunnitelmat käydään heti projektin aluksi huolellisesti läpi ja varmistetaan, ettei suunnitelmissa ole sellaisia ristiriitaisuuksia tai virheitä, jotka myöhemmin vaikuttaisivat IO-pisteiden määriin tai sijoitteluihin eri alakeskusten välillä. Projektin aikainen dokumenttien revisionhallinta RAU-suunnitelmien osalta olisi hyvä sisällyttää projektiseurantaan, jota käsitellään tarkemmin kappaleessa 4.8 Projektin seuranta. Itse tuotetuille dokumenteille olisi hyvä luoda oma työkalu revisionhallintaa varten.

Kuten aiemmin mainittiin, projekti-insinöörit ovat tämän työn kirjoittamisen aikana kehittäneet itselleen työtä helpottavia aputyökaluja. Myös loppudokumentointia varten löytyi yhdeltä projekti-insinööriltä taulukkopohja, jonka avulla voi helposti verrata alkuperäisten kytkentäkuvien pisteitä EBO-tietokannasta haettuihin pisteisiin. Myös tämä aputyökalu tulisi käytönopastuksen kera ehdottomasti lisätä EE-tiimin sivuille kaikkien hyödynnettäväksi.

Public

4.7 Uusi tehtävien jako isoihin projekteihin

Suomeen rakennettavien datakeskusten ja niihin toteutettavien automaatioprojektien myötä Schneider Electric Finland Oy:n liikevaihto on ennusteen mukaan kasvamassa. Lisäksi datakeskusten projektit ovat projektin hallinnan ja toteutuksen kannalta hieman erilaisia kuin suurin osa muista Schneiderin toteuttamista automaatioprojekteista, sillä projektipäällikkö ja ohjelmoija saattavat olla muualta Euroopasta, ja vain käyttöönotto toteutetaan Suomessa paikallisten käyttöönottajien toimesta. Lisäksi projektit ovat nopeita, jolloin lyhyellä aikavälillä projektia toteuttaa useamman henkilön muodostama tiimi. Tämä edellyttää järjestelmällistä kokonaisuuden hallintaa ja johtamista myös paikan päällä työmaalla.

Sekä nopeatempoisia kansainvälisellä tiimillä toteutettavia että muita isompia projekteja varten on Schneiderilla päätetty uudistaa projektien tehtävien ja roolitusten jakoa niin, että projektille nimetään jatkossa tekninen vastuuhenkilö, joka toimii ikään kuin selkärankana projektissa ja vastaa projektin teknisten asioiden toteutumisesta. Tekninen vastuuhenkilö on itse toteuttamassa projektin työvaiheita, kuten ohjelmointia, mutta jakaa tehtäviä tarpeen mukaan, ja huolehtii että kaikki tekniset asiat tulevat tehtyä ja raportoitua oikein. Edelleen projektipäällikkö huolehtii projektin sopimuksen mukaisesta toimituksesta, ja vastaa projektin sisäisten tehtävien hallinnoinnista ja laadun varmistamisesta. Lisäksi projektipäällikkö toimii edelleen yhteyshenkilönä asiakkaan suuntaan, ja vastaa muun muassa aikataulun, talouden ja asiakastyytyväisyyden hoitamisesta sekä raportoi kuukausittain tiimin vetäjälle. Tekninen vastuuhenkilö toimii tarvittaessa projektipäällikön sijaisena.

Suunnittelija laatii suunnitteludokumentit, hyväksyttämismateriaalin ja laitelistat ja muut suunnitteluvaiheeseen liittyvät dokumentit ja tehtävät. Lisäksi suunnittelija laatii projektin luovutusmateriaalin, ja huolehtii dokumenttien revision hallinnasta. Revision hallintaa käsitellään lisää seuraavissa kappaleissa. Käyttöönottaja suorittaa käyttöönoton sekä muita teknisen vastuuhenkilön antamia tehtäviä.

Tämä uusi tehtävien ja roolien jako tuo selkeyttä vastuualueisiin sekä kokonaisuuden hallintaan, kun tekninen vastuuhenkilö on viime kädessä vastuussa siitä, että kaikki tekniset asiat tulevat suoritettua ja raportoitua oikein. Hänellä on projektipäällikön antamissa rajoissa oikeus ja velvollisuus jakaa tehtäviä niin, että kaikki tulee suoritettua.

Public

4.8 Projektin seuranta

Haastatteluiden perusteella projektipäälliköillä on hyvin erilaisia tapoja sekä seurata projektin etenemistä että kommunikoida projektitiimin sisällä. Nämä erot johtuvat varmasti osittain projektien keskinäisistä eroista, kuten projektin koosta ja siinä mukana olevien henkilöiden lukumäärästä. Kuitenkin toiminta olisi hyvä olla yhdenmukaista riippumatta projektista tai projektipäälliköstä. Vaikka projekti-insinööreiltä odotetaan itseohjautuvuutta, useamman henkilön muodostamassa tiimityöskentelyssä on aina tarve työnohjaukselle.

Pelinin (2011) mukaan projektitoiminta voidaan jakaa kahteen eri toiminnalliseen osa-alueeseen, jotka ovat ohjausprosessi ja toteutusprosessi. Toteutusprosessi käsittää toiminnan, joka vaikuttaa suoraan projektin tuloksen syntymiseen. Jotta tämä tulos saavutetaan mahdollisimman tehokkaasti ja taloudellisesti, vaaditaan jatkuvaa toteutuksen ohjausta läpi koko projektin. Tämän ohjausprosessin tehtävänä on saada kaikki projektin eri vaiheet sekä projektitiimi sulautumaan yhtenäiseksi ja toimivaksi kokonaisuudeksi.

Jotta projektin ohjausprosessi olisi tehokasta, tulisi projektien seuranta olla täsmällistä ja selkeää. Nyt projektien eri työvaiheiden edistymistä seurataan lähinnä projektin pääurakoitsijan toimittaman jana-aikataulukaavion sekä työvaiheilmoitusten tai projektipäällikön ja muiden projektitiimin henkilöiden omien kirjanpitojen ja muistin avulla. Pääurakoitsijan toimittama jana-aikataulukaavio kertoo kuitenkin vain ne reunaehdot, joiden sisällä kunkin urakoitsijan on toteutettava omat työnsä. Todellisuudessa tämä työ sisältää kuitenkin useita eri työvaiheita, joita suorittavat yleensä useat eri henkilöt, ja näiden töiden aikatauluttaminen on jokaisen urakoitsijan omalla vastuulla. Olisi siis tärkeää, että jokaisessa projektissa tehtäisiin itselle projektitiimin yhteinen aikataulu- ja työsuunnitelma riittävällä tarkkuudella sisältäen projektin kaikki eri työvaiheet ja työtehtävät sekä visuaalinen seuranta näiden edistymisestä.

Erityisesti isoissa projekteissa, joissa muuttuvia tekijöitä on paljon, on myös tärkeää, että jokainen projektitiimiin kuuluva henkilö pysyy ajan tasalla projektin asioista ilman, että kaikkea tarvitsee muistaa ulkoa, sillä se kuormittaa turhaan työntekokapasiteettia. Ihmisten kykyyn muistaa asioita, ei kannata luottaa, vaan hyvien projektin hallinnan käytäntöjen mukaisesti kaikki keskeneräiset sekä tulevat tehtävät ja niiden seurantaan liittyvät asiat kannattaa kirjata ylös riittävällä tarkkuudella. Mitä paremmin tehtävät on kirjattu ylös ja mitä visuaalisempaa tehtävien suorittamisen ajantasainen seuranta on, sitä paremmin tehtävät tulee

Public

suoritettua ajallaan, sitä nopeammin ongelmakohtiin pystytään puuttumaan ja sitä vähemmän asioita pääsee unohtumaan. (Mäntyneva, 2016.)

