



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jesse Gustafsson

Optisen kuidun ja kuitukaapelin valmistuslaitteiden automaatio- suunnittelun prosessin kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

6.4.2020

Tekijä Otsikko	Jesse Gustafsson Automaatiosuunnittelun toiminnan kehittäminen
Sivumäärä Aika	46 sivua + 1 liite 6.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	engineering manager Jorma Väisänen lehtori Reijo Leinonen
<p>Rosendahl Nextrom Oy:n prosessikuvaus automaatiosuunnittelusta on vajavainen. Tämän vuoksi insinööriyön tavoitteena oli automaatiosuunnittelun prosessin kuvaus sekä mahdollisten kehitysideoiden löytäminen prosessikuvausten pohjalta havaittujen epäkohtien korjaamiseksi. Lisäksi suunnittelutyön valmiusasteteen määrittäminen projektihallinnalle on osoittautunut ongelmaksi, johon haetaan ratkaisua. Insinööriyö toteutettiin yritykselle Rosendahl Nextrom Oy.</p> <p>Insinööriyössä selvitettiin automaatiosuunnittelun prosessin kulku yrityksessä. Työssä keskityttiin epäkohtien tunnistamiseen automaatiosuunnittelutoiminnassa sekä kehitysideoiden pohtimiseen näiden ratkaisemiseksi. Suunnittelutyön valmiusasteen määrittelyä käytiin myös työssä läpi. Lisäksi havaittiin, että tiedonkulku yrityksen sisällä on osoittautunut joissain määrin vajavaiseksi, ja koestus lisää automaatiosuunnittelun työkuormaa puutteellisten koestusohjeiden vuoksi.</p> <p>Insinööriyön tuloksiksi saatiin prosessikuvaus sekä -kaavio automaatiosuunnittelusta. Prosessikaaviosta selviää automaatiosuunnittelun työvaiheet, toiminnot sekä näihin liittyvät sidosryhmät. Suunnittelutyön valmiusasteen määrittelemiseksi kehitettiin pohdiskelun seurauksena Excel-pohjainen työkalu, jonka avulla työn valmiusasteen määrittely ja seuranta sujuu vaivattomammin. Tuloksena tiedonkulun parantamiseksi todettiin, että hiljattain aloitettu automaatiosuunnittelun aloituspalaverikäytäntö mahdollisesti parantaa tiedonkulkua, ja työntekijöiden täytyy myös itse olla aktiivisia sen parantamiseksi. Työssä todettiin myös, että koestuksesta automaatiosuunnitteluun aiheutuvaa ylimääräistä työkuormaa voidaan vähentää koestusohjeita päivittämällä, mikä myös parantaa automaation laatua.</p> <p>Yrityksessä voidaan insinööriyön tuloksia hyödyntää uusien työntekijöiden perehdyttämiseen ja prosessin hahmottamiseen organisaation eri ihmisille, jotta heille selviää myös tarkemmin, mitä automaatiosuunnittelussa tapahtuu. Valmiusastetta indikoivaa työkalua käytetään suunnittelutyön valmiusasteen määrittämiseen. Tämän työn tuloksia hyödyntämällä voidaan automaatiosuunnittelun toimintaa parantaa.</p>	
Avainsanat	prosessikuvaus, automaatiosuunnittelu, kehittäminen

Author Title	Jesse Gustafsson Development of Automation Engineering Operation
Number of Pages Date	46 pages + 1 appendix 6 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Automation engineering
Instructors	Jorma Väisänen, Engineering Manager Reijo Leinonen, Senior Lecturer
<p>The process description of the automation engineering operation of Rosendahl Nextrom Oy is lacking. Therefore, the aim of this thesis work was to describe the automation engineering process and to find possible development ideas to solve the deficiencies based on the process description. In addition, defining the degree of readiness of automation design work to the project management has proven to be a problem to be solved. This thesis study was produced for the Rosendahl Nextrom Oy.</p> <p>This thesis work examined the process of the automation engineering in the company. The work focused on identifying deficiencies in automation design operation and considering development ideas to fix them. The determination of the degree of readiness of automation design work was also considered. In addition, it was found that the flow of information within the company has also proven to be somewhat deficient, and testing increases the workload of automation engineering due to inadequate testing instructions.</p> <p>The results of the thesis work are a process description and flowchart of automation engineering process. The flowchart visually shows the steps, functions and stakeholders involved in automation engineering process. To determine the degree of readiness of the design work, an Excel-based tool was developed based on reflection, which makes it easier to determine and follow the readiness of design work. And as a result, in order to improve the flow of information, it was found that the recently launched automation kick-off meetings could potentially improve the flow of information, and employees also need to be active to do so. It was also found that the additional workload from testing to automation engineering can be reduced by updating the testing instructions which also improves the quality of automation.</p> <p>The results of this thesis are utilized in the company to introduce new employees and outline the process to different people in the organization, so that they also have a better understanding what is happening in automation engineering. The readiness indicator tool is used to improve the availability of automation design work readiness for those who need it. The results of this work can be used to improve the performance of automation engineering operation.</p>	
Keywords	process description, automation engineering, development

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Optisen kuidun ja kuitukaapelin valmistus	2
2.1	Optisen kuidun valmistuslaitteet	4
2.2	Lasikuituaihion valmistus	4
2.3	Kuidunveto	6
2.4	Kuidun jälkikäsittely	8
2.5	Kuidun kaapelointi	9
3	Automaatiosuunnittelu	11
3.1	Koneen valmistajan velvollisuudet	11
3.1.1	Direktiivit ja standardit	12
3.1.2	Riskin arviointi	14
3.1.3	Turva-automaatio	15
3.1.4	Dokumentointi	16
3.1.5	Insinöörietiikka	16
3.2	Suunnittelutyökalut ja ohjelmistot	16
3.2.1	Suunnittelutyökalut	17
3.2.2	Tuotetietojen hallintatyökalut	20
3.2.3	Nextrom Project Portal	21
3.3	Suunnittelutyön laajuus projektikohtaisesti	22
3.3.1	Tyypiprojekti	22
3.3.2	Päivitysprojekti	22
3.3.3	Muunnosprojekti	23
3.3.4	Tuotekehitysprojekti	24
4	Automaatiosuunnittelun prosessin kuvaus	24
4.1	Prosessin kuvaamisen hyödyt	25
4.2	Prosessin kuvaaminen	25
4.2.1	Tuki projektin suunnittelussa	26
4.2.2	Aloitustapaaminen	26

4.2.3	Riskien arviointi	26
4.2.4	Esisuunnittelu	27
4.2.5	Suunnittelu- ja toteutusvaihe	29
4.2.6	Toiminnan testaus	33
4.2.7	Käyttöönotto	34
4.2.8	Takuuajan tuki	36
4.3	Prosessikaavio	36
5	Prosessin ongelmakohdat ja ratkaisut	38
5.1	Suunnittelutyön valmiusasteen seuranta	38
5.2	Tiedonkulun parantaminen työyhteisössä	41
5.3	Koestuksesta aiheutuva kuorma suunnitteluun	42
6	Yhteenveto	43
	Lähteet	44
	Liitteet	
	Liite 1. Automaatiosuunnittelun prosessikaavio	

Lyhenteet

EU	Euroopan unioni. Eurooppalaisten jäsenvaltioiden muodostama poliittinen liitto.
FBD	Function Block Diagram. Graafinen ohjelmointikieli lohkokaaavioiden luomiseen.
HMI	Human Machine Interface. Käyttöliittymä, jonka kautta käyttäjä käyttää tuotetta.
HW	Hardware. Laitteisto, joka koostuu niistä fyysisistä laitteista, jotka ovat osa tietoteknistä järjestelmää.
IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
IL	Instruction List. Käskylista, rivipohjainen matalan tason konekieli.
I/O	Input/output. Tiedon siirtämistä tai signaloimista laitteiston komponenttien välillä.
LD	Ladder Diagram. Graafinen ohjelmointikieli tikapuu- tai relekaavioiden luomiseen.
PC	Personal Computer. Yleisluontoinen mikrotietokone, joka voi olla esimerkiksi työasema, kannettava-, taulu- tai pöytätietokone.
PLC	Programmable Logic Controller. Prosessia ohjaava elektroninen laite, joka sisältää yhden tai useamman mikroprosessorin.
PSU	Process Supervisor Unit. PC-pohjainen valvontayksikkö, jonka kautta prosessin ohjaus, valvonta ja datan hallinta tapahtuu.

SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition. Valvomo-ohjelmisto, tietokoneilla toteutettu graafinen käyttöliittymä automaatiojärjestelmiin.
SFC	Sequential Function Chart. Graafinen ohjelmointikieli sekvenssien luomiseen.
SIL	Safety Integrity Level. Neliportainen IEC:n turvallisuuden eheystaso.
ST	Structured Text. Tekstipohjainen korkeamman tason ohjelmointikieli.
UV	Ultraviolettisäteily. Sähkömagneettisen säteilyn osa-alue, jonka aallonpituus on lyhyempi kuin näkyvän valon, mutta pidempi kuin röntgensäteilyn.
VPN	Virtual Private Network. Virtuaalinen erillisverkko, jolla kaksi tai useampia verkkoja voidaan yhdistää julkisen verkon yli muodostaen näennäisesti yksityisen verkon.

1 Johdanto

Tämän Insinööriyön aihe syntyi yrityksen Rosendahl Nextrom Oy:n halusta mallintaa organisaation suunnittelualojen prosessit, sillä yrityksellä ei ollut ennestään tarkkaa kuvausta suunnittelualojen prosesseista. Tämä työ tehtiin automaatio suunnittelun prosessin osalta, ja sen tarkoituksena on kuvata prosessi, havaita mahdollisia epäkohtia suunnittelutoiminnassa sekä etsiä kehitysratkaisuja näiden korjaamiseksi. Insinööriyössä esitellään yritys, jolle työ tehdään, sekä yrityksen tarjoamia valokuidun valmistusratkaisuja. Lisäksi työssä käydään läpi automaatio suunnittelua, mikä pitää sisällään valmistajan vastuut, yleisimpien yrityksessä käytössä olevien suunnittelutyökalujen esittelemistä sekä suunnittelutyön laajuuden vaihtelevuutta projektin luonteen mukaan.

Yrityksessä automaatio suunnittelijalle annettu aikaikkuna suunnittelutyönsä valmiiksi saattamiseksi saattaa olla hyvinkin pitkä ja suunnittelutyöt laajoja, eikä suunnittelutyön valmiusasteen seuraamiseksi automaatio suunnittelun- tai projektinjohdolla ole tällä hetkellä tarpeeksi tarkkaa keinoa. Siksi yhtenä kehityspyyntönä yrityksen puolesta oli etsiä keino, jolla automaatio suunnittelun- ja projektinjohdosta kykenisi seuraamaan automaatio suunnittelijan työn valmiusastetta sen edetessä.

Työssä prosessin nykytilanne käydään vaihe vaiheelta läpi. Tämän tarkoituksena on hahmottaa automaatio suunnittelun tehtäviä ja näihin liittyviä sidosryhmiä erilaisten projektien aikana, jonka pohjalta automaatio suunnittelun prosessi kyetään kuvaamaan. Prosessikuvauksen pohjalta automaatio suunnittelun prosessi myös mallinnetaan vuokaavion avulla. Prosessikaavio automaatio suunnittelun toiminnasta on erinomainen työkalu, sillä siitä hahmottaa projektin vaiheet, jossa automaatio suunnittelu on osallisena projektissa sekä sidosryhmät kussakin prosessin vaiheessa. Lisäksi työssä käsitellään suunnitteluprosessin kuvauksen pohjalta havaittuja epäkohtia ja ratkaisuja näihin, joiden kautta automaatio suunnittelun toimintaa pyritään kehittämään.

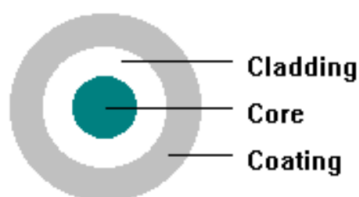
Rosendahl Nextrom on maailmanlaajuinen johtava lyijyakkujen, sähkökaapelien ja johtimien sekä optisen kuidun ja kuitukaapelien valmistusratkaisuja tarjoava yritys. Se on osa itävaltalaispohjaista Knill Gruppe -perheyristystä, jonka toimiala keskittyy globaaliin ener-

gia- sekä viestintä infrastruktuuriin. Yhteensä työntekijöitä yrityksellä on maailmanlaajuisesti noin 800. Liikevaihto tilikautena 2018/2019 oli 160 miljoonaa euroa. Yritys panostaa paljon tuotekehitykseen, johon käytettiin noin 10 % tilikauden liikevaihdosta. Asiakkaita yrityksellä on 73 eri maassa yhteensä yli 1300, ja tähän asti toimitettuja projekteja yli 5500. [1.]

Rosendahl Nextrom jakautuu kolmeen liiketoimintayksikköön. Yksikköjä ovat BM Rosendahl (Battery machines), Rosendahl (Cable & wire) ja Nextrom (Fiber optics). BM Rosendahl tarjoaa lyijyakkujen, Rosendahl-sähkökaapelien sekä -johtimien, ja Nextrom -optisen kuidun sekä kuitukaapelin valmistusratkaisuja. Nextrom-liiketoimintayksiköstä vastaa Rosendahl Nextrom Oy, jonka pääkonttori sijaitsee Suomessa, Vantaalla. Nextrom tarjoaa valmistusratkaisuja lasinvalmistuksesta kuidunvetoon ja kuidun testauksesta kuitukaapelin valmistukseen saakka.

2 Optisen kuidun ja kuitukaapelin valmistus

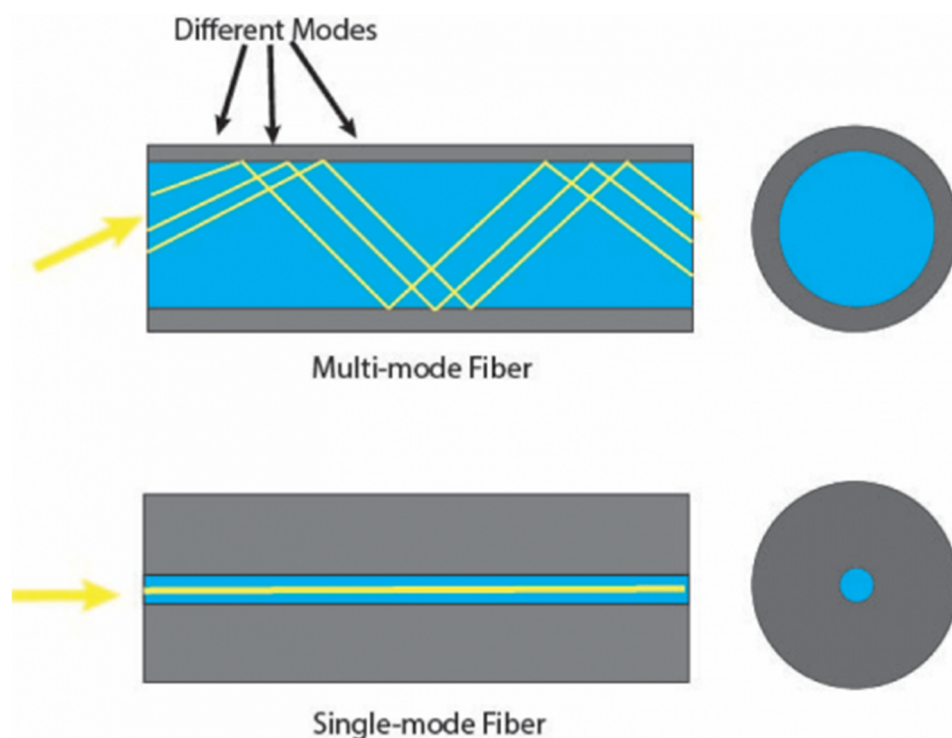
Valokuitu on ohut lasista tai muovista vedetty kuitu, jossa sähköisen pulssin sijaan käytetään optista valoa tiedonsiirtoon. Optinen kuitu koostuu kahdesta osasta: ytimestä (core) ja kuoresta (cladding). Ytimen tehtävänä on kuljettaa valosignaalia ja kuoren pitää valo ytimen sisällä. Kuidunvetovaiheessa kuidun päälle tulee vielä suojaa antava pinnoite (coating). [2.]