Projektilla tulisi siis olla visuaalinen ja selkeä seuranta, josta olisi nähtävillä kaikki meneillään olevat ja tulevat työtehtävät, niiden eteneminen ja tavoiteaikataulut, mahdolliset esteet, kuka tai ketkä suorittavat mitäkin työtehtävää sekä mahdolliset riippuvuudet eri työtehtävien välillä. Erityisesti isoissa projekteissa seuranta olisi hyvä käydä projektitiimin kanssa yhdessä läpi viikoittaisissa palavereissa, mutta jokaisen olisi myös hyvä voida päivittää tietoja omien työtehtäviensä osalta. Seurannan tulisi olla kaikkien projektitiimiin kuuluvien henkilöiden nähtävillä, ja sen tulisi olla samanlainen jokaisessa projektissa. Tällöin projektitiimin jäsenten olisi vaivatonta aina halutessaan palata suunnitelmaan tarkistaakseen tarvitsemansa tiedot, mikä vähentää ja helpottaa projektipäällikön työtä tiedottamisen suhteen.

Projektin yhteinen seuranta tulisi olla tehtynä riittävällä tarkkuudella, jotta se voisi toimia kaikkien yhteisenä tehtävälistana. Tällöin myös jokaisen olisi helpompi hahmottaa kokonaisuutta, jäljellä olevaa työmäärää, tavoiteltua aikataulua, työmäärää suhteessa aikatauluun sekä omien töiden riippuvuuksia muiden projektitiimin jäsenten töihin. Liian pieniin osiin ei työtehtäviä kannata pilkkoa yhteiseen seurantaan, sillä se johtaa turhan pitkiksi venyviin palavereihin. Toisaalta liian karkeat tehtäväerittelyt johtavat siihen, että tärkeitä asioita saattaa unohtua. (Pelin, 2011.) Seurannan tulisi siis olla sellainen, että se toimisi projektin yhteisenä muistilistana.

Kuten aiemmin todettiin, erityisesti käyttöönottovaiheessa mennään usein työmaalle testaamaan järjestelmiä suunnittelematta tarpeeksi käytännön työtä etukäteen, liian keskeneräisillä ohjelmilla tai varmistamatta, että käyttöönottoon on riittävät edellytykset asentajien tai muiden urakoitsijoiden suorittamien töiden puolesta. Erityisesti isoissa projekteissa viikoittainen tiimipalaveri olisi hyvä paikka käydä yhdessä läpi, ovatko työvaiheesta toiseen siirtymisen edellytykset täytetty tai onko ilmennyt jotain, mitä seuraavassa työvaiheessa pitäisi erityisesti huomioida. Visuaalinen projektiseuranta toimisi samalla Lean-periaatteiden mukaisena kanban-tauluna, joka ilmaisee projektin tehtävien etenemisen ja keskeneräisten töiden tilanteen selkeästi.

Jotta projektiseuranta saadaan räätälöityä riittävän tarkasti juuri Schneiderin automaatioprojekteja varten, tässä tutkimuksessa toteutettiin ensimmäinen testiversio projektiseurantataulukosta Excel-taulukko-ohjelman avulla. Liitteestä 2 nähdään osittainen kuvakaappaus tästä

Public

seurantataulukosta. Taulukkoon on eritelty työvaiheittain vaaditut työtehtävät ja jokaisessa työvaiheessa tuotettavat dokumentit. Tuotettavat dokumentit on korostettu punaisella värillä.

Tarkoituksena on, että alakeskussuunnittelija lisää taulukkoon kaikki urakkaan kuuluvat järjestelmät alakeskuksittain, näiden IO-pisteiden lukumäärät sekä suunnitelmadokumenttien numerot ja revisiot samalla kun tutustuu urakan suunnitelmiin ja tekee suunnitelmien ristiin tarkastusta. Suunnittelija on työtehtävien virtausjärjestyksessä ensimmäinen henkilö, jolloin suunnittelija voi tämän taulukon avulla pitää yllä revision hallintaa ja huolehtia, että RAU-suunnitelmien revisiomuutokset menevät hallitusti eteenpäin suunnitteluvaiheesta lähtien projektin seuraaviin työvaiheisiin.

Kaikille työvaiheille merkitään taulukkoon valmiusaste prosentteina 0–100 %, ja ruudukot muuttuvat keltaisesta vihreäksi valmiusasteen mukaisesti. Tämä helpottaa projektipäällikön työtä, sillä hän kommunikoi eteenpäin tilaajalle töiden etenemisen prosentteina. Lisäksi työvaiheille voi merkitä taulukkoon määräajan, jolloin työvaiheen pitäisi olla valmiina. Ruutu muuttuu punaiseksi määräajan lähestyessä ja vihreäksi, mikäli työvaihe on merkitty valmiiksi. Tällöin vasemmalta oikealle kasvava yhtenäinen vihreä palkki ilmaisee tehtävän edistymisen. Keltainen väri korostaa keskeneräistä työtä, jolloin keskeneräisen työn määrää on helpompi hallita. Punainen väri muistuttaa sovituista aikatauluista. Tämä seurantataulukko otetaan kevään 2025 aikana koekäyttöön muutamaan projektiin, ja käyttökokemusten perusteella jatketaan seurantataulukon kehitystä.

4.9 Kommunikointi ja tiedon kulku

Kuten projektin useamman eri työvaiheen kohdalla todettiin, kommunikointi sekä sisäisesti projektitiimin, mukaan lukien alihankkijoiden, kesken että sidosryhmien, kuten tilaajan ja muiden urakoitsijoiden, kanssa on tärkeää. Oikeanlainen ja riittävä kommunikointi on edellytys projektin sujuvalle edistymiselle. Pelinin (2011) mukaan projektiryhmän jäsenten työmotivaatiota myös lisää hyvä näkemys projektin kokonaistilanteesta. Lisäksi projektin jäsenten ensisijainen toive projektipäällikölle on selkeä tiedottaminen, ja projektiryhmä kokee, että projektipäällikön rooli tiedottajana on merkittävä. (Pelin, 2011). Yhteinen visuaalinen projektiseuranta helpottaisi myös sekä kokonaisuuden hahmottamista että projektipäällikön roolia tiedottajana.

Public

Sidosryhmien kanssa kommunikoinnin parantamiseksi voisi olla hyvä pitää heti projektin alussa lyhyt palaveri yhdessä ainakin tilaajan, RAU-suunnittelijan sekä kaikkien projektin jäsenten, mukaan lukien asentajien, kesken. Tällöin tärkeimpien sidosryhmien urakassa toimivat henkilöt tulisivat tutummaksi, jolloin kynnys ottaa yhteyttä ongelmien ilmetessä madaltuu. Ongelmien selvitys myös nopeutuu, kun osataan ottaa yhteyttä suoraan oikeaan henkilöön. Lisäksi esimerkiksi RAU-suunnittelijat saavat ainakin mahdollisuuden parantaa omaa prosessiaan ja toimintaansa, mikäli heille annetaan asiallisesti rakentavaa palautetta. Sama toimii myös toisin päin. Mikäli sähköurakoitsija toteuttaa urakassa myös automaatiokaapeloinnit, olisi hyvä etukäteen käydä suunnitelmat yhdessä läpi, jotta voidaan varmistua, että sähköurakoitsija on ymmärtänyt kaapelointisuunnitelmat samalla tavalla kuin VAK-suunnittelija on ne tarkoittanut. Tällöin esimerkiksi virheellisten väyläkaapelointien mahdollisuus ja korjaustarve vähenevät. Kommunikoinnissa vastuu on kuitenkin jokaisella projektitiimiin kuuluvalla henkilöllä läpi koko projektin.