Kuva 1. Lämpileikkauskuva optisesta kuidusta [2].

Kuidut voidaan jakaa kahdenlaisiin kuituihin, yksimuotokuituihin (Single-mode fiber) ja monimuotokuituihin (Multi-mode fiber). Näiden suurin ero on kuidun ytimen halkaisijassa. Tyypillisesti ytimen halkaisija yksimuotokuidussa on 9 μm ja monimuotokuidun ytimen halkaisija on 50 μm tai 62,5 μm . [3.]

Yksimuotokuidun kapeuden vuoksi valo kulkee taittumatta kuidun päästä päähän ja siinä kulkee vain yksi muoto käytetyllä aallonpituudella. Monimuotokuiduissa ytimen ollessa paksumpi valo kulkee taittumalla kuidun ytimen ja kuoren rajapinnasta, joka mahdollistaa useiden muotojen lähetyksen käytetyllä aallonpituudella. [3.]



Kuva 2. Ero valonsäteiden etenemisessä sekä ytimen halkaisijassa yksi- ja monimuotokuidun välillä [3].

Yksimuotokuitua käytetään esimerkiksi runkoverkoissa, sillä sen valonsäteen vähäisestä taitumisesta johtuvan matalan vaimennuksen vuoksi se sallii pidempiä siirtomatkoja kuin monimuotokuitu.

Monimuotokuitua sen sijaan käytetään esimerkiksi kiinteistöissä, sillä se sallii suuren kaistaleveyden suurilla nopeuksilla keskipitkillä ja lyhyillä matkoilla. Muovikuitu on joustavuutensa ansiosta helpompi käsiteltävä kuin lasikuitu, mutta sen ongelmana on suuri sille tyypillinen vaimennus. Muovikuitua käytetään lyhyillä matkoilla, jotka eivät vaadi suurta tiedonsiirtonopeutta. [4.]

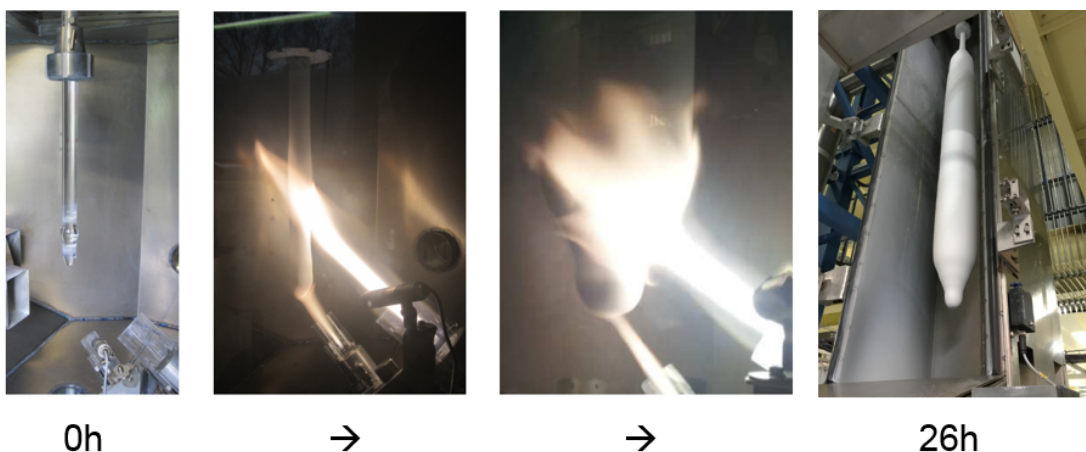
2.1 Optisen kuidun valmistuslaitteet

Optisen kuidun valmistus ja sen jalostaminen kaapeloitavaksi sekä optisen kuitukaapelin valmistus on useasta prosessista koostuva prosessiketju. Kuidun ja kuitukaapelin valmistuksen jokaista prosessia varten tarvitaan siihen soveltuva kone tai konekokonaisuus. Nämä voidaan jakaa karkeasti neljään eri osa-alueeseen: lasikuituaihioden valmistuslaitteisiin, kuidun vetotorneihin, kuidun jälkikäsittelylaitteisiin sekä kuidun kaapelointikoneisiin.

2.2 Lasikuituaihion valmistus

Kuidunvalmistuksen ensimmäinen vaihe on kuituaihion, eli preformin valmistus. Preformit ovat esimuotteja, kvartsilasisia sauvoja, jotka vedetään myöhemmässä vaiheessa kuiduksi. Preformin valmistus on monivaiheinen prosessi, mutta päävaiheita on kaksi: preformin ytimen ja kuoren valmistus.

Preformin valmistus aloitetaan ytimestä. Ydin valmistetaan hydrolyysin avulla, jossa höyrytetty piitetrakloridi (SiCl_4) ja germanium tetrakloridi (GeCl_4) hajoavat vetyhappiliessä (H_2O_2) takaisin lähtöaineikseen [5]. Prosessin tuloksena syntyy valkoinen pii- ja germaniumdioksidipartikkeleista koostuva huokoinen preformi.



Kuva 3. Ydinpreformin valmistaminen VAD Core Deposition prosessissa [5].

Huokoinen materiaali sintrataan kasaan kiinteäksi lasikepiksi uunissa kuumentamalla. Sintrauksella tarkoitetaan kiinteän kappaleen tuottamista kuumudella tai puristamalla, sulattamatta ainetta. Sintrausvaiheessa lasiin saattaa jäädä kaasuja ja jännityksiä, jotka kyetään vapauttamaan sintratusta lasista kaasujen poistomenetelmän avulla. Tämän jälkeen lasikepistä saadaan halutun paksuinen ydinpreformi lämmittämällä ja venyttämällä sitä. Lasityösorvilla voidaan hitsata kahvoja preformin päihin, jotka mahdollistavat preformin käsittelyn muilla koneilla.

Ytimen päälle valmistettava kuori valmistetaan lähes samalla tavalla kuin ydin, mutta kiinteän ydinpreformin päälle aletaan kasvattamaan kuorta vain piidioksidihiukkasista [5]. Ydinpreformin päällä oleva huokoinen piidioksidi kerros myös sintrataan, jolloin saadaan preformi, joka sisältää lasiytimen ja -kuoren.



Kuva 4. Kuoren valmistaminen ydinpreformin päälle OVD Clad Deposition -prosessissa [5].

Yleisimpiä preformin valmistustapoja on neljä, joista tässä kappaleessa käsiteltiin vain kahta ulkomenetelmää: VAD:ia ja OVD:ia. Näistä saatavia preformeja käytetään laajasti yksimuotokuidun valmistukseen. Menetelmät MCVD ja PCVD ovat sisämenetelmiä, joissa preformia kasvatetaan ontton lasitangon sisään. Näitä sisämenetelmiä käytetään erikoiskuituja varten tarkoitettujen preformien valmistukseen. [5.]

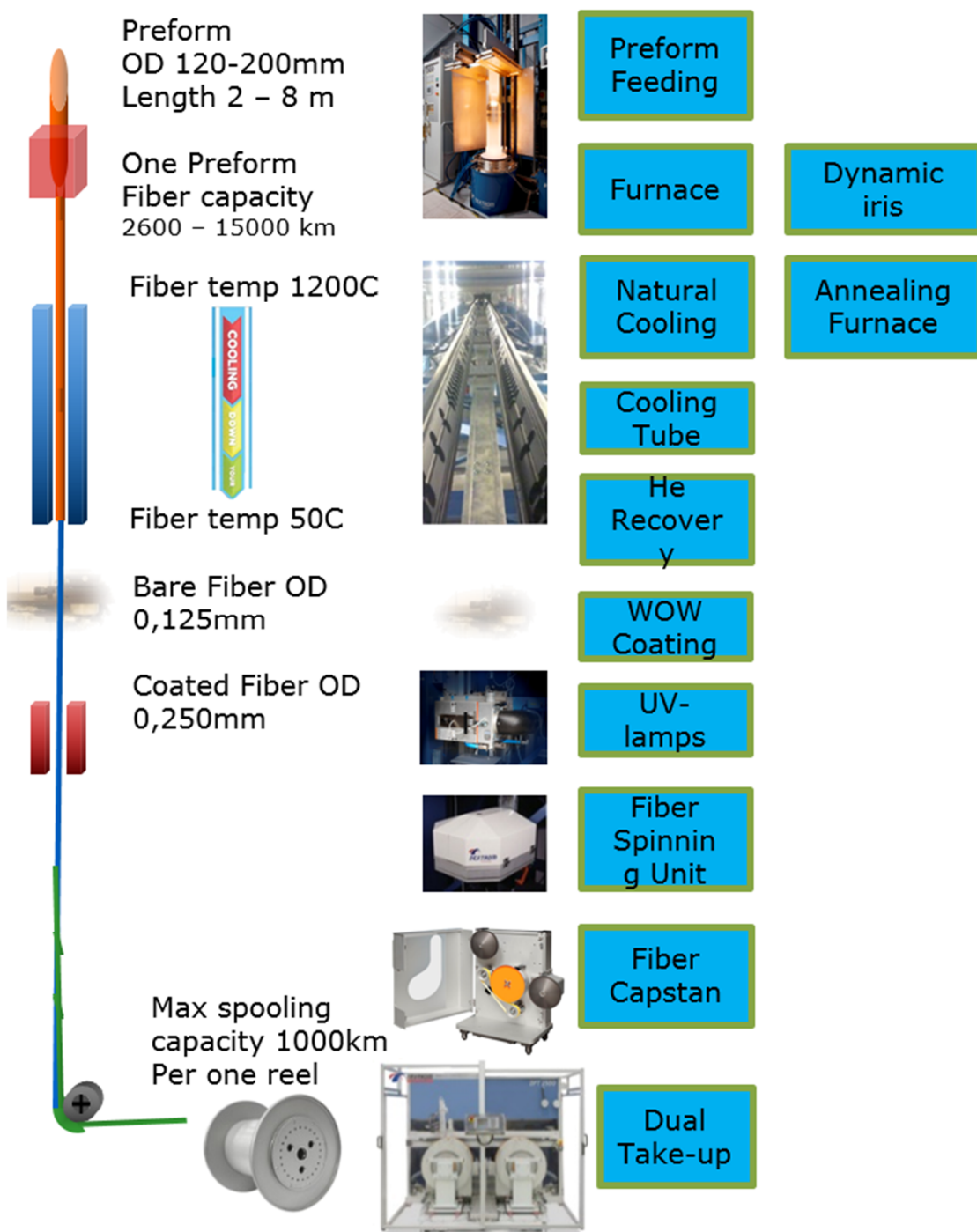
2.3 Kuidunveto

Kuidunveto on monimutkainen prosessi, joka koostuu monesta itsenäisestä koneesta ja komponentista, jotka hoitavat erillisiä vaiheita kuidunvetoprosessissa. Tällaista konekokonaisuutta kutsutaan kuidunvetotorniksi. Tärkeimpiä komponentteja kuidunvetoprosessissa ovat preformin syöttöyksikkö, preformin sulatusuuni, kuidun jäähdytysjärjestelmä, päällystysapplikaattori, kuidunvetolaite sekä vastaanottoapuolaja. [6.] Lisäksi kuidunvetoprosessin eri vaiheissa mitataan kuidun paikkaa, tensiota, lämpötilaa ja halkaisijaa prosessin eri vaiheissa, joiden mukaan prosessia ohjataan.

Kuidunvetotornin yläosassa preformia syötetään preformin sulatusuuniin, jossa se lämmitetään sen sulamispisteeseen. Usein myös preformin syöttöyksikköä on mahdollista liikuttaa sivuttaissuunnissa, jotta preformi saadaan keskitettyä keskelle uunia. Uunin molemmin puolin ovat tiivistys-elementit, iirikset, jotka mukailevat preformin muotoa. Niiden tarkoituksena kuidunvetotornissa on ylläpitää lämpöä uunissa, ja eristää uunin sisällä virtaavat kaasut ympäröivästä ilmasta. [6.]

Ohueksi nauhaksi sulanut lasi jäähdytetään ennen pinnoitusta heliumin avulla vetonopeuden ylittäessä 1000 m/min, kun kuidun luonnollinen jäähtyminen ei enää riitä. Jäähtynyt kuitu pinnoitetaan applikaattorin annostelemalla akrylaatilla, joka kovetetaan kuidun kulkiessa applikaattorin alla olevien UV-valaisimien läpi. Kuidun on täytynyt ennen pinnoittamista jäähtyä likimain 20-asteiseksi, jotta akrylaatti tarttuu kuituun. [6.]

Pinnoitettu kuitu vedetään sulavasta preformista koko tornin läpi vetolaitteen avulla, joka säätelee kuidunvedon nopeutta. Vetolaitteen jälkeen kuitu kerätään vastaanottoapuolajan avulla keloille jälkikäsitteilyä varten. [6.] Telecom-kuidun vetotornit voivat olla jopa 35 metriä korkeita, kun jollekin erikoiskuitutornille saattaa riittää vain 8 metriä [7]. Kuidunvetoprosessin vaiheet on esitelty kuvassa 5.

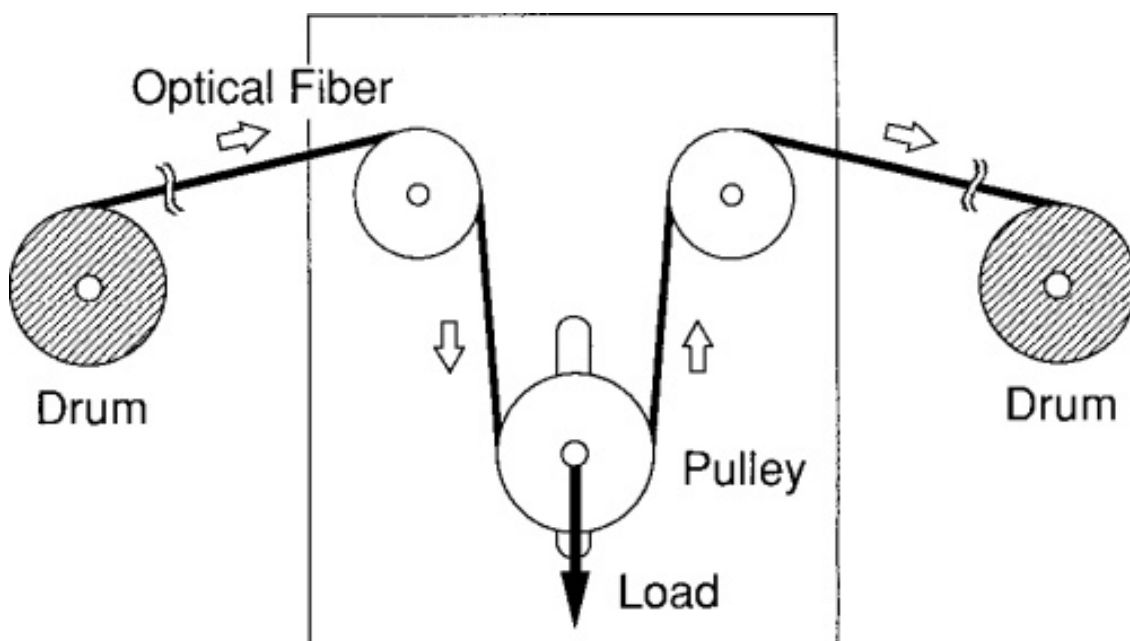


Kuva 5. Kuidunvetoprosessin vaiheet [7].

2.4 Kuidun jälkikäsittely

Kuidun jälkikäsittelyä on kuidun testaus ja jalostus kaapelointia varten soveltuvan muotoisille keloille. Tähän tuotealueeseen kuuluvia koneita ovat esimerkiksi kuidun mekaanista kestävyyttä testaavat, kuitua värjäävät, nauhakuitua valmistavat, sekä puhallettavia kuitunippuja valmistavat koneet.