Muidenkin tarvittavien henkilöiden, kuten LVI-suunnittelijan sekä muiden urakoitsijoiden projektipäälliköiden ja kärkimiesten yhteystiedot olisi hyvä olla helposti kaikkien projektihenkilöiden saatavilla. Yleensä pääurakoitsija toimittaa yhteystietolistan, mutta projektipäällikön vastuulle jää sen jakaminen kaikille projektin jäsenille sekä varmistaminen, että lista on sisällöltään riittävä. Mikäli tarvittavia yhteystietoja puuttuu, tulisi niitä pyytää pääurakoitsijalta selkeästi. Esimerkiksi pistetestauksia varten tarvitaan usein muiden urakoitsijoiden, kuten rikosilmoitin-, paloilmoitin-, sähkö-, sprinkleri- tai äänentoistojärjestelmäasentajan apua. Olisi hyvä ennen pistetestauksia kerätä yhdessä lista henkilöistä, joiden apua pistetestauksiin tarvitaan, ja pyytää yhteystiedot yhdellä kertaa. Tällöin olisi helpompaa etukäteen sopia eri urakoitsijoiden kanssa sopiva ajankohta yhteisiä testauksia varten ja näin suunnitella ja aikatauluttaa omaa työskentelyä paremmin eikä miettiä vasta työmaalla, kuka voisi minkäkin pisteen testauksessa auttaa. Tämä on siis osa-alue, jossa omalla järjestelmällisellä toiminnalla voitaisiin vähentää turhia käyntejä työmaalla.

4.10 Hiljaisen tiedon jakaminen ja tiimiyhteistyö

Espoon, Kouvolan ja Lahden automaatiourakoinnin tiimissä työskentelee henkilöitä hyvin erilaisilla koulutustaustoilla ja työkokemuksilla. Tiimin jäsenet työskentelevät useammalla eri paikkakunnalla ja lisäksi työtä tehdään paljon eri rakennustyömailla sekä etätyöpisteillä,

Public

joten tiimin jäsenet eivät tapaa toisiaan säännöllisesti. Tiimin jäsenet kommunikoivat keskenään lähinnä puhelimen, sähköpostin ja Teams-sovelluksen välityksellä. Tämä vähentää spontaaneja keskusteluja ja uusien ideoiden syntymistä. Lisäksi haastatteluiden perusteella lähes jokainen ottaa ongelmatilanteessa yhteyttä samaan kollegaan, johon on aiemminkin tottunut ottaa yhteyttä, koska ei tiedä, kuka osaisi missäkin asiassa parhaiten auttaa. Se lähin kollega ei kuitenkaan ole välttämättä se, joka osaisi parhaiten neuvoa. Tämä voi johtaa tehottomaan ajankäyttöön, kun yhdessä aletaan etsimään ratkaisua. Lisäksi tämä rajoittaa jokaisen yksilöllistä oppimista ja kehittymistä, jos aina tukeudutaan saman henkilön apuun. Toyotan mukaan suurin hukka on ihmisten aivokapasiteetin ja osaamisen käyttämättä jättäminen (Torkkola, 2017). Hiljaisen tiedon jakamista ja tiimiyhteistyötä tulisikin ehdottomasti kehittää, sillä jokaisen yksilön kehittyminen vie koko tiimin osaamista eteenpäin.

Tällaiselle maantieteellisesti hajautuneelle tiimille voisi olla hyvä ainakin kerätä selkeä lista vahvuusalueittain tiimin jäsenistä, joihin voi ottaa yhteyttä missäkin ongelmatilanteessa. Toki tällainen lista on hyödyllinen vain, jos sitä myös ylläpidetään ja tämä vaatii jonkin verran työtä, mutta sama pätee kaikkiin muihinkin ohjeisiin. Lisäksi tiimin yhteishengen rakentaminen ja ylläpito on tärkeää. Pelinin (2011) mukaan tiimi on enemmän kuin ryhmä henkilöitä. Tiimi on yhteisiin tavoitteisiin sitoutunut ryhmä, jonka jäsenet tukevat toisiaan tehtävien suorittamisessa ja näin saa aikaan korkeatasoisia tuloksia tehokkaasti. Mitä useamman henkilön muodostama tiimi on, sitä enemmän tarvitaan työtä tiimin yhtenäistämiseksi. Joukkueurheilussa joukkuetta kasattaessa kauden alussa tehdään paljon työtä, jotta joukkue saadaan toimimaan saumattomasti yhdessä. Menestyvässä joukkueessa jäsenet tuntevat toisensa ja tietävät jokaisen heikkoudet ja vahvuudet. Vaikka monessa urheilulajissa urheilu on työtä, josta urheilija saa palkkaa, on taustalla aina intohimoinen palo urheiluun. Tämä edistää tiimin yhtenäistämistä, kun kaikilla on täysin samat tavoitteet. Samaa intohimoa työntekijöillä ei välttämättä tavallisessa työssä ole. Tiimin jäsenten tutustuminen toisiinsa madaltaa kuitenkin yhteydenottokynnystä, jolloin asiat sujuvat helpommin. (Pelin, 2011.)

Yksittäinen projekti on kertaluontoinen, mutta organisaatiotasolla toiminta on jatkuvaa, ja Lean-filosofian mukaan tärkeää on toiminnan jatkuva parantaminen (Torkkola, 2017). Jokaisen projektin päätteeksi tulisi käydä yhdessä läpi asiat, mitä voidaan menneestä projektista oppia tulevaisuutta varten eli pitää niin sanottu Lessons Learned -tilaisuus. Tämä tarjoaisi erinomaisen mahdollisuuden PDCA-syklin mukaiselle toiminnan kehittämiselle, mutta

Public

sen toteutuminen on ollut vaihtelevaa. Lisäksi näissä ilmenneitä tuloksia ei olla juurikaan käyty yhteisesti läpi. Jokaisesta projektista voidaan varmasti oppia jotain, joten projektin päätteeksi olisi kannattavaa oikeasti pitää vaikka lyhytkin palaveri projektitiimin kesken, ja kirjata ylös asiat, jotka sujuivat erityisen hyvin ja asiat, joita olisi kannattanut tehdä toisin. Tämä olisi hyvä kanava jokaiselle esittää kehitysideoita ja osallistua toiminnan jatkuvaan parantamiseen. Lisäksi olisi hyvä sisällyttää näiden tulosten läpikäynti esimerkiksi kuukausittain tai kvartaaleittain tiimipalavereihin, jotta tietoa ja oppeja saadaan jaettua kaikille.

4.11 Laitetilaukset ja logistiikka

Haastatteluiden perusteella laitteiden tilauksessa ja logistiikassa on koettu olevan useita erilaisia haasteita. Kuten aiemmin jo todettiin, Schneiderilla käytössä olevassa tilausjärjestelmässä tilattujen laitteiden toimituksen seuranta päättyy siihen, kun ne saapuvat Schneiderin varastolle. Tämän jälkeen tarvittaisiin kuitenkin järjestelmällistä kirjanpitoa ja seurantaa laitteiden logistiikasta varaston ja työmaan välillä. Lisäksi seurannan tulisi kattaa lisätilausten hallinta, kun laitteita menee rikki tai jää ylimääräiseksi esimerkiksi silloin, kun suunnitelmiin tulee muutoksia. Nämä haasteet on siis havaittu nimenomaan pääkaupunkiseudun toimipisteellä, jossa on myös hyvin rajallisesti tilaa varastoida laitteita, minkä vuoksi logistiikan hallinta ontuu. Organisaatiotasolla on kuitenkin jo suunnitelmissa panostaa uusiin tiloihin, mikä todennäköisesti ratkaisisi suurimman osan näistä haasteista. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa ei käsitellä laitteiden logistiikkaa enempää. Uusiin tiloihin siirtymisen yhteydessä olisi kuitenkin hyvä suunnitella 5S-ohjelman mukainen järjestys tavaroiden varastointiin ja logistiikkaan varaston sisällä.

Haasteita on havaittu myös laitteiden tilausvaiheessa. Nämä haasteet kuitenkin liittyvät lähinnä tilausjärjestelmän toimintaan, eikä tässä tutkimuksessa ole mahdollisuutta vaikuttaa tämän järjestelmän toimintaan. Tämän vuoksi tässä työssä ei käsitellä enempää myöskään laitteiden tilaamiseen liittyviä haasteita. Laitetilaukset, logistiikka ja varastointi olisivat kuitenkin hyvä aihe mahdolliselle seuraavalle tutkimukselle.

Public

5 Tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset

Tämän tutkimuksen perusteella Schneiderin Espoon, Kouvolan ja Lahden automaatiourakointitiimin toteuttamissa projekteissa on havaittu tarvetta saada kehitettyä projektien suorittamista standardisoidummaksi, jolloin saataisiin vähennettyä suoritustavan vaihtelua ja suorituksen ajallista vaihtelua sekä parannettua lopputuloksen laatua. Tämä lisäisi työn ennakoitavuutta ja luotettavuutta, jolloin myös mahdollisten ongelmatilanteiden havaitseminen ja niihin reagoiminen projektin aikana helpottuu. Lisäksi on havaittu tarvetta vähentää hukkaa, mikä parantaisi taloudellista tulosta.

5.1 Aputyökalut ja ohjeet

Olemassa olevat työvaiheiden suorittamiseen liittyvät ohjeet on koettu hyödyllisiksi, ja näitä on viimeisen vuoden aikana luotu lisää ja järjestelty paremmin löydettäviksi. Ohjeet olisi hyvä käydä vielä tarkemmin läpi, lisätä ja mahdollisesti luoda puuttuvat ohjeet, ja järjestellä kaikki tarpeellisiksi todetut ohjeet esimerkiksi EE-tiimin sivuille työvaihekohtaisesti. Ohjeet tulisi ottaa jatkossa tiiviimmin mukaan myös jokaisen uuden työntekijän perehdytysprosessiin, ja 5S-ohjelman mukainen vakioitu järjestys helpottaisi myös tätä.

Haastatteluiden avulla selvitettiin, minkälaisia työkaluja on nykyään käytössä eri työvaiheissa, ja mitä haasteita näiden työkalujen käyttöön ja eri työtehtävien suorittamiseen liittyen on havaittu. Tämän selvityksen perusteella käytössä on useita aputyökaluja, mutta tarvetta olisi myös joillekin uusille laskentatyökaluille. Projekti-insinöörit ovat luoneet itse itselleen uusia suunnitteluvaiheessa tarvittavia aputyökaluja, mutta nämä eivät ole kaikkien saatavilla. Tässä tutkimuksessa ei havaittu turhia tai ylimääräisiä työkaluja, mutta osassa olemassa olevissa työkaluissa on havaittu puutteita tai pieniä toiminnallisia virheitä.

Kaikki käytössä olevat työkalut olisi hyvä vielä käydä järjestelmällisesti läpi 5S-ohjelman vaiheiden mukaisesti. Vaikka kokonaan pois karsittavia työkaluja ei löytyisikään, tarpeellisiksi todetut olemassa olevat ja uudet työkalut tulisi järjestellä 5S-ohjelman toisen vaiheen mukaisesti esimerkiksi EE-tiimin sivuille niin, että ne on helppo löytää. Kun kaikki tarvittavat työkalut ovat helposti löydettävissä, niitä myös käytetään tarkoituksenmukaisesti, mikä

Public

lisää yhdenmukaisuutta toimintaan. Lisäksi tulisi järjestää tarvittava koulutus näiden työkalujen käyttöön. 5S-ohjelmaan kuuluu myös standardien luominen järjestyksen ylläpitämiselle ja näiden jatkuva kehittäminen. Jatkuvan parantamisen mahdollisuus tulisi ottaa huomioon jo alussa, kun ohjeita ja työkaluja erotellaan ja järjestellään. Organisaatiotasolla olisi siis hyvä huomioida, onko jokin taho, joka voi ottaa vastuun ohjeiden ja aputyökalujen sekä näihin liittyvän järjestyksen ylläpidosta, jotta jatkuva parantaminen PDSA-syklin mukaisesti on mahdollista.

Olemassa olevista ohjeistuksista kytkentäkuvia varten kerättyjen IO-pisteiden nimeämiskäytäntöjen ohjeistus todettiin liian epätarkaksi. Jotta ohjelmointivaiheessa käytettävien työtä nopeuttavien scriptien käyttö olisi mahdollista, IO-pisteillä tulisi olla juuri oikeat kuvaukset kytkentäkuvissa, joista ne tuodaan myös EBO-tietokantaan. Tätä varten luotiin uusi aputyökalu eli taulukoitiin järjestelmittäin kaikki Modra-pohjien IO-pisteet kuvauksineen. Tällöin suunnittelijan ei tarvitse kirjoittaa käsin tai keksiä loogisia kuvauksia pisteille, vaan kuvaukset voi kopioida suoraan taulukosta, jolloin työn suorittaminen helpottuu ja nopeutuu. Myös kirjoitusvirheiden mahdollisuus pienenee, jolloin projektin lopputulos on ainakin laitekilpien osalta laadukkaampi, mikä vaikuttaa positiivisesti asiakkaan näkemykseen projektin tuotoksesta. Tämä uusi aputyökalu helpottaa myös ohjelmointia, sillä se mahdollistaa työtä nopeuttavien scriptien käytön ilman ylimääräistä korjaustyötä. Lisäksi työskentely olisi standardisoidumpaa, joten ohjelmoijan on helpompaa käsitellä pisteitä tietokannassa ja käyttää esimerkiksi hakutoimintoja, kun pisteet on aina nimetty samalla tavalla riippumatta suunnittelijasta. Tämän uuden aputyökalun voidaan siis odottaa tuovan useita Lean-periaatteiden mukaisia parannuksia toimintaan.

Tutkimuksessa havaittiin, että käytössä olevan käyttöönottopöytäkirjapohjan käytössä ja valmiin dokumentin tuottamisessa on koettu haasteita. Excel-taulukkopohja on sisällöltään koettu pääosin riittäväksi, mutta sen muokkaaminen jokaista projektia varten sopivaksi on ollut haasteellista, ja tämä muokkaaminen johtaa siihen, että tilaaja saa erilaisia käyttöönottopöytäkirjoja riippuen projektista. Lisäksi tässä Excel-pohjassa ei ole mahdollisuutta merkitä selkeästi, minkä suunnitelmadokumentin revision mukaan ohjelmointi ja käyttöönotto on tehty. Myöskään toiminnan jäljitettävyys ei säily aukottomasti.

Tässä tutkimuksessa ehdotettiin, että käyttöönottopöytäkirjapohjan voisi muokata sellaiseen muotoon, että se olisi mahdollista ladata suoraan EBO-tietokantaan, jossa dokumentin uusin versio pysyisi aina tallessa. Tämä helpottaisi dokumentin ja revision hallintaa, kun erillisiä

Public

Excel-tiedostoja ei tarvittaisi. Prosessi olisi yksinkertaisempi ja standardisoidumpi, kun käyttöönoton dokumentointi tapahtuisi samassa järjestelmässä kuin ohjelmointi ja itse testaaminen. Lisäksi toiminnan jäljitettävyys säilyisi paremmin, kun jokaisesta kuittauksesta jäisi tietokantaan aikaleima sekä merkintä, kuka kuittauksen on tehnyt. Kaikki nämä vaikuttavat osaltaan myös siihen, että saataisiin vähennettyä eri dokumenttien ja revisioiden käsittelyyn liittyvää turhaa työtä eli hukkaa.