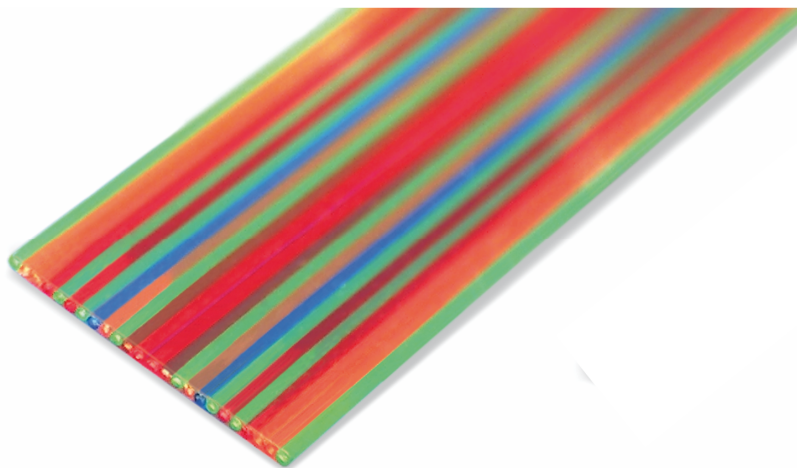
Kuidun kestävyyttä testaavissa koneissa käytetään Proof-testing-tekniikkaa. Tällä testausmenetelmällä varmistetaan kuidun vähimmäislujuustaso ja käyttöikä, jossa kuituun kohdistetaan ennalta määritelty rasitus, jonka seurauksena kuitu katkeaa heikoista kohdista paljastaen nämä. [8.] Usein tässä prosessin vaiheessa kuitu puolataan myös käytännöllisemmän kokoisille keloille seuraavaa prosessia varten.



Kuva 6. Proof-testing-tekniikka [9].

Kuitua värjätessä kuidun päälle annostellaan ohut kerros väriainetta, joka kovetetaan värjäyksen jälkeen UV-lampuilla. Kuidun värjäyksen tarkoituksena on tehdä kuidut tunnistettaviksi usean kuidun ollessa samassa nipussa.

Ribbon fiber eli kuitunauha on kuiduista koostuva nauha, jossa useita kuituja on kiinnitetty vierekkäin akrylaatilla toisiinsa kiinni. Tämä ratkaisu tarjoaa kaapeloituna suurimman kuitujen pakkaustiheyden suhteessa kaapelin kokoon, ja näin ollen täyttää suurien rakennusten ja datakeskusten kaistanleveystarpeen. [8.]



Kuva 7. Kuitunauha, josta hahmottaa kuitujen värjäyksen hyödyn kuitujen tunnistamisessa [8].

Puhallettavat kuidut ovat nippu kuitua, jotka eroavat tavallisesta kuidusta pintamateriaalinsa vuoksi. Kuidun pinnan täytyy olla tietyntyylinen, jotta kuitu voidaan puhaltaa ilman avulla tyhjän kanavaputken sisään. Tämä mahdollistaa putkien valmiiksi asennuksen ja kuitujen puhaltamisen putkeen jälkikäteen. [8.]

2.5 Kuidun kaapelointi

Valokuidun kaapeloinnin tarkoituksena on suojata kuitua varastoinnin, kuljetuksen, asennuksen sekä käytön aikana. Kuitukaapeleita on tuhansia erilaisia, joissa kaapelin sisällä kulkevien kuitujen määrä vaihtelee välillä 12...6912 riippuen kuidun rakenteesta ja käyttötarkoituksesta. [10.]

Karkeasti kuitukaapelit voidaan jakaa sisä- ja ulkokaapeleihin. Näiden merkittävimmät erot ovat kuitujen määrä ja materiaalierot. Sisäkaapeleissa kuitumäärät ovat pienempiä,

ja monimuotokuitujen käyttö on yleisempää kuin ulkokaapeleissa lyhyempien siirtomatkojen vuoksi. Sisäkaapeleihin ei myöskään kohdistu samanlaista ympäristöolosuhteiden aiheuttamaa rasitusta kuin ulkokaapeleihin, mutta niiden täytyy olla joustavampia ja taivutusta kestäviä rakenteiden sisälle asennettuina. Sisäkaapeleihin myös turvallisuusvaatimukset asettavat tiettyjä rajoitteita kiinteistöihin asennettavien sisäkaapelien materiaaleille. [10.]

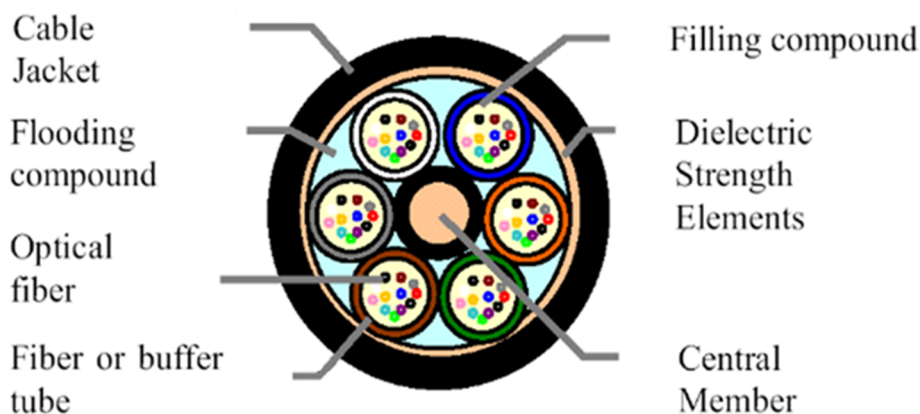
Kaapeloinnin alkuvaiheessa yksittäiset testatut ja värjätyt kuidut tai kuitunauhat päällystetään muoviputken sisään toisiopäällystyslinjassa. Päällysteen muovin materiaaleina käytetään polybutyleenitereftalaattia, polypropeenaa tai muita vastaavia materiaaleja. Tuotteen mukaan vahvisteena voidaan käyttää esimerkiksi terästeippiä, vedonpoistajana vahvikelankaa, ja eristeenä vesieristelankaa tai -rasvaa. [10.]

Toisiopäällystyslinjalla valmistetut kaapelit kerrataan kertauslinjalla yhdeksi kaapelisydämeiksi. Kaapelien keskelle syötetään vahvikelankaa, ja ne sidotaan vesieristelangalla kaapeliniipuksi jälkipäällystystä varten. [10.]



Kuva 8. Kertauslinjalla jatkuvasuuntaisesti (vas.) ja vaihtosuuntaisesti (oik.) kerrattuja kuitukaapeleita kaapelisydämeiksi. Sidontaan käytetty vesieristelankaa. [11.]

Kaapelisydämen niputuksen jälkeen sen päälle lisätään suojavaippa päällystyslinjassa. Suojavaippa koostuu tuotteen mukaan vahvikelangasta, suojateipistä, vesieristysteipistä tai -rasvasta ja päällysmuovista. Päällysmuovin materiaalivalintaan vaikuttavat kaapelin käyttöolosuhteet. Valmiin kuitukaapelin ominaisuuksien testausta varten on myös tähän tarkoitukseen valmistettuja koneita. Kaapeleista voidaan testata puristus-, isku-, taivutus- ja lämpökestävyyttä sekä vetolujuutta, vedenpitävyyttä ja vaimennusta. [10.]



Kuva 9. Poikkileikkauskuva päällystetystä kuitukaapelista [10].

3 Automaatiosuunnittelu

Tässä luvussa käsitellään automaatiosuunnittelun vastuuta koneiden suunnitteluun liittyvien asioiden osalta koneen valmistajan velvollisuudet huomioon ottaen. Myös yleisimmät automaatiosuunnittelun työkalut sekä ohjelmistot esitellään, sekä suunnittelutöiden laajuudet projektikohtaisesti.

3.1 Koneen valmistajan velvollisuudet

Lainsäädäntö on määritellyt koneen valmistajan velvollisuudet tämän valmistaman kohteen turvallisuuden varmistamiseksi. Valmistajan velvollisuuksia ovat suunnitella ja rakentaa kone määriteltujen terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti sekä riskien arvioinnin tulokset huomioon ottaen. Valmistaja on vastuussa siitä, että kone on lainsäädännön mukainen. [12.]

3.1.1 Direktiivit ja standardit

Direktiivit, eli EU-direktiivit ovat Euroopan unionin jäsenvaltioille tarkoitettuja lainsäädöksiä, joihin kaikkien EU-maiden on yllettävä. EU on hyväksynyt uusimman konedirektiivin 2006/42/EY huhtikuussa 2006. Sen tarkoituksena on yhdenmukaistaa koneiden turvallisuusvaatimukset. Koska EU:n direktiivejä ei kuitenkaan suoraan sovelleta jäsenmaissa ja jäsenmaat saavat itse päättää laeista, joilla tämä toteutetaan, on konedirektiivi pantu Suomessa kansallisesti toimeen valtioneuvoston asetuksella, niin sanotulla koneasetuksella 400/2008 joulukuussa 2009. Koneasetus sisältää kaikki valmistajaa koskevat konedirektiivin vaatimukset. [13; 14.]

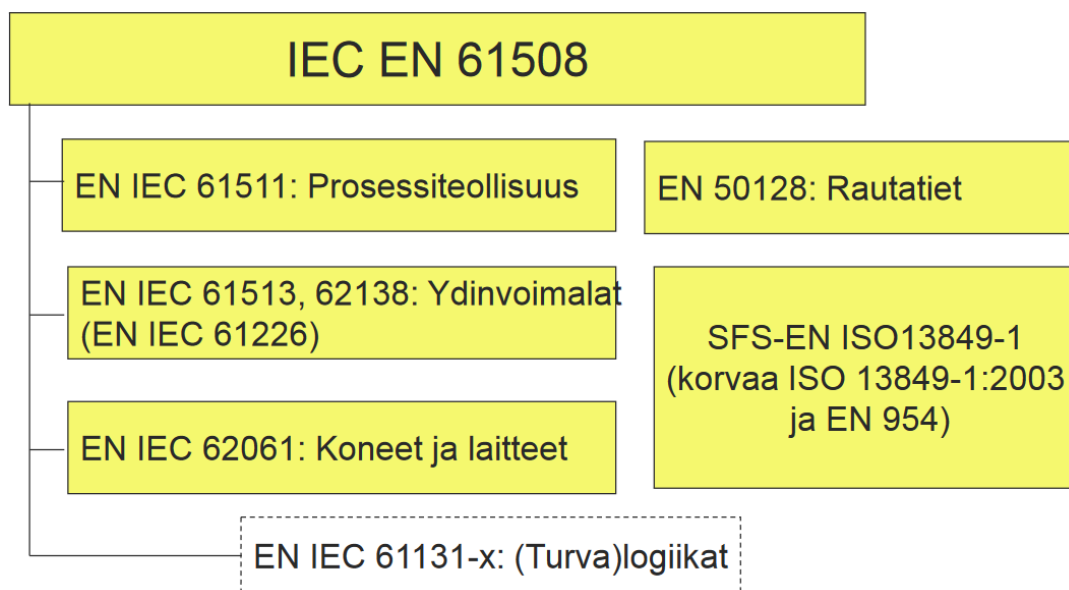
Pääosa optisen kuidun- ja kuitukaapelin valmistuskoneista voidaan katsoa kuuluvan koneasetuksen soveltamisalaan koneasetuksen (400/2008 §4) määritelmän mukaan:

Koneella tarkoitetaan toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten [12].

Koneasetuksen (400/2008 §5) mukaan koneen valmistajalle kuuluu varmistaa, että koneiden on oltava suunniteltu koneasetuksessa määriteltyjen terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti ja riskien arvioinnin tulokset huomioon ottaen. Lisäksi koneen mukana on oltava asetuksen edellyttämät dokumentit. [12; 13.]

Standardit ovat yhteisiä toimintatapoja, jotka täsmentävät direktiivejä. Standardit ovat luonteeltaan suosituksia, mutta viranomaiset saattavat edellyttää niiden käyttöä. Nämä on luotu helpottamaan viranomaisten, elinkeinoelämän ja kuluttajien elämää. Standardisoinnin ansiosta tuotteet, palvelut ja menetelmät sopivat siihen käyttöön ja niihin olosuhteisiin, joihin ne on tarkoitettu, sekä varmistaa, että tuotteet ja järjestelmät sopivat toisiinsa ja toimivat yhdessä. [15.]

Standardi IEC 61508 käsittelee kaikkien sähköisten ja ohjelmoitavien elektronisten järjestelmien käyttöä turvatoiminnoissa. Standardin avulla automaatiojärjestelmän vaatimustenmukaisuus on helpompi osoittaa, sillä teollisuus ja viranomaiset käyttävät standardia IEC 61508 referenssinä. Standardia IEC 61508 pohjistaen on koneita ja laitteita, prosessiteollisuutta, ohjelmoitavia logiikoita sekä muita erityisaloja varten räätälöityä alakohtaisia soveltamisstandardeja. [16.]



Kuva 10. IEC EN 61508 ja sen toimiala- sekä sovelluskohtaiset variantit [16].

IEC 61511 on kattostandardin IEC 61508 pohjalta laadittu standardi prosessiteollisuuden tarpeisiin. Se sisältää hyvin laajan määrittelyn turva-automaatiojärjestelmän komponenttien määrittelylle, sovellusohjelmoinnille, laitteistosuunnittelulle, käyttöönotolle, kelpuutukselle, käytölle, ylläpidolle ja testaukselle. [17.]

Myös IEC 62061 on kattostandardin IEC 61508 -sovellusstandardi koneiden ohjausjärjestelmiä varten. Sen tehtävänä on auttaa koneiden ja niiden ohjausjärjestelmien suunnittelijoita sekä kone- ja laitetoimittajia suunnittelemaan ja arvioimaan turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmiä. Se sisältää vaatimusten määrittelyn ja suunnittelun turvallisuuden liittyvien ohjausjärjestelmän osalta, SIL:in määrittämisen riskin arvioinnin avulla, käyttäjän tarvitsemat tiedot turvallisuutta ja kunnossapitoa koskien sekä kelpuutuksen ja vaatimuksen järjestelmän ylläpidolle. [18.]

Standardisarja IEC 61131 koskee ohjelmoitavia logiikoita. Se sisältää määritelmät ja perusominaisuudet ohjelmoitaville logiikoille ja niiden oheislaitteille, vaatimukset laitteistolle ja niihin liittyvät testaukset sekä määrykset useimmin käytetyille ohjelmointikielille tavallisimmissa sovelluksissa. Standardia voidaan soveltaa logiikoihin, ohjelmointi- ja virheenkorjaustyökaluihin, HMI-sovelluksiin sekä vastaavanlaisiin ominaisuuksiin, jotka on tarkoitettu koneiden ja teollisuusprosessien ohjaukseen. [19.]

3.1.2 Riskin arviointi

Koneasetuksen ensimmäisen liitteen mukaan koneen valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan on varmistettava, että koneelle tehdään riskien arviointi, jotta koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset voidaan määrittää. Riskien arvioinnin tarkoituksena on tutkia perusteellisesti koneeseen liittyviä vaaroja, jotta koneen turvallisuustaso voidaan määrittää. Jokaisen uuden, tai muutetun koneen kohdalla tulee suorittaa uusi riskien arviointi. Riskin arviointi koostuu riskianalysista ja riskin merkityksen arvioinnista. [13; 20.]

Riskianalysissa määritellään koneen raja arvot, tunnistetaan vaarat, seurausten vakavuudet ja todennäköisyydet, sekä suoritetaan riskin suuruuden arviointi. Riskin suuruus lasketaan vahingon vakavuuden ja esiintymistodennäköisyyden mukaan. Riskin suuruuden arviointiin on olemassa erilaisia riskin arviointi työkaluja kuten riskigraafi, riskimatriisi, tai numeerinen pisteytys. [20.]

Tapahtuman todennäköisyys	Seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1 (merkityksetön riski)	2 (vähäinen riski)	3 (kohtalainen riski)
Mahdollinen	2 (vähäinen riski)	3 (kohtalainen riski)	4 (merkittävä riski)
Todennäköinen	3 (kohtalainen riski)	4 (merkittävä riski)	5 (sietämätön riski)

Kuva 11. Riskinarviointitaulukko [20].