Toinen tutkimuksessa esiin noussut idea olemassa olevien työkalujen parannuksista on, että VAK-layoutin piirtämisen voisi tehdä Excelin sijaan grafiikkaeditorilla. Tämä vaatisi sen verran kehitystyötä, että VAK-layoutien pohjat sekä tarvittavat komponentit lisättäisiin grafiikkaeditorin komponenttikirjastoon. Grafiikkaeditorissa on kuitenkin piirustusteknisesti paremmat ominaisuudet kuin Excel-taulukossa, ja mahdollisuus piirtää myös VAK:n sisäisiä kytkentöjä. Lisäksi toimintaa saataisiin muutettua yksinkertaisemmaksi ja vähennettyä aputyökalujen lukumäärää eli karsittua pois ylimääräistä.

Kaikki nämä työvaiheisiin ja niiden suorittamiseen liittyvät kehitysehdotukset tähtäävät toiminnan muuttamiseen vakaammaksi ja standardisoidummaksi. Tämä johtaa siihen, että työn aikataulutus on helpompaa ja riskittömämpää, kun työtehtävien suorittamiseen kuluva aika on paremmin ennakoitavissa. Tällöin myös resurssitarve on paremmin arvioitavissa, mikä tekee resurssoinnista selkeämpää. Vakailla ja standardisoiduilla prosesseilla on merkittävä vaikutus myös työn laatuun, kun työtehtävät etenevät projektin alusta loppuun samanlaisina riippumatta tekijöistä.

5.2 Projektin seuranta ja tehtävien jako

Kokonaisuus ei ole aina suoraan osiensa summa, vaan kokonaisuutta tulee tarkastella laajemmasta näkökulmasta. Projektissa kokonaisuutta tarkastelee ja hallinnoi projektipäällikkö, mutta kokonaisuuden hyvä hahmottaminen lisää kaikkien työntekijöiden motivaatiota ja sitoutumista, ja antaa paremmat lähtökohdat sujuvalle yhteistyölle projektitiimin sisällä.

Aiemmin projektin töiden etenemisen seuranta on jäänyt projektipäällikön vastuulle, ja seurannan toteutustapa on riippunut täysin projektipäälliköstä. Pienemmissä projekteissa ei ole ehkä koettu tarvetta järjestelmälliselle visuaaliselle seurannalle, mutta isommissa

Public

projekteissa projektipäälliköt ovat ylläpitäneet seurantaa parhaaksi katsomallaan tavalla. Mitään standardisoitua tapaa tähän ei ole ollut.

Tässä työssä luotiin projekteille seurantataulukko, jonka on tarkoitus toimia projektin standardisoituna kanban-taulupohjana ja selkeyttää projektin työtehtävien etenemisen seurantaa. Tässä visuaalisessa taulukossa työtehtävien eteneminen järjestelmäkohtaisesti näkyy vasemmalta oikealle etenevänä vihreänä palkkina, mikä helpottaa hahmottamaan jo tehtyä työtä ja jäljellä olevan työn määrää. Lisäksi keltainen väri indikoi keskeneräistä työtä, jolloin keskeneräisen työn määrän hallinta helpottuu. Punainen väri muistuttaa lähestyvistä määräajoista, jolloin työ tulee olla suoritettuna. Jokaisella projektitiimin jäsenellä on mahdollisuus seurata projektin etenemistä tästä taulukosta, jolloin kokonaisuuden hahmottaminen on helpompaa kaikille.

Seurantataulukkoon on kirjattu kaikki työtehtävät työvaiheittain sekä tuotettavat dokumentit. Tällöin se toimii myös projektin yhteisenä muistilistana, jolloin voidaan helpommin varmistaa, että kaikki työtehtävät tulee suoritettua ja tarvittavat dokumentit tuotettua juuri oikeaan aikaan. Seurantataulukossa työtehtävien etenemistä seurataan prosentteina, joten tällä seurannalla on tavoite myös selkeyttää ja helpottaa projektipäällikön työtä sekä projektitiimin sisäisessä tiedottamisessa että töiden etenemisen raportoinnissa asiakkaan suuntaan.

Projektin seurantaan liittyy myös suunnitelma projektitiimin uudesta tehtävien ja roolien jaosta, jota on organisaatiotasolla suunniteltu isompiin projekteihin. Uudella roolien jaolla pyritään selkeämpään vastuunjakoon niin, että varmistetaan teknisten työtehtävien oikeanlainen suoritus oikeaan aikaan. Projektilla tulee olemaan tekninen vastuuhenkilö, joka on ikään kuin projektin selkäranka ja on viime kädessä vastuussa teknisten asioiden suorittamisesta ja raportoinnista. Tekninen vastuuhenkilö jakaa työtehtäviä suoritettavaksi projektitiimin jäsenille ja huolehtii, että kaikki tulee tehtyä. Projektin seurantataulukko toimii työkaluna tässä.

Projektin uudella roolien jaolla pyritään myös vähentämään projektipäällikön työkuormaa työmaalla tapahtuvien teknisten asioiden seurantaan liittyen, jotta projektipäällikkö voi keskittyä enemmän asiakassuhteiden ja projektin talouden ylläpitoon. Tämän tavoite on saada projekteille laadukkaampi lopputulos sekä teknisesti että taloudellisesti.

Public

5.3 Tiimin yhteistyö

Selkeyttämällä työvaiheiden ohjeistuksia ja järjestelemällä tarvittavat ohjeet ja työkalut aiemmin esitetyllä tavalla, lisätään jo osittain tiedon jakoa, kun kaikilla on käytettävissään samat ohjeet ja aputyökalut. Kuitenkin rakennusautomaatioprojekteissa projekti-insinöörien työ on luonteeltaan sellaista, että työssä vaaditaan ongelmanratkaisukykyä myös asioissa, jotka eivät aina ole ennalta arvattavissa, eikä kaikkeen löydy ratkaisua ohjeista. Teknisissä ongelmatilanteissa useimmat projekti-insinöörit ottavat yhteyttä kollegoihinsa ja nimenomaan yleensä samaan kollegaan, johon on aiemminkin tottunut ottamaan yhteyttä. Se lähin kollega ei kuitenkaan välttämättä ole aina se, joka osaisi parhaiten neuvoa, joten tämä voi johtaa tehottomaan ajankäyttöön. Lisäksi tämä rajoittaa jokaisen yksilöllistä oppimista ja kehittymistä. Työssä ehdotettiin, että kerätään lista tiimin jäsenistä, joihin voi ottaa yhteyttä ongelmatilanteissa. Tämä auttaisi ainakin vähentämään turhaan etsimiseen ja selvittelyyn kuluvaa aikaa, kun jokainen osaisi ottaa yhteyttä oikeaan henkilöön.

Lisäksi tiimin yhteishengen rakentaminen ja ylläpito on tärkeää. Pelinin (2011) mukaan tiimi on enemmän kuin työryhmä. Tiimi on yhteisiin tavoitteisiin sitoutunut ryhmä, jonka jäsenet tukevat toisiaan tehtävien suorittamisessa ja näin saa aikaan korkeatasoisia tuloksia tehokkaasti. Mitä useamman henkilön muodostama tiimi on, sitä enemmän tarvitaan työtä tiimin yhtenäistämiseksi. Jokainen vahvistaa tiimiä ja edistää sen menestymistä omien vahvuuksiensa kautta. Näitä vahvuuksia saadaan hyödynnettyä sitä paremmin mitä paremmin ne ovat tiedossa. Tiimin jäsenten tutustuminen toisiinsa myös madaltaa yhteydenottokynnystä, jolloin asiat sujuvat helpommin.

5.4 Jatkuva parantaminen

Lean-ajattelun keskeisimpiä kulmakiviä ovat prosessien jatkuva parantaminen ja ongelman ratkaisu. Edellä esitettyjen kehitysideoiden avulla voidaan parantaa toimintaa, mutta ne eivät kanna pitkälle ilman jatkuvaa parantamista. Organisaatiotasolla projektitoiminta on jatkuvaa, vaikka jokainen projekti onkin ainutkertainen. Projektien läpiviennissä noudatetaan samoja vaiheita ja periaatteita. Jatkuvan parantamisen avulla tunnistetaan kehityskohteita ja löydetään keinoja niiden kehittämiseksi, vaikka tulokset näkyisivätkin vasta seuraavassa

Public

projektissa. Jatkuvan parantamisen kulttuurin luominen ja kehittäminen on edellytys toiminnan kehittymiselle organisaatiotasolla.

Public

6 Yhteenveto

Tässä diplomityössä tutkittiin Schneider Electric Finland Oy:n automaatiourakoinnin tuottamien rakennusautomaatioprojektien eri vaiheisiin liittyvien insinöörityösuoritteiden resurssitehokkuutta projektin hallinnan ja organisaation näkökulmasta. Asiaa tarkasteltiin sekä yksittäisen projektin ja sen sisältämien työvaiheiden kannalta että useiden projektien kesken jaettujen resurssien osalta.

Tutkimus perustui automaatiojärjestelmiin ja projektinhallintaan liittyvään kirjallisuuteen, Schneider Electric Finland Oy:n henkilöstön haastatteluihin, Marisa Värtisen opinnäytetyön tuloksiin sekä yrityksen sisäisiin mittareihin ja ohjeistuksiin. Resurssien tehokkuutta tarkasteltiin tuottavuuden, aikataulun ja työn laadun näkökulmasta. Tavoitteena oli kehittää ehdotuksia ja työkaluja projektien resurssitehokkuuden parantamiseksi.

Suomessa energiasektorin kasvihuonekaasupäästöt ovat olleet laskussa 2000-luvulla, mutta sektori on edelleen suurin päästöjen aiheuttaja, vastaten noin 70 % maan kokonaispäästöistä. Rakennusten energiankulutus on merkittävä osa kokonaiskulutuksesta, noin 40 %, ja aiheuttaa noin 30 % kasvihuonekaasupäästöistä. EU:n ja Suomen kansallisten tavoitteiden mukaisesti päästöjä on vähennettävä merkittävästi vuoteen 2030 mennessä.

Rakennusten energiatehokkuutta säädellään sekä EU-tason että kotimaisin määräyksin. Uudisrakentamista ja korjausrakentamista ohjataan energiatehokkuusvaatimuksilla, ja rakennusautomaatio on keskeisessä roolissa energiatehokkuuden parantamisessa. Automaatiojärjestelmät mahdollistavat taloteknisten järjestelmien optimoinnin, mikä vähentää energiankulutusta ja parantaa sisäolosuhteita.

Rakennusautomaatiojärjestelmät voivat myös integroitua muihin järjestelmiin, kuten palo- ja murtohälytyksiin, sekä hyödyntää sääennusteita ja sähkön hintaennusteita energian käytön optimoinnissa. Lisäksi kiinteistöt voivat osallistua kysynnän joustoon, mikä auttaa tasapainottamaan sähköverkon kuormitusta ja parantaa energiatehokkuutta. Vuonna 2024 Suomen sähköntuotannosta 20 % koostui tuulivoimasta, 17,8 % vesivoimasta ja 1,4 % aurinkovoimasta.

Rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu kolmesta hierarkkisesta tasosta: hallintotaso, automaatiotaso ja kenttätaso. Vaikka tasojen väliset rajat ovat hämärtyneet laitteiden älykkyyden

Public

lisääntyessä, jako on edelleen hyödyllinen järjestelmän rakenteen hahmottamisessa. Hallintotasoon kuuluvat paikallis- ja etävalvomot, automaatiotasoon valvonta-alakeskukset I/O-moduuleineen, ja kenttätasoon erilaiset kenttälaitteet, kuten anturit, toimilaitteet ja huonesäätimet. Nämä tasot toimivat yhdessä mahdollistaen tehokkaan ja monipuolisen rakennusautomaation hallinnan, jolla voidaan vaikuttaa kiinteistöjen energian kulutukseen.

Suomessa on useita rakennusautomaatiojärjestelmien toimittajia, ja kilpailu alalla on kovaa. Koska eri toimijoiden järjestelmät tarjoavat lähes samoja teknisiä toiminnallisuuksia, kilpailuun vaikuttavat myös toimitusprojektin sujuvuus, luotettavuus ja kustannukset, jotka puolestaan vaikuttavat asiakastyytyväisyyteen. Resurssitehokkuus on tärkeä tekijä, joka voi parantaa projektien sujuvuutta ja luotettavuutta sekä vähentää kustannuksia. Tämä tutkimus keskittyi Schneider Electric Finland Oy:n automaatioprojektien toteutukseen ja resurssienhallintaan, erityisesti resurssien käytön tehokkuuteen, jotta projektit saataisiin toteutettua entistä paremmin alusta loppuun.

Schneiderilla projektipäällikkö varaa tarvittavat henkilöstöresurssit yhdessä projektitiimien managereiden kanssa. Jokaiselle projektille varataan tarjouslaskentavaiheessa laskettua työmäärää vastaava henkilötyöaika. Projektihenkilöt voivat olla mukana useammassa projektissa yhtä aikaa, mikä luo projekteille keskinäisiä riippuvuuksia. Projektipäällikkö laatii tarkemman suoritusaikataulun ja varmistaa, että projekti voidaan toteuttaa lasketuilla kustannuksilla.

Espoon, Kouvolan ja Lahden toimipisteiden projektien yhteistä resursointia sekä taloudellisia lukuja seurataan Excel-pohjaisen resursointitaulukon avulla. Taulukosta nähdään projektikohtaiset tiedot, resurssit, suunnitellut ja käytetyt tunnit sekä valmiusaste. Resurssien tehokas käyttö on koettu haasteelliseksi, ja projektien onnistumisessa on ollut eroja.

Projektipäälliköiden haastatteluissa ilmeni eroja viestinnän intensiivisyydessä. Pienissä projekteissa viikoittaiset palaverit eivät välttämättä ole tarpeen, mutta isommissa projekteissa viestinnän tärkeys korostuu. Resurssien hallinnan haasteena on työmaan asioiden keskeneräisyys ja siirtymisten aiheuttama ajan hukka. Muutosten hallinta ja järjestelmällinen työskentely ovat avainasemassa projektien onnistumisessa.

Projektin eri työvaiheissa havaittiin useita haasteita, joista merkittävimmät liittyivät ohjeiden saatavuuteen ja aputyökalujen puutteisiin. Ohjeiden etsiminen vie aikaa ja hidastaa uusien työntekijöiden perehtymistä. Lisäksi joillekin uusille aputyökaluille olisi tarvetta, ja

Public

olemassa olevissa työkaluissa on puutteita, kuten SEB-kytke:stä puuttuvat laitteet ja puutteellinen ohjeistus IO-pisteiden nimeämisestä.

Dokumenttien revision hallinta on myös koettu haasteelliseksi, ja se aiheuttaa sekaannusta ja korjaustarvetta. Työtehtävien ja kommunikoinnin virtaus isommissa projekteissa ei ole ollut aivan saumatonta, mikä johtaa turhaan työhön ja sekaannukseen. Laajemmassa mittakaavassa suurimpina haasteina ovat keskeneräisten töiden hallinta ja se, että käytössä ei ole projekteille yhtenäistä työtehtävien edistymisen seurantaa.