Riskin merkityksen arvioinnin tarkoituksena on analysoida eri vaihtoehdot, päättää riskin hyväksyttävyydestä, ja tehdä päätös onko turvallisuustaso saavutettu. Jos turvallisuustasoa ei ole saavutettu, täytyy riskin vähentämiseksi tehtyjen toimenpiteiden jälkeen suorittaa riskien arviointi uudelleen, kunnes turvallisuustaso on saavutettu. [21.]

3.1.3 Turva-automaatio

Turva-automaation tehtävänä on ihmisten, tuotantolaitoksen, koneiden ja laitteiden suojaaminen odottamattomalta tapahtumalta tai tapahtumasarjalta. Kun tällainen sattuu, turva-automaation tulee pysäyttää koneen toiminta nopeasti ja turvallisesti, sekä ohjata kone tämän jälkeen turvalliseen tilaan. Turva-automaation tulee toimia erillisenä järjestelmästä, joka ei ole riippuvainen koneen omasta ohjausjärjestelmästä. Koneiden toiminnallisen turvallisuuden todentamisessa ja arvioinnissa tulee aina olla perusteellinen, sillä kyse on aina henkilö- tai omavastuuturvallisuudesta [22].

Nykyaikaisten koneiden tuotantonopeudet ovat yhä suurempia, ja tehtaot integroituvat yhä enemmän. Koneita, laitteita ja prosesseja yhdistetään toisiinsa sekä automaatiojärjestelmiä muihin automaatio- ja hallintajärjestelmiin. Tämä tuo enemmän haasteita täyttää automaatio- ja hallintajärjestelmien vaatimuksia. Lisäksi automaatio-ohjelmilla on useimmiten erityisvaatimuksia tiedonsiirron, vasteaikojen ja käytettävyyden osalta. Etenkin turva-automaatiosta puhuttaessa vaatimukset ovat vieläkin tiukemmat. Automaatio-suunnittelija vastaa koneen turva-automaatio-ohjelmien suunnittelusta riskianalyysin pohjalta. [23; 24.]

Standardin IEC 61511 mukaan turvajärjestelyjen suunnittelun tulee pohjautua riskianalyysiin, jonka pohjalta päätetään tarvittavat luokitusvaatimukset ja määritellään, mitkä asiat vaativat erityistä huomiota turvallisuuden kannalta. Turva-automaatio on suunniteltava riskien vähennysvaatimus sekä kaikki muut tekijät huomioon ottaen, jotka mahdollistavat laitteen turvallisuuden koko sen käyttöajan ajan. [17.]

3.1.4 Dokumentointi

Koneasetus edellyttää myös, että koneesta on käytettävissä kunnossapito- ja käyttöohjeet (koneasetuksen liite 1), tekninen tiedosto (koneasetuksen liite 7 kohta A), vaatimustenmukaisuusvakuutus (koneasetuksen liite 2 kohta A) sekä konekilpi (koneasetuksen liite 1) [13]. Automaatiosuunnittelun vastuulla on tarkistaa, että koneiden käyttöohjeet on päivitetty koneen tarkoitettua käyttöä vastaaviksi automaation osalta.

3.1.5 Insinöörietiikka

Lain määräämän vastuun lisäksi suunniteltavan kohteen turvallisuuden varmistaminen liittyy laissa määritellyn vastuun lisäksi myös insinöörietiikkaan. Viitaten lainaukseen Teknologian Tutkimuskeskuksen VTT:n oppaasta suunnittelijoille ja suunnittelun tilaajille:

Alan kirjallisuudessa vallitsee yhteisymmärrys siitä, että turvallisuuden huomioon ottaminen on olennainen edellytys eettiselle ja korkeatasoiselle suunnittelutoiminnalle. Suunnittelijalla on siis eettinen velvollisuus asettaa suunniteltavan kohteen turvallisuus mm. omien tai työnantajansa intressien edelle. [25, s. 9.]

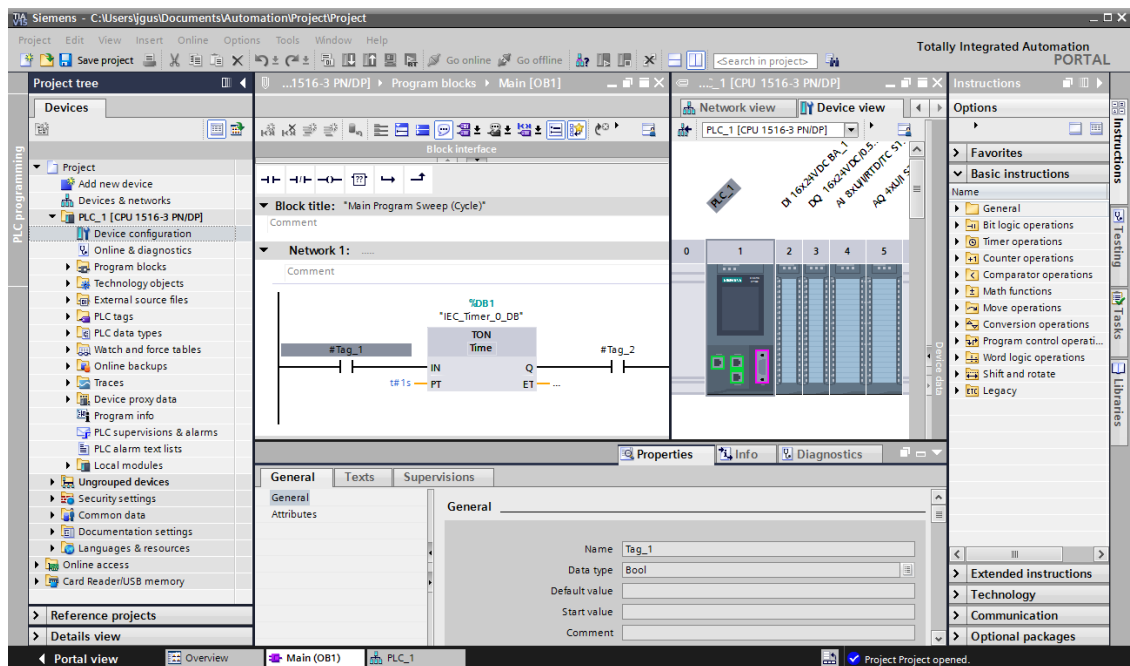
3.2 Suunnittelutyökalut ja ohjelmistot

Automaatiosuunnittelun tueksi on olemassa työkaluja, joiden tarkoitus on nopeuttaa, helpottaa sekä tehostaa suunnittelua. Oikeilla työkaluilla saadaan suunnittelijoiden aikaa säästettyä, suunnitteluprosessia yksinkertaistettua ja näin parannettua yrityksen kilpailukykyä markkinoilla. Automaatiosuunnittelija voi käyttää hyvinkin montaa erilaista työkalua riippuen siitä, minkä valmistajien komponentteja projektissa on käytetty. Tämän vuoksi tässä luvussa esitellään vain yrityksessä yleisimmin käytetyt automaatiosuunnittelun suunnittelutyökalut ja ohjelmistot.

3.2.1 Suunnittelutyökalut

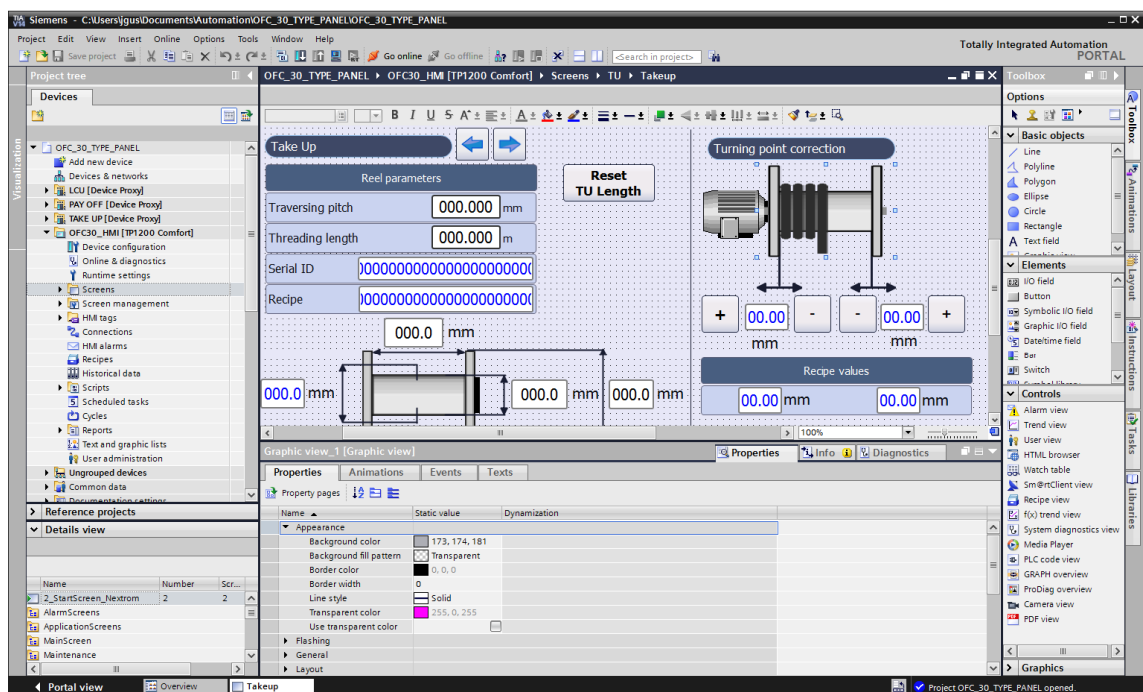
Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) on Siemensin suunnitteluohjelmisto. Se mahdollistaa useiden Siemensin suunnitteluohjelmien käytön yhden käyttöliittymän alta yhdistäen logiikkaohjelmoinnin, käyttöliittymien ja turvaratkaisujen suunnittelun sekä uusimpana myös taajuusmuuttajien ohjelmoinnin. TIA Portal -ohjelmistoa käytetään optisen kuidun ja kuitukaapelin valmistuslaitteiden suunnittelussa pääosin logiikkaohjelmointiin, käyttöliittymäsuunnitteluun sekä turvatekniikkaan.

SIMATIC STEP 7 -ohjelmisto on osa TIA Portal -ympäristöä, jossa logiikkaohjelmointi ja online-diagnostiikka tapahtuu. Se on myös laitteiden ja verkkojen keskuseditori. SIMATIC STEP 7 mahdollistaa graafisesti laitteiden välisen verkon luomisen, yksittäisten laitteiden parametrisoinnin ja konfiguroinnin sekä topologian toteuttamisen PROFINET-kenttäväylää käyttävien laitteiden välillä. SIMATIC Safety Integrated -turvaratkaisut mahdollistavat suunnittelussa myös yhdenmukaiset turvallisuusratkaisut integroimalla turvatoiminnot saumattomasti tavanomaisiin automaatiojärjestelmiin, sekä diagnostiikkatyökalut auttavat tehokkaassa virheanalyysissä sekä virheiden lokalisoinnissa.



Kuva 12. SIMATIC STEP 7 -ohjelmisto TIA Portal -ympäristössä.

Paneeleiden käyttöliittymäohjelmointi toteutetaan SIMATIC WinCC TIA -ohjelmistolla. Se on myös osa TIA Portal -ympäristöä, joka mahdollistaa täydellisen integraation muihin Siemensin automaatiotyökaluihin ja visualisointitoimintojen ohjelmoinnin HMI-ope-
rintipaneeliin. Integraatio ehkäisee määrittelyjen päällekkäisyydet ja virheelliset syö-
töt sekä varmistaa hallitun tiedonhallinnan sovellusten kesken. Tämä parantaa tehok-
kuutta ja säästää suunnitteluaikaa. WinCC-ohjelmistoa on saatavana useina eri variaa-
tioina, joita ovat Basic, Comfort, Advanced sekä Professional. Riippuen valitusta tuot-
teesta voidaan määrittellä erilaisia kohdejärjestelmiä. Projektissa käytettävät toiminnot,
esimerkiksi skriptit tai kuvaobjektit, riippuvat konfiguroidusta laitteesta eivätkä käytetystä
suunnitteluversiosta.

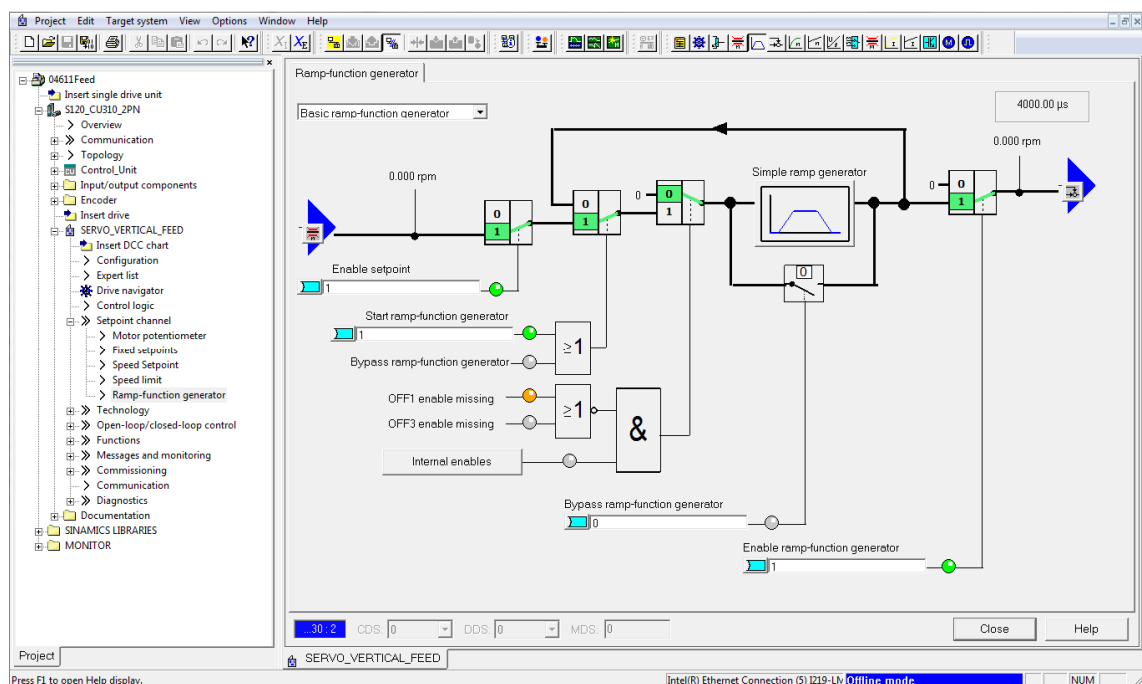


Kuva 13. WinCC-työkalu TIA Portal -ympäristössä.

AVEVA System Platform Powered by Wonderware on HMI/SCADA-valvomo-ohjelmisto-
ratkaisujen, teollisuuden tiedonhallinnan ja toiminnanhallinnan sekä teollisuusautoma-
tio-ohjelmistojen markkinajohtaja [26]. AVEVA:n teollisuusautomaattoratkaisujen avulla
toteutetaan preformin valmistuskoneiden, kuidunvetotornien sekä toisinaan kuitukaape-
liinjojen teollisuus-PC-pohjaiset PSU-ratkaisut. Näillä ratkaisuilla mahdollistetaan visu-

alisointi, tehdashistorian tallennus, laiteviestinnän luonti ja automaatiosovellusten integrointi, jotka ovat räätälöitävissä asiakkaan tarpeiden mukaan. PSU-ratkaisut sisältävät oman prosessin reseptiohjauksen ja hälytystietokannan. Myös osaan koneista tarjotaan kevyempää PC-käyttöliittymää, joka on toteutettu AVEVA:n InTouch HMI -ratkaisulla.

Starter on Siemensin taajuusmuuttajien parametrisointi-, käyttöönotto- ja diagnostiikka-työkalu. Starter-työkalulla on mahdollista määritellä esimerkiksi osaltaan rajapinta ohjelmoitavan logiikan ja taajuusmuuttajan ohjausyksikön välillä sekä jo suunnitteluvaiheessa tehdä käytön konfigurointi, jos tiedetään etukäteen, mitä komponentteja kokoonpanossa tulee olemaan. Käyttöliittymä on graafinen, joka helpottaa käytön parametrisointia. Ohjelma sisältää myös listan kaikista parametreista, josta pääsee tarkastelemaan tai muuttamaan niitä. Drive Control Chart (DCC) on valinnainen osa Starter-ohjelmaan. Se mahdollistaa omien monimutkaisten teknologiatoimintojen luomisen graafisessa käyttöliittymässä lohkojen avulla yhdistämällä Starterin parametreja funktiolohkojen tulo- ja lähtökanaaviin. Tämä valinnainen lisäosa mahdollistaa takaisinkytkennät ja matemaattiset sekä loogiset funktiot omassa lohkokaaviossa.



Kuva 14. Siemens Starter -työkalu.

3.2.2 Tuotetietojen hallintatyökalut

Aton on tuotetietojen hallintajärjestelmä, jonka avulla hallinnoidaan tuoterakenteita ja niihin liittyviä tuotetietoja. Atonissa ylläpidetään koneiden tyyppirakenteita ja koneiden kehityksen myötä tyyppirakenteita myös päivitetään. Tyyppirakenteiden pohjalta automaatio suunnittelija saa lähtökohtaisesti pohjan suunnittelutyön aloittamiselle. Atonissa hallinnoidaan myös projektikohtaiset dokumentit, kuten projektien koneiden sarjanumerot, tekniset tiedostot, asiakasdokumentit, osaluettelot, toimittajat sekä varmuuskopiot koneiden ohjelmista.

The screenshot shows the Aton document management interface. At the top, there is a menu bar with 'Database', 'Search', 'Document', 'Mail', 'Report', and 'Help'. Below the menu is a toolbar with various icons for document actions. The main area displays a document card with the following details:

- Code:** N712129, 0
- Created:** 03.03.2008
- Modified:** 27.10.2010
- Desc 1:** DRIVE PARAMETERS AND APPLICATION
- Desc 2:** CMP-1376...-1378
- Desc 3:**
- Status:** Approved
- Handler:**
- In Use by:**

The document card is divided into several sections:

- Description:** Includes fields for Code (N712129), Rev (0), and five description fields (Desc 1-5). Desc 1 is 'DRIVE PARAMETERS AND APPLICATION', Desc 2 is 'CMP-1376...-1378'. There are also fields for Language (English) and a 'Info' section.
- Classification:** Includes dropdown menus for Group (Program code), Type (ZIP package), Class (Document), and Owner Group (Vantaa Users). There is also a 'Handler' field.
- Status Information:** Includes a 'Status' dropdown (Approved) and checkboxes for 'Current Revision', 'Active Revision', and 'Personal Document'.

Kuva 15. Dokumenttikortti Aton tuotetietojen hallintajärjestelmässä, jolle on talletettu taajuusmuuttajien parametrit sekä ohjelma.

Yrityksellä on käytössä useita verkkolevyjä, sillä suurien tiedostojen tallentaminen tuotetietojen hallintajärjestelmiin tai niiden lähettäminen sähköpostilla on epäkäytännöllistä. Yrityksessä verkkolevyjä käytetään normaalina tallennustilana, tiedoston jakopalveluna tai varmuuskopioiden säilytyspaikkana. Automaatio suunnittelu käyttää verkkolevyjä suurien applikaatioiden varmuuskopiointiin ja automaatio suunnittelun sisäisten dokumenttien tallennukseen. Automaatio suunnittelu on myös hiljattain siirtynyt käyttämään Microsoft Teams -ryhmätyöskentelyvälinettä yhteisenä keskustelu- ja tiedonjakopaikkana.

Kuitukaapelikoneiden suunnittelun osalta liiketoimintayksiköt Nextrom ja Rosendahl tekevät yhteistyötä, sillä kuitu- ja sähkökaapelien valmistuksessa voidaan käyttää hyvin pitkälti samoja koneita. Koska Rosendahl liiketoimintayksikön toiminta sijoittuu Itävaltaan, on yhteisenä tallennusjärjestelmänä käytetty verkkolevyä RoData.

3.2.3 Nextrom Project Portal

Projektiportaali on yrityksen oma projektinhallintatyökalu, jonka tarkoituksena on jakaa informaatiota projektitiimin välillä. Projektiportaalista suunnittelija löytää projektiin liittyvät dokumentit, kuten projektin spesifiset tiedot ja aloitustapaamisen muistion sekä projektin aikataulutuksen sekä projektitiimiin nimitetyt henkilöt. Portaalissa myös suunnittelunjohto määrittelee suunnittelijan tehtävät ja niille resursoidut tunnit. Projektien edetessä suunnittelija kirjaa työtuntinsa ylös tehtäväkohtaisesti sekä pystyy seuraamaan omaa resursien kuormitusastetta hänelle nimitettyjen työtehtävien perusteella. Portaalissa työtehtäviä, joiden määritetty suunnitteluajankohta ei ole vielä alkanut, indikoidaan harmaalla värikoodilla. Määritellyn suunnitteluajankohdan ensimmäisenä päivänä väri muuttuu vihreäksi, kaksi viikkoa ennen työn suunniteltua valmistuspäivää keltaiseksi sekä myöhässä olevia töitä indikoidaan punaisella värillä. Värit auttavat suunnittelijaa seuraamaan tehtäviensä tilaa visuaalisella tavalla.

The screenshot shows the Nextrom Project Portal interface. At the top, there are navigation links: Valikko, Takaisin, Koti, Tallenna, and Ohje. The main header includes the Nextrom logo and the text 'Nextrom Project Portal Tervetuloa'. On the left, there is a sidebar menu for 'IMPOLITY PROJECT' with options like 'Projektinhallinta', 'Portfolio', 'Projektien vaihenäkymä', 'Resursien kuormitus', and 'Tuntienkirjaus'. The main content area is titled 'OMAT TEHTÄVÄT' and contains a table with columns: Tilä Otsikko, Aikataulu, Tunnus, Nimi, and Kuvaus. The table lists several tasks with colored status indicators (red, yellow, green). To the right, there is a 'TIEDOTTEET' section with news items dated 17.6.2019.

Tilä Otsikko	Aikataulu	Tunnus	Nimi	Kuvaus
Projekti	14.2.2020	NA-192002030	OFC04 Control	SOFTWARE DESIGN WORK RESERVED
Projekti	14.2.2020	NA-192002030	OFC04 Control	SOFTWARE DESIGN WORK RESERVED
Projekti	6.3.2020	NA-192001030	OFC04 Control	TESTING Automation and functional test
Projekti	6.3.2020	NA-192001020	OFC04 Gas delivery	TESTING Vapor and Gas Delivery System
Projekti	16.3.2020	NA-192002030	OFC04 Control	TESTING LINE Automation and functional test
Projekti	20.3.2020	NA-192003030	OFC04 Control	TESTING Automation and functional test
Projekti (Tilmi)	30.6.2020	NI-200002030	Trainings, Seminars and exhibitions (Rosendahl Nextrom Oy)	Automation Engineering trainings

Kuva 16. Tehtävälista projektiportaalisssa.

3.3 Suunnittelutyön laajuus projektikohtaisesti

Suunnittelu Nextromilla perustuu tyyppirakenteiden ylläpitoon, joista saadaan suunnittelulle pohja lähtökohdaksi projektiin. Projekteja on hyvin erilaisia, joten projektin luonne määrittelee, mitä suunnittelumenetelmää käytetään, kuinka paljon työtä projekti vaatii ja missä projektin vaiheissa automaatio-suunnittelijan työpanosta tarvitaan. Karkeasti projektit voidaan jakaa neljään eri projektityyppiin, joita tässä luvussa käydään läpi. Näitä projektityyppejä ovat tyyppi- ja päivitysprojektit, muunnosprojektit sekä tuotekehitysprojektit.

3.3.1 Tyypiprojekti

Jos kyseessä on niin sanottu tyyppikone, suunnittelun pohjana voidaan käyttää suoraan tyyppirakennetta. Kun tiettyä konetta on myyty jo aiemmin samoilla teknisillä tiedoilla ja ohjelmat sekä dokumentit ovat ajan tasalla tyyppirakenteella, jää suunnittelutyön osuus vähäiseksi. Tyypikonetta suunnitellessa automaatio-suunnittelijan tehtävänä on tarkistaa, että tyyppiohjelmien HW-konfiguraatio ja I/O ovat sähkökuvien mukaiset, asiakkaalle myydyt mahdolliset optiot ovat valittuna ohjelmista, sekä koneen ohjelmat ovat parametrisoitu oikein asiakkaan tilaamia tarpeita vastaaviksi. Tyypiprojektin tapauksessa harvemmin onkin tarvetta käyttö-, huolto- ja koestusohjeiden muutoksille, eikä usein automaatio-suunnittelun tuki koestuksessa tai käyttöönotossakaan ole tarpeen.

3.3.2 Päivitysprojekti

Jos tyyppirakennetta ei ole syystä tai toisesta päivitetty pitkään aikaan, voidaan tyyppirakennetta joutua päivittämään nykyaikaisemmaksi. Syinä voi olla kompaktiuden ja käytettävyyden tavoittelu, tahto siirtyä käyttämään turvalogiikoita ja -väyliä tai moderneja sähkökäyttöjä turvallisuuden ja tuotannon parantamiseksi, tai syy voi olla myös tyypillä olevien komponenttien uudistuminen, jolloin tyyppirakenteet vanhentuvat. Riippuen päivityksen koosta ja luonteesta koneen mekaniikkaa usein suunnitellaan uusiksi enemmän tai vähemmän. Tätä myötä mahdolliset uudet komponenttivalinnat saattavat vaatia ohjelmointityötä. Komponenttinvaihdon syystä riippumatta täytyy HW-konfiguraatio ja I/O

päivittää, mahdollisesti suorittaa komponenttien parametrisointia, ja ohjelmoida muutokset logiikkaohjelmaan. Vanhoihin logiikkaohjelmiin ladatuissa ohjelmissa ohjelmointi on suoritettu vanhoilla ohjelmointityökaluilla, joten ohjelmat voi joutua migroimaan kokonaan uudemmille ohjelmistoversioille siirryttäessä uusien ohjelmistotyökalujen käyttöön. Jos turvalogiikan käyttöön päätetään siirtyä, täytyy turvaratkaisut luoda ohjelmiin, joissa ei turvaohjelmaa ole ollut aikaisemmin. Käyttöliittymiä voidaan myös päivittää älykkäämpiin malleihin, ja näiden grafiikkoja muuttaa havainnollistavammiksi.

Muutosten myötä saattaa automaatio suunnittelijan tuki koestuksen aikana olla tarpeen. Esimerkiksi tapauksissa, joissa päivitetty komponentti on taajuusmuuttaja tai moottori, ovat testiajot tarpeen uudelleenparametrisoinnissa koestuksen aikana. Myös tuki käyttöönotossa saattaa olla tarpeen, jos esimerkiksi prosessia ei päästä ajamaan koestuksen aikana.

3.3.3 Muunnosprojekti

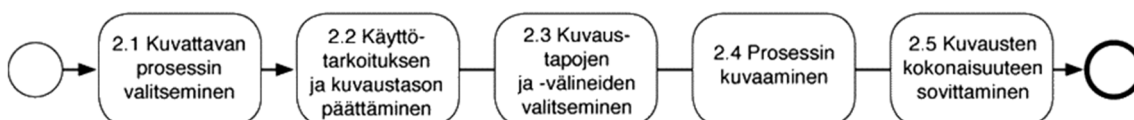
Useimmiten asiakkailta on erilaisia tarpeita, jotka voivat vaatia mekaanisia sekä ohjelmallisia muutoksia tyypikoneeseen jo olemassa olevien optioiden lisäksi. Tämäntyyppisessä tapauksessa kokoonpano tai toiminnallisuus eroaa myös tyypiratkaisusta. Muunnosprojekti on useimmiten työmäärältään hieman suurempi kuin päivitysprojekti. Muunnosprojekti on siis projektityyppi, jossa tyypikoneeseen räätälöidään asiakkaalle uusia toiminnallisuuksia olemassa olevien optioiden lisäksi. Uusien toiminnallisuuksien suunnittelu saattaa olla aikaa vievää, etenkin jos samantyyppistä ratkaisua ei ole aiemmin myyty missään koneessa. Tämäntyyppisten asiakaskohtaisten muutosten seurauksena saattaa myös asiakasdokumenttien päivitys olla tarpeen. Asiakaskohtaiset muutokset jäävät yleensä asiakaskohtaisiksi, eikä niitä päivitetä tyypirakenteeseen, ellei tätä nähdä tarpeelliseksi tuotteen kehityksen kannalta.

3.3.4 Tuotekehitysprojekti

Työllistävimpiä projekteja ovat tuotekehitysprojektit, jotka vaativat paljon suunnittelua ja yhteistyötä muun projektitiimin kanssa. Tuotekehitysprojektien laajuudet saattavat vaihdella paljonkin riippuen siitä, onko kehityksen kohteena olemassa oleva kone vai kokonaan uusi ratkaisu. Jos kone on täysin uusi, joutuu automaatio suunnittelija aloittamaan suunnittelutyön lähestulkoon alusta alkaen. Muissa koneissa saattaa kuitenkin olla vastaavanlaisia laitteita tai toimintoja, joten voidaan niiden ohjelmaa hyödyntää tuomalla osa ohjelmasta tuotekehitysprojektiin, ja räätälöidä siitä uuden sovelluksen mukainen. Tuotekehitysprojekteille on yleistä, että ohjelma viimeistellään koestuksen yhteydessä, jolloin voidaan ohjelman toimivuus todeta. Koestus ja käyttöönotto vaiheissa usein löytyykin kehityskohteita mekaniikasta tai ohjelmasta, jolloin jälkisuunnittelu on tarpeen.

4 Automaatio suunnittelun prosessin kuvaus

Tämän luvun tarkoituksena on kuvata ja mallintaa automaatio suunnittelun prosessi. Ennen prosessin kuvauksen aloittamista täytyy selvittää, miksi prosessi kuvataan ja mihin tarkoitukseen kuvausta käytetään. Prosessikuvauksen täytyy olla tarkoituksenmukainen ja toimintaa hyödyntävä. Prosessin kuvaus alkaa prosessin tunnistamisesta, jonka jälkeen rajataan kuvattava prosessi. Tämä varmistaa, että prosessin alku ja loppu ovat määritetty hyödyllisellä tavalla. Tarkoituksena ei ole rajata prosessia liian löyhästi, jolloin kuvauksesta saattaa muodostua vaikeasti hahmotettava ja hallittava. Kun prosessi on tunnistettu ja rajattu, on päätettävä myös käytettävä kuvaustaso, jonka kuvauksen käyttötarkoitus määrittelee. [27.] Lähtökohtana automaatio suunnittelun prosessin kuvaukselle pidetään yrityksen halua mallintaa organisaation suunnittelu alojen prosessit työkaluksi organisaation yhteiseen käyttöön.



Kuva 17. Prosessin kuvaamisen vaiheet [27].

4.1 Prosessin kuvaamisen hyödyt

Prosessikuvauksesta on useita hyötyjä, ja se on osa prosessin kehittämistä. Prosessikuvaukset ovat yhteisiä työvälineitä koko organisaatiolle. Organisaation johto ja luottamushenkilöt käyttävät prosessikuvauksia johtamisen, ohjauksen, päätöksenteon ja suunnittelun välineenä. Esimiehet käyttävät prosessikuvauksia työn kuormituksen mittaamisessa sekä työnjaon ja vastuiden selkiyttämässä. Prosessikuvausta voidaan käyttää myös uusien työntekijöiden perehdytystarkoitukseen. [27.]

Prosessin vaiheiden ollessa selvillä myös aikataulutusta helpottuu ja muistikapasiteetin kuormitus vähenee, joka puolestaan vähentää stressiä. Lisäksi, kun prosessikuvausten kautta organisaation eri ihmisille selviää tarkemmin, mitä automaatio suunnittelussa tapahtuu, voidaan tällä lisätä keskinäistä arvostusta ja sitoutumista tulosten tekoon. [28.] Sillä suunnitteluprojektit ovat monitahoisia kokonaisuuksia, niin eri suunnittelualojen yhteistyö toimii vain, jos osapuolilla on riittävä käsitys toisensa toimintatavoista. Tehokas ja laadukas suunnittelu verkottuneessa ympäristössä edellyttää, että osapuolilla on täsmällinen ja yhteinen käsitys suunnittelun kulusta. [29, s. 8.]