Projektin eri työvaiheisiin liittyvät ohjeet on koettu hyödyllisiksi, mutta niitä tulisi tarkistaa ja täydentää. Ohjeet olisi hyvä järjestää esimerkiksi EE-tiimin sivuille työvaihekohtaisesti ja sisällyttää uusien työntekijöiden perehdytykseen. 5S-ohjelman mukainen järjestys helpottaisi ohjeiden käyttöä ja auttaisi varmistamaan, että työvaiheet tulevat suoritettua yhdessä sovittujen standardien mukaisesti, jolloin myös lopputuloksen vaihtelua saadaan pienennettyä.

Haastattelut paljastivat, että käytössä on useita aputyökaluja, mutta myös joillekin uusille laskentatyökaluille olisi tarvetta. Haastatteluissa selvisi myös, että projekti-insinöörit ovat luoneet itselleen aputyökaluja. Nämä ja jo käytössä olevat aputyökalut tulisi käydä läpi ja järjestellä 5S-ohjelman mukaisesti. Työkalujen järjestäminen helpottaisi niiden käyttöä ja lisäisi toiminnan yhdenmukaisuutta. Tarvittava koulutus uusien työkalujen käyttöön olisi myös tärkeää.

Olemassa olevista ohjeista IO-pisteiden nimeämiskäytäntöjen ohjeistuksen havaittiin olevan liian epätarkka, mikä aiheuttaa sen, että ohjelmointivaiheessa ei voida hyödyntää kaikkia mahdollisia työtä nopeuttavia toimintoja. Tähän luotiin tässä tutkimuksessa uusi aputyökalu eli taulukoitiin IO-pisteet kuvauksineen. Tämän työkalun odotetaan helpottavan työn suorittamista sekä suunnittelu- että ohjelmointivaiheessa, vähentävän virheen mahdollisuutta, ja muuttavan työskentelyä standardisoidummaksi, mikä parantaa projektin lopputulosta laadullisesti.

Lisäksi tutkimuksessa ehdotettiin, että käyttöönottopöytäkirjan voisi siirtää EBO-tietokantaan, ja VAK-layoutin voisi piirtää Excel-taulukon sijaan EBO Workstationin grafiikkaeditorilla. Käyttöönottopöytäkirjapohjan muokkaaminen EBO-tietokantaan ladattavaksi helpottaisi dokumentin ja revision hallintaa. Tämä vähentäisi turhaa työtä ja parantaisi toiminnan jäljitettävyyttä. VAK-layoutin piirtäminen grafiikkaeditorilla olisi piirustusteknisesti

Public

mielekkäämpää ja yksinkertaistaisi toimintaa. Kaikki työvaiheiden suorittamiseen liittyvät kehitysehdotukset tähtäävät Lean-ajattelun mukaisesti toiminnan vakauttamiseen ja standardisointiin, mikä helpottaa aikataulutusta ja resurssien tarpeen arviointia sekä parantaa työn laatua. Tällöin myös resurssien jakaminen eri projektien kesken helpottuu, kun aikatauluarviot ovat tarkempia.

Projektin kokonaisuutta tulee tarkastella laajemmasta näkökulmasta, ei vain osiensa summana. Projektipäällikkö hallinnoi kokonaisuutta, mutta kaikkien työntekijöiden hyvä kokonaisuuden hahmottaminen lisää motivaatiota ja sitoutumista sekä parantaa yhteistyötä. Aiemmin projektin töiden etenemisen seuranta oli projektipäällikön vastuulla ilman standardisoitua tapaa.

Työssä luotiin seurantataulukko, joka toimii projektin kanban-taulupohjana ja selkeyttää työtehtävien etenemisen seurantaa. Seurantataulukkoon kirjataan kaikki tehtävät työtehtävät ja tuotettavat dokumentit, jolloin taulukko toimii myös projektin yhteisenä muistilistana. Visuaalisessa taulukossa vasemmalta oikealle kasvava vihreä palkki kuvaa töiden etenemistä. Lisäksi keltainen väri indikoi keskeneräistä työtä, ja punainen väri muistuttaa lähestyvistä määräajoista. Työtehtävien etenemistä seurataan prosentteina, mikä helpottaa projektipäällikön työtä ja tiedottamista sekä raportointia asiakkaalle.

Projektitiimin tehtävien ja roolien jakoa on suunniteltu isompiin projekteihin, tavoitteena selkeämpi vastuunjako. Tekninen vastuuhenkilö vastaa teknisten asioiden suorittamisesta ja raportoinnista, jakaa työtehtäviä ja varmistaa niiden oikeanlaisen suorittamisen. Tämä vähentää projektipäällikön työkuormaa, jotta hän voi keskittyä asiakassuhteisiin ja projektin talouteen, parantaen projektin lopputulosta teknisesti ja taloudellisesti.

Lisäksi tutkimuksessa pohdittiin tiimin yhteistyön ja tiedon jakamisen tärkeyttä resurssien tehokkaan käytön parantamiseksi. Tiimi on ryhmä, joka sitoutuu yhteisiin tavoitteisiin ja tukee toisiaan tehtävien suorittamisessa, saavuttaen korkeatasoisia tuloksia tehokkaasti. Jokainen tiimin jäsen vahvistaa tiimiä omien vahvuuksiensa kautta, ja näitä vahvuuksia voidaan hyödyntää paremmin, kun ne ovat tiedossa. Mitä suurempi tiimi, sitä enemmän vaaditaan työtä yhtenäisyyden saavuttamiseksi. Tiimin jäsenten tutustuminen toisiinsa kuitenkin madaltaa yhteydenottokynnystä ja helpottaa yhteistyötä. Myös ongelmien ratkaisu nopeutuu, kun osataan kysyä apua suoraan oikealta henkilöltä.

Public

Lean-ajattelun ydin on prosessien jatkuva parantaminen ja ongelmanratkaisu. Tässä tutkimuksessa löydettiin useita eri kehitysideoita sekä työkaluja toiminnan parantamiseen. Esitettyjen kehitysideoiden avulla voidaan kehittää toimintaa, mutta kehitys ei ole pitkäkestoista ilman jatkuvaa parantamista. Organisaatiotasolla projektitoiminta on jatkuvaa, vaikka jokainen projekti on ainutkertainen. Projektien läpiviennissä noudatetaan samoja vaiheita ja periaatteita. Jatkuvan parantamisen avulla tunnistetaan kehityskohteita ja löydetään keinoja niiden kehittämiseksi, vaikka tulokset näkyisivätkin vasta seuraavassa projektissa. Jatkuvan parantamisen kulttuurin luominen ja kehittäminen on edellytys toiminnan kehittymiselle organisaatiotasolla.

Public

Lähteet

Ala-Kolu, Aapo. 2024 a. BACnet. Yrityksen sisäinen ohje. Schneider Electric Finland Oy. 2024.

Ala-Kolu, Aapo. 2024 b. EBO järjestelmän perusteet. Yrityksen sisäinen ohje. Schneider Electric Finland Oy. 2024.

Ala-Kolu, Aapo. 2024 c. Modbus. Yrityksen sisäinen ohje. Schneider Electric Finland Oy. 2024.

Eskelinen, Harri & Karsikas, Sami. 2014. Tutkimusmetodiikan perusteet. 1. painos. Tammertekniikka. 2014.

Hyvärinen, Juhani. 2024. Rakennusten energiatekniikka. Rakennusautomaatio. 1. painos. Talotekniikka-Julkaisut Oy. 2024.

Kemppainen, Arto. 2025. Taloyhtiön energiatehokkaat lämmitysratkaisut. 1. painos. Kiinteistömedia Oy. Vantaa. 2022.

Ketomäki, Jaakko. 2024. Rakennusten energiatekniikka. Rakennusten sähkönkulutus ja -tuotto. 1. painos. Talotekniikka-Julkaisut Oy. 2024.

Laakso, Jari. 2024. Espoo resursointi -Excel-taulukko. Schneider Electric Finland Oy. 2024.

Liedes, Riikka. 2020. Automaation vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen. Opas standardin SFS-EN 15232 käyttöön. 2. uudistettu painos. Sähköinfo Oy. Espoo. 2020.

Motiva Oy. 2022. Rakentaminen ja rakennukset. Motiva Oy. Helsinki. 2022.

Mäntyneva, Mikko. 2016. Hallittu projekti: jäntevästä suunnittelusta menestykselliseen toteutukseen. Kauppakamari. Helsinki. 2016.

Niinimaa, Tiina. 2024. Projektinhoito-ohjeet: Yhteinen toimintatapa ja dokumentointi. Schneider Electric Finland Oy. 2024.

Nortio, Jukka. 2024. Kolme näkökulmaa kenttälaitteisiin. Automaatioväylä. 04/2024, s. 8–11.

Public

Pelin, Risto. 2011. Projektihallinnan käsikirja. 7. uudistettu painos. Projektijohtaminen Oy Risto Pelin. Helsinki. 2011.

Piikkilä, Veijo & Sahlsten, Toivo. 2017. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät: tietotekniset järjestelmät. 2. uudistettu painos. Sähköinfo Oy. Espoo. 2017.

Roivainen, Hannu. 2024 a. Suunnittelu ja projektin tuotokset. Yrityksen sisäinen ohje. Schneider Electric Finland Oy. 2024.

Roivainen, Hannu. 2024 b. Modra-ohjeet. Yrityksen sisäinen ohje. Schneider Electric Finland Oy. 2024.

Salminen, Juha. 2021. Lean rakentamisessa. Arvoa luovan rakentamisen periaatteet, menetelmät ja työkalut. RIL ry. 2021.

Schneider Electric. 2024. Me olemme Schneider Electric [verkkojulkaisu]. Viitattu 21.9.2024. Saatavissa: https://www.se.com/fi/fi/about-us/company-profile/

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2025. Kasvihuonekaasut [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu: 15.2.2025. Saatavissa: https://stat.fi/julkaisu/clmpwmdg9iy0v0cunp21h4q6v

Sähkötieto Ry. 2019. Rakennusautomaatiojärjestelmät: tietotekniset järjestelmät. 7. painos. Sähköinfo Oy. Espoo. 2019.

Torkkola, Sari. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. 5. painos. Alma Talent Oy. Helsinki. 2017.

Tuominen, Kari. 2010. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen – 5S. WS Bookwell Oy. Jyväskylä. 2010.

Värtinen, Marisa. 2024. Rakennusautomaatioprojektien työvaiheiden yhtenäistäminen. Opinnäytetyö AMK. Turun ammattikorkeakoulu. 2024.

Ympäristöministeriö. 2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13. Helsinki. 2013

Ympäristöministeriö. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 2/17. Helsinki. 2017

Public

YSE 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. RT 16-10660. Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö. 1998.

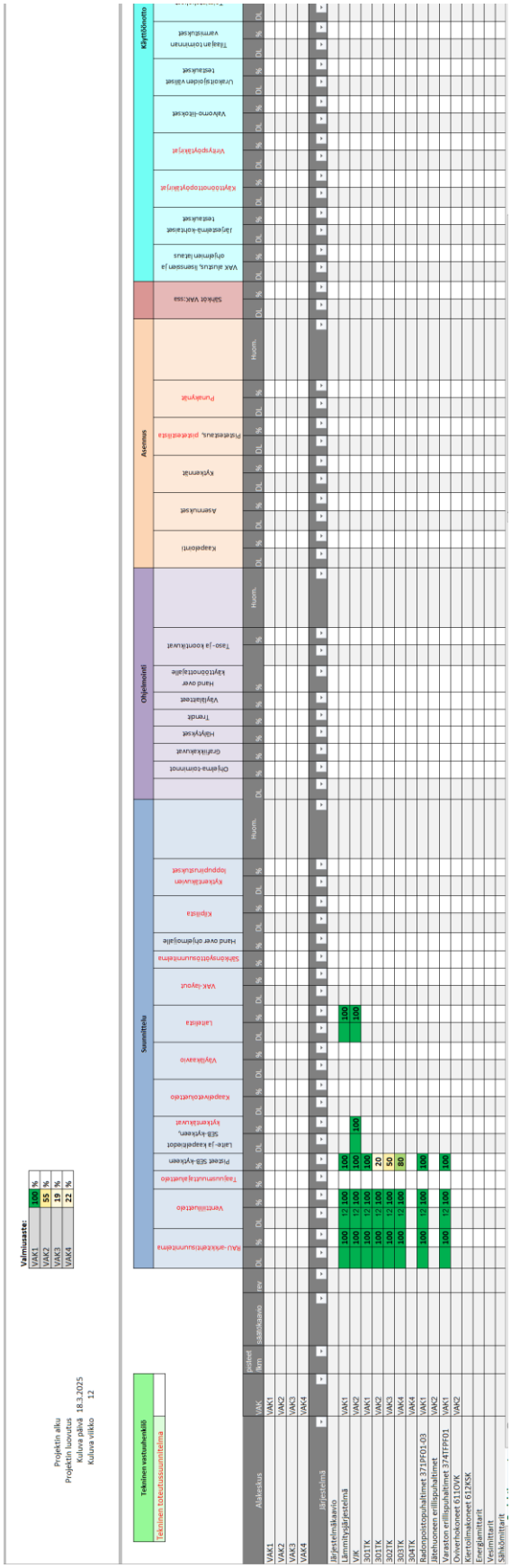
Public

Liite 1. Käytettyjen työtuntien jakautuminen eri työvaiheissa

Projektin koko	+1M€		+500k€		+500k€		+500k€		+50k€		n. 50k€		n. 50k€	
Taloudellinen tulos +/-	+		-		+		-		+		+		-	
	käytetyt tunnit	%	käytetyt tunnit	%	käytetyt tunnit	%	käytetyt tunnit	%	käytetyt tunnit	%	käytetyt tunnit	%	käytetyt tunnit	%
Projektin johto	900	15 %	780	20 %	658	26 %	325	13 %	177	14 %	8	6 %	18	16 %
Suunnittelu	469	8 %	716	18 %	102	4 %	261	10 %	102	8 %	22	16 %	22	19 %
Ohjelmointi	1856	30 %	1209	31 %	1000	39 %	817	32 %	223	17 %	62	47 %	55	47 %
Käyttöönotto	2913	47 %	1073	27 %	809	32 %	1049	41 %	773	61 %	39	30 %	19	16 %
Omatyö asennus ja kytkentä	32	1 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %	2	0 %	0	0 %	0	0 %
Käytönopastus	0	0 %	8	0 %	0	0 %	37	1 %	0	0 %	0	0 %	1	0 %
Raportit ja dokumentointi	0	0 %	8	0 %	0	0 %	1	0 %	0	0 %	2	1 %	1	1 %
Takuutunnit	0	0 %	103	3 %	0	0 %	1	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Laatuongelmat	0	0 %	61	2 %	0	0 %	39	2 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Yhteensä	6169		3956		2568		2529		1276		132		116	

Public

Liite 2. Projektiseuranta



Projektin alku
Projektin loppu
Kuluva kuukausi 18.3.2025
Kuluva viikko 12

Valmiusaste:

VAK1	100 %
VAK2	55 %
VAK3	19 %
VAK4	22 %

Tekninen vartiohenkilö

Tekninen toteutussuunnitelma

| Alakeskus | VVK | pisteet ilm. | asentajako | Erä | Suunnittelu | | |