4.2 Prosessin kuvaaminen

Tämän luvun tarkoituksena on käydä automaatio suunnittelun prosessi vaihe kerrallaan läpi. Yrityksessä yleisen käsityksen mukaan automaatio suunnittelu alkaa mekaniikka- ja sähkösuunnittelun päättymisestä, ja loppuu siihen, kun ohjelmat sekä dokumentit on tallennettu Atoniin testausta varten. Tämä on kuitenkin vain automaatio suunnittelun pääsuunnitteluvaihe, sillä automaatio suunnittelu on usein myös osallisena muun projektitiimin, koestuksen, käyttöönoton sekä asiakkaan tukena aina takuuajan loppuun saakka, ja tämä tahdotaan tuoda tarkemmin tässä luvussa esille. On vaikea määrittellä, mistä automaatio suunnittelun prosessi alkaa, mutta sen voidaan katsoa alkavan siitä, kun projektitiimi tarvitsee automaatio suunnittelun tukea ensimmäistä kertaa projektissa, ja lopuvan projektin tuotteiden takuuajan päättymiseen. Koska prosessikuvaus on tarkoitettu pääosin uuden suunnittelijan perehdyttämiseen, mutta myös koko organisaation käyttöön, on kuvaus päätetty kuvata tasolla, jolla kuvataan automaatio suunnittelutoiminnan työvaiheet, toiminnot sekä näihin liittyvät sidosryhmät.

4.2.1 Tuki projektin suunnittelussa

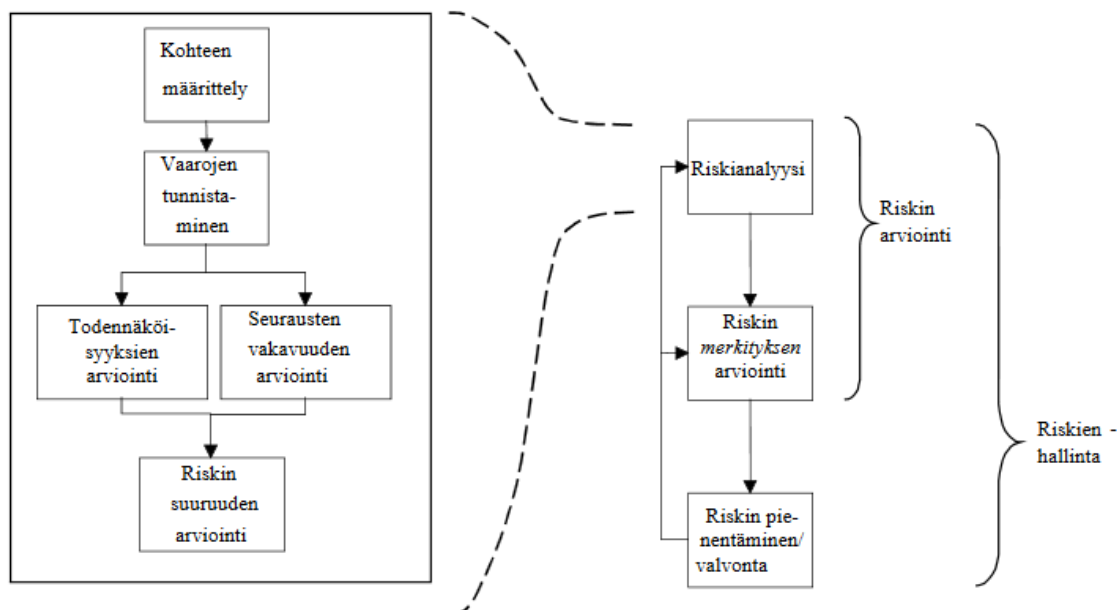
Automaatiosuunnittelu toimii projektin suunnittelun tukena esimerkiksi projektin hyväksyntäkriteerien saavutettavuuden arvioinnissa. Projektin riskien hallinta kuuluu projektin johdolle, mutta automaatiosuunnittelu tukee projektin johtoa aikataulutuksessa ja resursoinnissa automaatiosuunnitteluun liittyvissä asioissa. Kiireellisissä tapauksissa, joissa osien tilaustarve on pitkien toimitusaikojen vuoksi jo ennen aloitustapaamista, automaatiosuunnittelun tukea saatetaan tarvita myös komponenttivalintoja tehdessä. Ensisijaisesti projektin suunnittelua tukevat suunnittelupäälliköt tai johtavat suunnittelijat.

4.2.2 Aloitustapaaminen

Aloitustapaaminen eli kick-off meeting on palaveri, jonka tarkoituksena on käydä läpi projektisuunnitelma, projektin tavoitteet ja tekniset spesifikaatiot sekä alustavasti päättää yhteistyössä koko projektiryhmän kanssa aikataulusta, rooleista ja kommunikoinnista projektin aikana. Aloitustapaaminen on yksi projektin merkittävimmistä porteista, johon projektipäällikkö kutsuu vähintään edustajat projektin suunnittelun jokaiselta osa-alueelta. Projektiin nimetyn automaatiosuunnittelijan osuus projektissa alkaa useimmiten vasta aloitustapaamisesta. Kokousmuistio tapaamisesta talletetaan projektiportaaliin.

4.2.3 Riskien arviointi

Koneen riskien arviointi päätetään tehdä, jos suunniteltavaan koneeseen aiotaan tehdä turvallisuuteen vaikuttavia muutoksia, tai riskien arviointia ei ole vielä tehty. Riskien arviointi pyritään pitämään pian aloitustapaamisen jälkeen, sillä riskien arvioinnin tulee olla tehtynä ennen suunnittelun aloittamista. On tärkeää, että riskien arviointiin osallistuu vähintään edustajat jokaiselta suunnittelualalta. Riskienarviointi on yksi tärkeimmistä istunnoista, joissa automaatiosuunnittelu on osallisena. Sillä riskien pienentäminen ja valvonta ovat toimenpiteitä, joilla pienennetään vaaratilanteen esiintymistodennäköisyyttä tai rajoitetaan vaaratilanteesta aiheutuvien seurausten suuruutta [21]. Nämä toimenpiteet usein toteutetaan usein osittain turva-automaation avulla, ja turva-automaatiosovelluksista automaatiosuunnittelulla on soveltuvin tietämys ohjelmistoteknisissä asioissa. Riskienarvioinnin tulokset dokumentoidaan Atoniin.



Kuva 18. Riskin arvioinnin sisältö [21].

Konedirektiivi edellyttää suunnittelijaa varmistamaan koneen turvallisuuden kaikissa sen elinkaaren vaiheissa. Vaikka täysimittaista riskien arviointia ei uusita kovin usein, on uudelleenarviointi tarpeen erilaisten muutostilanteiden yhteydessä tai suunnittelun aikana tunnistettujen uusien riskien kohdalla.

4.2.4 Esisuunnittelu

Projektin tavoitteiden ja riskienarvioinnin tulosten ollessa selvillä alkaa varsinainen suunnittelutyö. Koneiden suunnittelu alkaa mekaniikka- ja sähkösuunnittelusta. Mekaniikka-suunnittelija suunnittelee koneen prosessin kannalta toimivan kokoonpanon, johon pohjautuen sähkösuunnittelija suunnittelee kaapeloinnin sekä sähkökeskukseen komponentit. Mekaniikka- ja sähkösuunnittelijoiden valitessa väylä- tai signaalinsiirtoratkaisuja, ohjaus-, toimi- ja mittalaitteita sekä sähkömoottorikäyttöjä, saattavat he osavaliintoja tehdessä tarvita myös automaatio suunnittelun tukea mahdollisten yhteensopivuusongelmien ehkäisemiseksi ja komponenttivalintojen vaikutuksen selvittämiseksi ohjelmistoteknisissä asioissa.

Kun kone on mekaanisesti suunniteltu ja dokumentaatio tämän suunnittelun tuloksista on saatavilla, alkaa automaattisuunnittelun pääsuunnitteluvaihe projektissa. Automaattisuunnittelun pääsuunnitteluvaiheeseen kuuluu muun muassa teknisten dokumenttien pohjalta suunnittelun lähtötietojen selvitystyötä, PLC- ja käyttöliittymäsuunnittelua, ohjelmointia, konfigurointia, parametrisointia ja dokumentointia. Tämä työvaihe sijoittuu aikavälille osaluettelon valmistumisesta tuotteen koestukseen saakka. Käytäntönä on, että automaattisuunnittelijalle projektiportaaliin avatun työtehtävän on oltava kuitattuna ja suunnittelutyön tulosten dokumentoituna Atoniin viimeistään viikkoa ennen koestuksen suunniteltua alkamispäivää. Tämän aikavälin pituus, jolle suunnittelutyö ajoittuu, on usein moninkertainen työtehtävälle resursoituihin tunteihin verrattuna. Suunnittelijalla saattaa kuitenkin olla useita työtehtäviä samanaikaisesti auki projektiportaalissa, joten suunnittelijan tulee itse aikatauluttaa hänelle nimetyt dokumentointi- ja suunnittelutyöt.

Suunnittelun alussa projektin lähtötiedot ja vaatimukset edustavat koneiden käyttäjien ja asiakkaan näkökulmaa eli ongelma-avaruutta. Periaatteessa oikea lähestymistapa on analysoida ensin vaatimukset perusteellisesti määrittellä sen jälkeen järjestelmän toiminta toteutusriippumattomasti ja siirtyä toteutukseen vasta myöhemmässä vaiheessa. Tämä ei kuitenkaan ole kovin tehokasta, sillä projektien aikataulut ovat tiukkoja ja sovelusalueet tuttuja sekä tarjolla on hyvin samantyyppisiä ratkaisuja tyyppirakenneideologian vuoksi. Lähtökohtia selvitetessä onkin siis etsittävä tasapaino räätälöinnin ja valmiiden ratkaisumallien tai tuotteiden välillä. [29, s. 20.]

Ennen laitteistokonfigurointia ja suunnittelun aloittamista automaattisuunnittelun on kerättävä lähtötietoja suunnittelua varten tuotetietojen hallintatyökalujen avulla sekä tarvittaessa olemalla yhteydessä muihin suunnittelualueisiin, tuotehallintaan tai projektihallintaan. Projektiportaalista automaattisuunnittelu löytää projektin tekniset spesifikaatiot, aikataulun sekä projektitiimin jäsenet. Kytkentä- ja PI-kaaviot automaattisuunnitteluun saadaan Atonista, jonne mekaniikka- ja sähkösuunnittelu on ne tallentanut. Näiden teknisten dokumenttien pohjalta luodaan HW-konfigurointi sekä I/O:n määrittely. Kaapeliliinjojen tapauksissa koneiden ohjelmien varmuuskopiot löytyvät RoData-verkkolevyiltä niiden koneiden osalta, joiden suunnittelun on hoitanut Rosendahl-liiketoimintayksikkö. Näiden tietojen pohjalta voidaan varsinainen perussuunnitteluvaihe aloittaa.

Automaatiosuunnittelun sisäinen aloituspalaveri on hiljattain yrityksessä käyttöön otettu käytäntö. Palaverin kutsuu kokoon johtava suunnittelija, jonka tuotealueeseen palaverissa läpikäytävä koneen tai koneiden suunnittelu kuuluu. Palaveriin kutsutaan kaikki automaatiosuunnittelijat, jotka projektiin ovat osallisena. Kutsun saa myös sähkösuunnittelija esittelemään sähkösuunnittelun tuotoksia, joita voidaan yhdessä käydä läpi myös automaatiosuunnittelun näkökulmasta. Automaatiosuunnittelun sisäinen aloituspalaveri pidetään sähkösuunnittelun dokumentoinnin valmistuttua, mutta kuitenkin ennen automaatiosuunnittelun aloitusta. Kokousmuistio tapaamisesta talletetaan Microsoft Teams -ryhmätyöskentelyvälineelle.

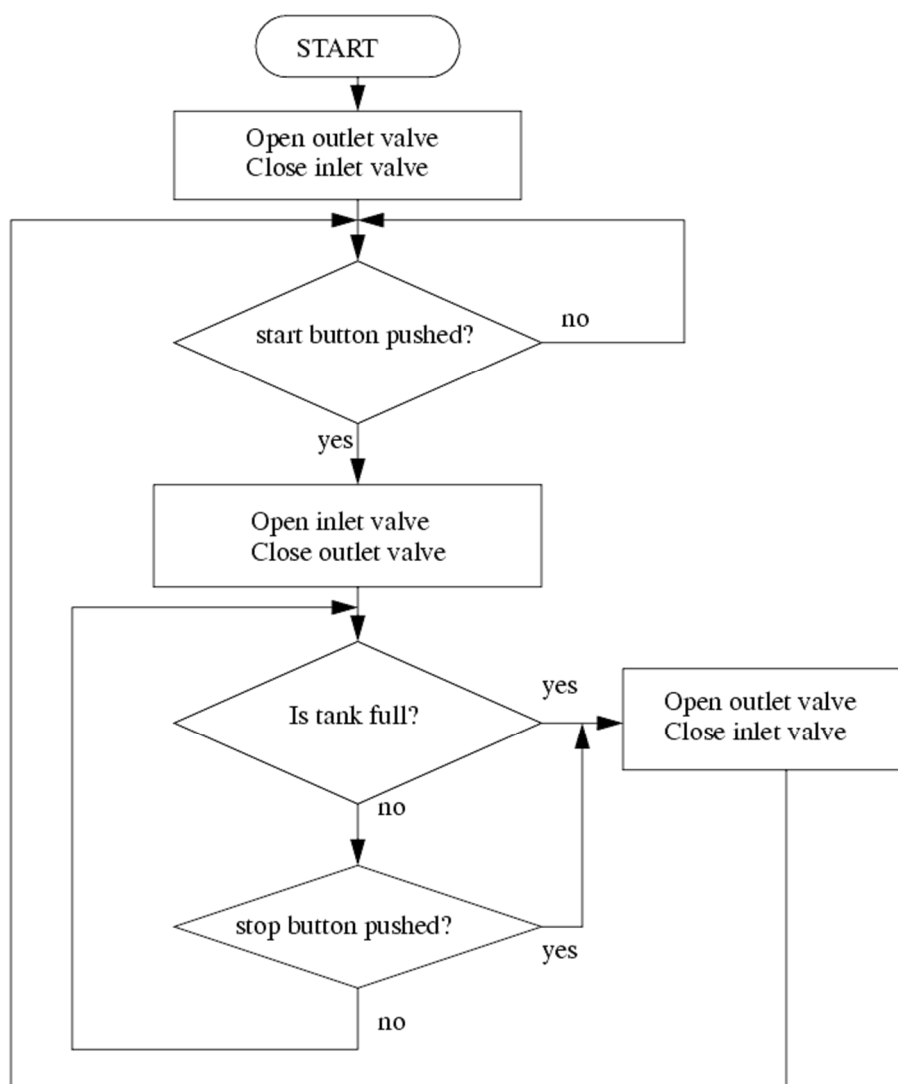
4.2.5 Suunnittelu- ja toteutusvaihe

HW-Konfigurointi, eli laitteistokonfigurointi tarkoittaa laitteiden ohjelmien ennalta määrittämistä sellaiseen tilaan, että automaatoratkaisujen lataaminen automaatiojärjestelmään sekä laitteiden välinen kommunikointi on mahdollista. Automaatiosuunnittelija selvittää fyysisen kokoonpanon piirikaavioiden sekä osaluettelon avulla, ja mahdollisesti on yhteydessä mekaniikka- ja sähkösuunnitteluun laitteistovalintoihin liittyvissä kysymyksissä. Automaatiosuunnittelija määrittelee automaatio-ohjelmiin suunnittelutyökalujen avulla laitteiden kokoonpanon, väylät, ja verkkotopologian eli tavan, jolla laitteet on kytketty toisiinsa. Tulo- ja lähtökomponenttien signaalit määritellään, eli suoritetaan I/O-liitynnän määrittely sähkökuvien mukaiseksi.

Automaatiosuunnittelijan on toiminnankuvauksia tulkitsemalla selvitettävä, mitä tietoja ja komentoja koneen täytyy kerätä ja lähettää muille koneille. Tämän selvityksen pohjalta voidaan määritellä koneiden välisen tiedonsiirron rajapinnat ja niiden sisältö. Osaan tyyppikoneista on olemassa ennalta määritellyt kommunikointirajapintojen kuvaukset, jotka on dokumentoitu Atoniin.

Automaatiosuunnittelun olennaisin osa on logiikkaohjelmien luominen eli PLC-ohjelmointi. Ohjelmoinnilla tarkoitetaan ohjelman kirjoittamista erityisesti tähän tarkoitetuilla ohjelmilla, joka siirretään laitteen muistiin sen suorittimelle, eli prosessorille suoritettavaksi. PLC:n ohjelmakierto toimii siten, että ensimmäiseksi logiikka tarkistaa logiikan tilan ja alustukset. Tämän jälkeen se lukee tulot ja suorittaa ohjelmat, ja lopuksi kirjoittaa

lähdöt. [30.] Tuotehallinnan ja prosessisuunnittelun tuottamista tuotekuvauksta ja operointiohjeista automaattisuunnittelu saa selville, kuinka prosessia tai konetta tulee ohjata, eli miten koneen tulee toimia. Kaksi yleistä tapaa on lähteä yksityiskohtaisesti sanoilla avaamaan prosessin tai laitteen toimintaa tai luoda vuokaavio. Vuokaavio esittää graafisesti ja askelmaisesti ratkaisun ohjelman luomiseen. Kun on selvää, mitä tietoja I/O:n ja kenttäväylän kautta kulkee koneiden välillä, sekä kuinka koneen halutaan toimivan, voidaan aloittaa varsinainen ohjelmointityö.

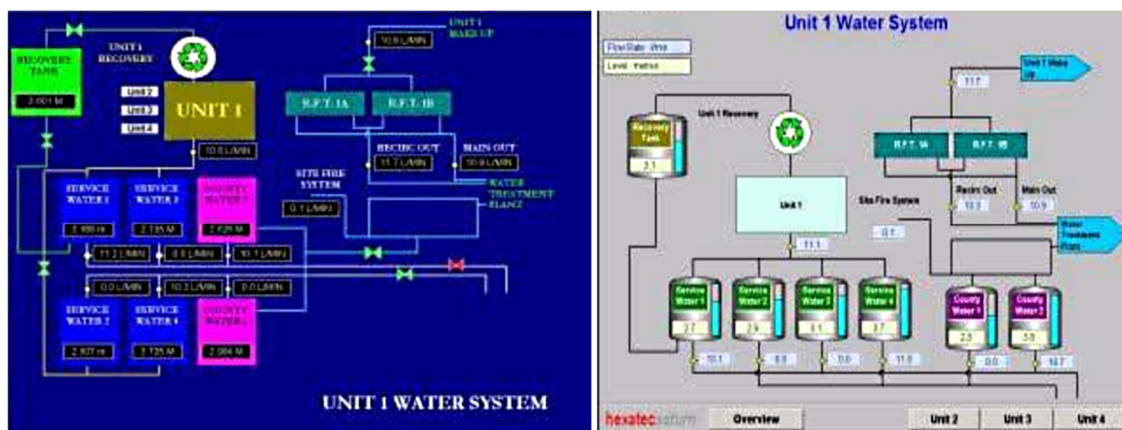


Kuva 19. Vuokaavio säiliön täyttymisprosessista [31].

Kun ratkaisu on hahmotettu, voidaan se kirjoittaa ohjelman muotoon parhaaksi nähdyllä ohjelmointikielillä sovelluksen toteuttamiseksi. Ohjelmien ymmärrettävyyden ja yhdenmukaistamisen vuoksi yrityksen sisäisesti on luotu ohjelmointiohjeita, jotka määrittelevät ohjelmaprojektien asetukset, ohjelmarakenteen, osoitteet, muuttujien ja lohkojen nimeämisen. Koska ohjelmoinnissa tietyt asiat toistuvat, yrityksellä on myös oma ohjelmakirjasto, joka sisältää valmiita funktiolohkoja, kuten skaalaus-, suodatus-, hälytys-, säätö-, kuittaus- sekä datatyypimuunnoslohkoja. Ohjelmointiohjeet ja ohjelmakirjastot ovat tallennettuna Microsoft Teams -ryhmätyöskentelyvälineelle, josta ne ovat automaatio suunnittelijan saatavilla.

Taajuusmuuttajat toimitetaan vakioparametreilla eli tehdasasetuksilla, joiden tarkoituksena on yksinkertaistaa laitteen käynnistysmenettelyä. Parametrit ovat taajuusmuuttajien toimintaan liittyviä muuttujia, joita säätämällä voidaan taajuusmuuttaja mukauttaa tietyn moottorin ja ajettavan koneen vaatimuksiin. Muutamia yleisimpiä säädettäviä parametreja ovat esimerkiksi nopeusohjeet ja rajoitukset, ylös ja alas ramppien ajat, säätimien arvot, suodattimien arvot sekä turvaohjelman parametrit. Taajuusmuuttajan parametreja voidaan vastaanottaa ja lähettää väylän sekä fyysisten I/O-komponenttien kautta myös muille laitteille käytettäväksi ja ohjattavaksi. Parametreja voidaan myös yhdistää valinnaisiin ohjelman mahdollisiin lisäosiin, joilla voidaan suorittaa erillinen taajuusmuuttajan ohjelman sisäinen logiikka ja laskenta. Taajuusmuuttajia parametrisoitaessa ja ohjelmoitaessa automaatio suunnittelu käyttää koneen teknisiä spesifikaatioita, tuotekuvauksia sekä operointiohjeita. Tyyppikoneiden parametrisoinnissa, on taajuusmuuttajille haettu testiajojen myötä vakioparametrit.

Automaatioteollisuudessa rajapinta koneiden ja operaattorin välillä on yleensä HMI. Sillä on merkittävä rooli käyttäjäystävällisen visuaalisen ympäristön luomisessa käyttäjän ja teknologian välille. HMI:tä voidaan pitää ikkunana automaatiojärjestelmän ohjaukseen. HMI-suunnittelun kaksi tärkeintä tekijää ovat, että näytön on kyettävä pitämään operaattorin huomio mahdollisimman selkeällä tavalla, ja suunnittelun täytyy mahdollistaa koneen operointi kouluttamattomia tai vähemmän kokeneita henkilöitä varten. Onnistuneessa HMI-suunnittelussa on otettava huomioon näytön asettelu, värimaailma, grafiikat ja kuvat, tekstit, datan esittäminen, hälytys- ja tapahtumatiedot, sivujen navigointi ja hierarkia, koneen ohjaus sekä käyttöoikeuksien rajoitukset. [32.]



Kuva 20. Esimerkki huonoista (vas.) ja hyvistä (oik.) värivalinnoista käyttöliittymässä [32, s. 6].

Yrityksellä on yleisten käyttöliittymäsuunnittelun periaatteiden lisäksi muutama ohjeistus käyttöliittymäsuunnittelussa asettelu, värimaailman, grafiikoiden sekä hälytysten osalta. Verkkolevyille on tallennettu yleisimpiä paneeleissa käytettyjä grafiikoita. Tällä pyritään pitämään samantyyppisten ja samassa linjassa olevien koneiden käyttöliittymät yhtenäisinä. Automaatiosuunnittelija saa tuotekuvauksia tulkitsemalla selville, kuinka käyttöliittymän tulee toimia. Käyttöliittymää suunniteltaessa on automaatiosuunnittelijan myös otettava tuotehallinan ja prosessisuunnittelun näkökulmat mukaan käyttöliittymän ulkoasua sekä asettelua suunniteltaessa.

Ohjelmat voidaan kääntää automaatio-ohjelmistojen sisältämän kääntäjän avulla. Kääntäjä tarkistaa ohjelman syntaksin varmistaakseen, että ohjelmointikieltä on käytetty oikein, ja kääntää ohjelman logiikalle ymmärrettävään muotoon. Jos syntaksivirheitä ilmenee, kääntäjä ilmoittaa käyttäjää kaikista virheistä erillisillä sanomilla. [31.] Ohjelmia on myös mahdollista simuloida. Simuloinnilla tarkoitetaan todellisuuden jäljittelyä, eli ohjelmien toimivuus voidaan testata osittain simuloimalla logiikkaohjelmaa. SIMATIC STEP 7 -ohjelmisto sisältää PLC-simulaattorin, joka simuloimalla fyysistä ohjelmoitavaa logiikkaa mahdollistaa muuttujien reaaliarvojen seuraamisen online-tilassa, josta ohjelman toimintaa pääsee seuraamaan. Simulointi on usein tarpeellista vain suurempien muutosten tai uusien funktioiden luomisen jälkeen. Yleensä simuloinnin avulla tullaan huomaamaan mahdolliset muutostarpeet ohjelmassa, jotka voidaan korjata ennen koestuksen alkua.

Kun automaatio-ohjelmat ovat valmiita testattavaksi, automaatio-suunnittelija luo konekohtaiset dokumenttikortit Atoniin ja vie korteille tarvittavat ohjelmat, parametrit sekä lisenssit koestusta varten. Suunnittelutyö sisältää myös automaation osalta koestusohjeiden ja raportin sekä käyttöohjeiden tarkastamisen ja tarvittaessa näiden dokumenttien päivittämisen tai laatimisen. Nämä tallennetaan myös Atoniin koestusta sekä asiakasdokumentointia varten.

Suunnittelutyötä tehdessä saattaa automaatio-suunnittelija saada kehitysideoita tuotteen tai suunnitteluprosessin parantamiseksi. Kaikki suunnitteluvaiheessa ilmenneet kehitysideat tuotteen sekä suunnitteluprosessin parantamiseksi täytyy tuoda ilmi. Ilmenneitä kehitysideoita varten on yrityksen verkkolevyillä eri aihealueiden kehitysideoita varten omat määritellyt tiedostosijainnit, jotta kaikki kehitysideat tullessaan käsitellyiksi. Kun suunnittelutyö on saatu päätökseen ja dokumentaatio siitä valmis, automaatio-suunnittelija kuittaa suunnittelutehtävänsä projektiportaalissa suoritetuiksi informoidakseen muuta projektitiimiä asiasta.

4.2.6 Toiminnan testaus

Koestuksen tarkoituksena on tarkistaa koneen toimivuus ja varmistaa, että laite on säännösten mukainen ja turvallinen. Jos koneen tyyppirakenne on aiemmin jo testattu toimivaksi, koestusohjeet ovat ajan tasalla ja testaustiimistä löytyy koneen koestamaan kykenevä henkilö, niin testaustiimi koestaa koneen suunnittelun tuottamien koestusohjeiden mukaisesti. Koneen koestanut henkilö täyttää testausraportin sekä revisioi Atoniin alkuperäiset dokumenttikortit, jolle hän vie testatun koneen ohjelmat käyttöönottoa varten ja toimittaa koestuksen dokumentaation sähkösuunnitteluun.

Usein kuitenkin koneista ei ole tarkkoja koestusohjeita, ohjelmointityö viimeistellään koestuksen yhteydessä, tai koestuksen aikana saattaa ilmetä kehitysideoita, jotka päätetään toteuttaa koneeseen jo koestusvaiheessa. Kone ei myöskään välttämättä toimi suunnitellusti tai koneeseen on myyty asiakasspesifisiä muutoksia, jotka vaativat parametrisointia tai konfigurointia. Tällaisissa tapauksissa suunnittelija toimii koestajan tukena tai mahdollisesti koestaa itse koneen sekä tarvittaessa tekee muutokset ohjelmiin ja päivittää koestusohjeet testauksen aikana.

Mahdolliset muutokset tai korjaustoimenpiteet, jotka on tehty sähkökokoontamiseen koestuksen aikana, korjataan sähkösuunnittelulle toimitettavaan tekniseen dokumentaatioon. Tämän toimenpiteen avulla varmistetaan, että tietokantaan konekortille tallennettu tekninen dokumentaatio vastaa koneen testauksen jälkeistä fyysistä kokoonpanoa. Myös tieto tuotehallintaan koestuksen jälkeisistä muutoksista on tärkeää, jos muutokset tahdotaan päivittää myös tuoterakenteelle.

Kaapelilinjojen tapauksissa on automaatio suunnittelun vastuulla testattujen koneiden ohjelmien varmuuskopioiden tallentaminen RoData-verkkolevylle niiden linjojen osalta, jotka on suunniteltu yhteistyössä Rosendahl-liiketoimintayksikön kanssa.

Konekokonaisuudet, kuten kuidunvetotornit tai kaapelilinjat, sisältävät linjaohjausyksikön. Tällaisissa tapauksissa linjaan kuuluvien koneiden koestusten jälkeen, voidaan koneiden ja linjaohjausyksikön välinen kommunikointi testata simuloimalla. Linjakommunikointitestaus aloitetaan yleensä koneiden koestuksen jälkeen ja sen täytyy olla testattuna ennen ohjelmistokäyttöön ottoa. Tämän testauksen hoitaa automaatio suunnittelija, jolle on osoitettu linjaohjauksen suunnittelutyö. Näin tarvittavat muutokset saadaan korjattua ennen käyttöön ottoa, mikäli muutostarpeita ilmenee. Kaapelilinjojen tapauksissa, joissa linja sisältää Rosendahl-liiketoimintayksikön suunnitteleamia koneita, talletetaan näistä linjaohjauskommunikoinnin testauksen jälkeiset varmuuskopiot ohjelmista myös RoData-verkkolevylle.

4.2.7 Käyttöön otto

Ennen käyttöön ottoa projektipäällikkö järjestää käyttöön oton aloituskokouksen, jonka agendana on käydä läpi käyttöön otto suunnitelma, sekä alustavasti päättää yhteistyössä koko ryhmän kanssa aikataulusta, rooleista ja kommunikoinnista käyttöön oton aikana. Kokouksessa varmistetaan, että käyttöön ottoa varten koneiden ohjelmat sekä tekniset dokumentaatiot ovat valmiina. Käyttöön oton aloituskokouksessa voidaan esimerkiksi päättää, nähdäänkö automaatio suunnittelijan osallistumista käyttöön ottoon tarpeellisenä.

Käyttöönotto on laaja kokonaisuus, johon mahdollisesti osallistuu useita työntekijöitä eri osa-alueilta organisaatiosta, riippuen käyttöönoton laajuudesta. Käyttöönotossa asennetut ja linjatut koneet ohjelmisto- ja prosessi testataan varmistaakseen, toimiiko kone suunnittelutavoitteiden ja spesifikaatioiden mukaisesti. Koneen tehdaskommunikoinnin rajapinnat usein käydään asiakkaan läpi ennen käyttöönottoa, mutta integrointi asiakkaan tehdasjärjestelmään ja kommunikoinnin suunniteltu toimivuus täytyy todeta käyttöönoton aikana. Lopullinen turva-automaatio-ohjelman kelpuutus suoritetaan myös silloin, kun kone otetaan käyttöön. Kelpuutuksella osoitetaan turva-automaation täyttävän sille määritellyt vaatimukset.

Useimpien käyttöönottojen kohdalla tarvitaan automaatio-suunnittelijan läsnäoloa, sillä automaatio-suunnittelu vastaa ohjelmistokäyttöönotosta ja etenkin laajojen koneiden tai konekokonaisuuksien käyttöönotot jaetaan usein ohjelmisto- sekä prosessikäyttöönottoon. Prosessikäyttöönottokin voi vaatia automaatio-suunnittelijan läsnäoloa, erityisesti ensimmäisten prosessiajojen aikana koneen ohjelmaan toivottujen muutosten vuoksi prosessin parantamiseksi. Myös asiakkaat esittävät usein muutostoiveita käyttöönoton aikana koneen toimintaan. Usein pienet muutokset voidaan tehdä asiakkaalle, mutta suuremmat muutostoiveet menevät projektipäällikön kautta. Jos automaatio-suunnittelija ei osallistu käyttöönottoon, on kuitenkin automaatio-suunnittelun oltava valmiina antamaan tukea käyttöönottajalle.

Käyttöönoton aikana suoritettavat mahdolliset mekaniikka- tai sähkökokoospanon muutokset tai korjaustoimenpiteet korjataan tekniseen dokumentaatioon ja toimitetaan korjatut versiot mekaniikka- ja sähkösuunnitteluun. Tämän toimenpiteen avulla varmistetaan, että tietokantaan konekortille tallennettu tekninen dokumentaatio vastaa myös käyttöönoton jälkeistä fyysistä kokoonpanoa. Lisäksi käyttöönoton aikana päivitetään koneiden käyttöohjeet. Käyttöönoton jälkeiset ohjelmat, turva-automaatio-ohjelman kelpuutusdokumentti sekä käyttöohjeet viedään Atoniin dokumenttikorttien seuraaville revisioille käyttöönoton jälkeen. Tuotehallintaan menevä tieto käyttöönoton jälkeisistä muutoksista on myös tärkeää, jos muutokset tahdotaan päivittää myös tuoterakenteelle. Kaapelilinjojen käyttöönoton jälkeen on automaatio-suunnittelun vastuulla testattujen koneiden ohjelmien varmuuskopioiden tallentaminen RoData-verkkolevylle niiden koneiden osalta, jotka on suunnitellut Rosendahl-liiketoimintayksikkö.

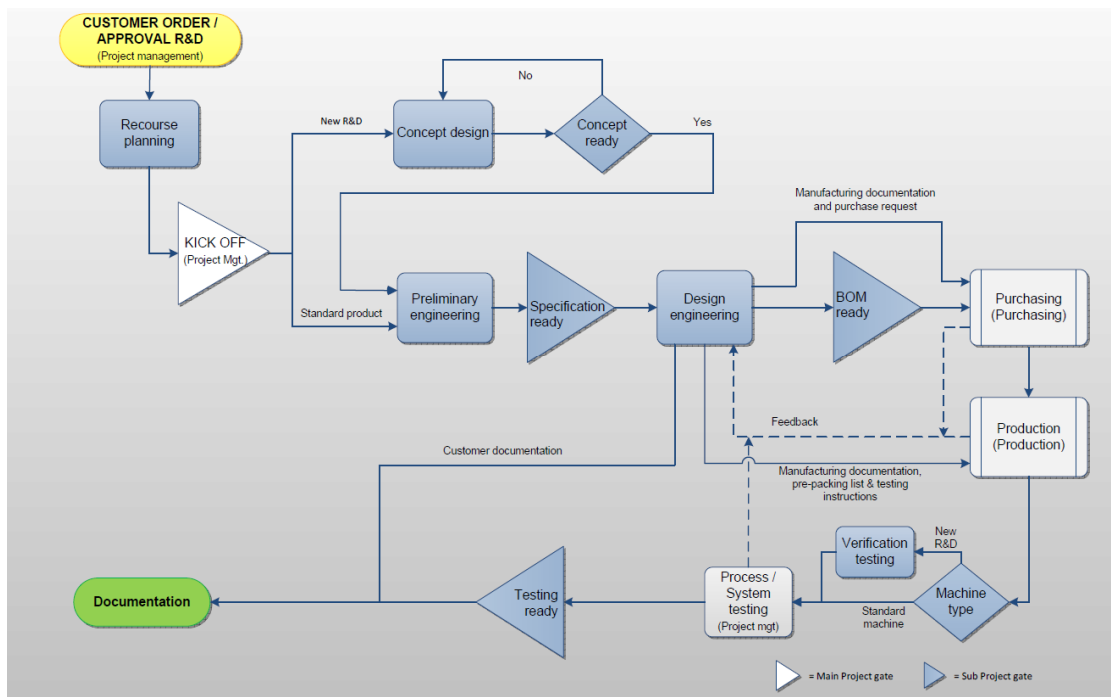
4.2.8 Takuuajan tuki

Koneen hyväksynnän jälkeen saattaa asiakas havaita puutteita ohjelman toimivuudessa tai ohjelmointivirheistä aiheutuvia ongelmia, joita ei koestuksen tai käyttöönoton aikana olla havaittu. Takuuajan puitteissa täytyy ongelma ratkaista. Koneisiin asennettavat teolliset VPN-reitittimet mahdollistavat etäyhteyden Internetin kautta koneille ja ohjauslaitteille, joten automaattiosuunnittelija voi yrittää ratkaista asiaa etänä. Jos ongelma ei kuitenkaan ratkea, täytyy automaattiosuunnittelijan mahdollisesti käydä asiakkaan luona ratkaisemassa ongelma. Näiden asiakaskäyntien aikana asiakas saattaa myös esittää erilaisia kehitystoiveita ohjelmaan, joita he ovat havainneet koneen käytön myötä. Kuten käyttöönotossakin, pienimuotoisia kehitystöitä saatetaan myös asiakkaalle tehdä asiakastytyväisyyden takaamiseksi.

4.3 Prosessikaavio

Prosessikaavion ollessa saatavilla uusia työntekijöitä varten perehdyttämiseen kuluu vähemmän aikaa ja henkilökapasiteettia. Kun prosessia on mahdollista tarkastella kokonaisuutena, on prosessista helpompi löytää kohtia, joita voidaan mahdollisesti tehostaa karsimalla turhia vaiheita. Kun prosessia on tarvetta muuttaa, tarkka prosessikaavio vähentää muutosvastarintaa tekijöissä, kun kaaviosta voidaan osoittaa suoraan ne asiat, joihin muutoksilla on vaikutusta. [27.]

Nykyinen prosessikaavio suunnittelusta ei ole riittävän tarkka. Se kuvaa yleisesti koko suunnittelua, eikä siitä erota automaattiosuunnittelua omaksi prosessiksi tai sidosryhmiä prosessin eri vaiheissa. Prosessikaavion puuttuminen on ollut ongelma, sillä etenkin uusien työntekijöiden on ollut vaikea hahmottaa, mitä kaikkea automaattiosuunnittelijan työ yrityksessä sisältää, missä vaiheessa kuuluisi saada informaatiota miltäkin sidosryhmältä ja milloin sitä kuuluisi itse välittää.



Kuva 21. Tämänhetkinen suunnittelun prosessikaavio, josta ei erota automaatio-suunnittelua.

Automaatio-suunnittelun prosessin kuvauksen pohjalta prosessi on mallinnettu vuokaaviolla, jonka tarkoituksena on kuvata prosessin toiminnot graafisesti. Kaaviossa toiminnot, tietovirrat ja tuotteet on kuvattu sovitulla yrityksen hyväksymillä symboleilla. Prosessikaavio auttaa ymmärtämään toimintojen järjestystä ja niiden välisiä riippuvuuksia. Prosessikaavio on oltava sen mukainen, mitä käyttötarkoitusta varten se tehdään. Esimerkiksi uuden työntekijän perehdyttämiseen kaavio tarkkuuden on oltava yksityiskohtaisempi kuin johdon tarpeisiin kuvattavassa prosessissa. [27.]

Koska prosessikaavio tehdään koko organisaation, mutta etenkin uuden automaatio-suunnittelijan käytettäväksi, kaavio tahdottiin pitää mahdollisimman yksityiskohtaisena, mutta silti selkeänä. Lisäksi prosessikaavio laadassa on sarake kaaviota tarkentavia lisätietoja varten. Kaaviossa kuvataan sidosryhmät, jotka saavat tai joista saadaan tietoa, mutta eivät ole suorittavina osapuolina. Lisäksi kuvataan tietojärjestelmät, jotka osallistuvat projektin toteutukseen. Uudella yksityiskohtaisemmalla prosessikaaviolla on tarkoituksena saavuttaa luvussa 5.1 lueteltuja hyötyjä organisaatiolle ja sen jäsenille. Uusi prosessikaavio on liitteenä 1.

5 Prosessin ongelmakohdat ja ratkaisut

Yksi työn tavoitteista oli prosessin kuvaamisen lisäksi etsiä ja parantaa automaatio-suunnittelun prosessin kuvauksen pohjalta havaittuja epäkohtia, joiden kautta myös automaatio-suunnittelun toimintaa pyrittiin kehittämään. Tämän luvun tarkoituksena on kuvatus prosessin pohjalta havaittujen epäkohtien analysointi ja kehitysideoiden etsiminen näiden ratkaisemiseksi.

Prosessin kehittämiseen on useita syitä. Yleensä prosessin kehittämällä tavoitellaan toiminnan tehostamista, laadun tai palvelutason parantamista, ongelmatilanteiden hallintaa sekä kustannussäästöjen aikaansaamista. Useimmiten prosessia pyritään kehittämään uudella keskittämällä, päällekkäisten työvaiheiden poistamisella tai rinnakkaisvaiheiden lisäämisellä läpimenoajan nopeuttamiseksi. Kehittäminen lähtee usein liikkeelle ongelmasta, johon haetaan ratkaisua. Kehittämishankkeet voivat laajimmillaan käsitellä esimerkiksi uusien menetelmien käyttöönottoa, mutta usein muutoksen kohteena on vain jokin prosessin osa-alue, jota tahdotaan parantaa. Prosessin luonne tulee tunnistaa, eikä yhdellä kertaa kannata muuttaa liian montaa asiaa. Muutosten läpiviemiseen varataan riittävästi aikaa ja resursseja, sekä niille tulee olla hyvät perusteet. [27.]

5.1 Suunnittelutyön valmiusasteen seuranta

Yleinen ongelma automaatio-suunnittelussa on ollut automaatio-ohjelmien valmiusasteen tietoon saattaminen automaatio-suunnittelun- ja projektinjohdolle. Projektiportaalista ei näe ohjelmointityön etenemisestä muuta kuin sen, milloin työ on kuitattu suoritetuksi. Tällä hetkellä ei ole muuta keinoa selvittää ohjelmien valmiusastetta kuin kysyä sitä suoraan suunnittelijalta. Tyyppiprojektien tapauksessa ei yleensä ole tarvetta valmiusasteen seurannalle, mutta laajempien projektien kohdalla on ohjelmien valmiusasteen seuranta tarpeen projektinhallinnan sekä suunnittelun johtamisen kannalta.

Automaatio-ohjelmien valmiusastetta on vaikea mitata suunnittelutöiden erilaisuuden vuoksi, mutta valmistumisen seuranta voitaisiin tehostaa jakamalla ohjelmien suunnittelutyöt eri osa-alueisiin, ja näiden eri osa-alueiden valmiusasteen pohjalta laskea koko suunnittelutyön valmiusaste. Suunnittelutöiden sisällöt voivat vaihdella hyvinkin paljon suunniteltavan kohteen mukaan. Suunnittelijan täytyisi itse jakaa työnsä osa-alueisiin, joita tietää suunnittelutyönsä sisältävän, ja kokemuksensa sekä tietojensa perusteella arvioimaan jokaisen osa-alueen työmäärän suhteessa koko suunnittelutyöhön, jotta koko suunnittelutyön todellinen valmiusaste pysytään määrittelemään luotettavammin.

Vesiputousmalli on ehkä perinteisin ja jäykin ohjelmistojen suunnittelustrategia. Sen ideana on, että tietyllä hetkellä keskitytään ainoastaan yhteen prosessivaiheeseen kerrallaan. Tämä mahdollistaa ohjelmointisuunnitteluprosessin pilkkomisen useaan eri vaiheeseen havainnollistavalla tavalla, jolloin voidaan arvioida jokaisen prosessivaiheen valmiusastetta yksilöllisesti. [33.]

Vesiputousmallia hyödyntäen ohjelmien suunnittelutyö voitaisiin jakaa selvästi viiteen päävaiheeseen. Vaatimusten määrittelyyn, suunnitteluun, toteutukseen, testaukseen ja käyttöönottoon. Tämä ei kuitenkaan ole tehokkain tapa paloittaa suunnittelutyötä yrityksessä, sillä usein ohjelmien suunnittelu ja toteutus tapahtuvat rinnakkain ohjelmointityön edetessä, ja siksi vaikeuttaa suunnittelun ja toteutuksen arviointia erikseen. Lisäksi useimmiten ollaan kiinnostuneita ohjelmien valmiusasteesta vain koestusta varten. Myös koneiden ohjelmat yrityksessä ovat rakenteeltaan sellaisia, että suunniteltavan koneen eri toiminnot on jaettu omiin ryhmiin. Tämän vuoksi suunnittelijan olisi käytännöllisempää laskea jokaisen koneen ohjelmien sisältämien ryhmien valmiusasteita erikseen, ja näistä laskea koko työn valmiusaste.

Tämän luvun pohdinnan kautta on Excelin avulla luotu yksinkertainen työkalu, jonka avulla suunnittelija voi jakaa työnsä itse määrittelemiinsä osa-alueisiin ja arvioida, kuinka suuren osan kukin määritelty osa-alue vie koko suunnittelutyöstä. Työn edetessä suunnittelija päivittää kunkin osa-alueen toteutunutta määrää sen valmiusasteesta prosentteina. Ohjelma laskee taulukkoon syötettyjen arvojen perusteella koko suunnittelutyön valmiusasteen.

Kun valmiusastetta pidetään ajan tasalla työn edetessä, on suunnittelijan helppo ilmoittaa valmiusaste siitä kiinnostuneille, tai vaihtoehtoisesti voitaisiin sopia alusta, josta valmiusastetta tarvitseva sen löytää. Alustana voitaisiin käyttää esimerkiksi yrityksen yhteistä verkkokovalevyä tai ryhmätyövälineitä kuten Microsoft Teamsia.

5.2 Tiedonkulun parantaminen työyhteisössä

Joskus muutoksia tehdessä oletetaan tai jätetään ottamatta huomioon, ettei muutoksilla ole vaikutusta organisaation muiden suunnittelualojen toimintaan. Usein kuitenkin esimerkiksi komponenttien muutokset aiheuttavat parametrisointia testiajojen kautta tai yhteensopivuusongelmia tiedonsiirron suhteen. Jos tällaisessa tapauksessa automaatio-suunnittelu ei ole saanut informaatiota muutoksista, niin automaatio-suunnittelijalle selviää tehdyt muutokset todennäköisesti vasta osaluettelon valmistuttua. Kun osat ovat lähteneet jo oston, päätetään tarvittavat muutokset usein tehdä ohjelmiin, vaikka se olisikin työläämpää. Muutosten vaikutusten ja mahdollisten yhteensopivuusongelmien selvittäminen saattaa viedä hyvinkin paljon aikaa varsinaisesta ohjelmistosuunnittelusta ja näkyä myös normaalia suurempana automaatio-suunnittelijan tuen tarpeena testaus- tai käyttöönottovaiheessa.

Automaatio-suunnittelussa on päätetty aloittaa hiljattain automaatio-suunnittelun aloituspalaveri sähkösuunnittelun valmistuttua, jota on käsitelty luvussa 5.2.4. Automaatio-suunnittelun palaveri ennen osaluettelon toimittamista oston, jossa sähkösuunnittelija on mukana, todennäköisesti ehkäisee suunnittelualojen välisiä tiedonkulkuun liittyviä ongelmia. Näin mahdollisesti vältetään osalta tiedonkulun puutteen aiheuttamalta ylimääräiseltä työltä. Tiedonkulun puute on yleinen ongelma useassa organisaatiossa. Usein ratkaisua pyritään hakemaan erilaisten työkalujen avulla, mutta työkalut ovat kuitenkin vain työväline työntekijöille parantaa tiedonkulkua. Myös työntekijöiden täytyy olla aktiivisia kasvattamaan luottamusta ja vuorovaikutusta toistensa kanssa. Tähän epävirallisella viestinällä on suuri merkitys. Luottamus kollegoihin kasvaa kahvipöytä- sekä käytäväkeskustelujen myötä. Myös organisaation on mahdollista rakentaa toimivampaa viestintäkulttuuria tukemalla keskustelua, joka ei liity suoraan työhön. [34.]

5.3 Koestuksesta aiheutuva kuorma suunnitteluun

Kiireellisten aikataulujen ja koneiden nopean kehityksen vuoksi osa koestusohjeista ovat jääneet päivittämättä, joka on ajanut tilanteen siihen pisteeseen, että koestusohjeet olisi näiden osalta kirjoitettava lähes uusiksi. Joistain koneista ei ole automaatio suunnittelun osalta lainkaan koestusohjeita. Hyvin usein automaatio suunnittelu on koestuksessa mukana tavalla tai toisella, ja koestusohjeiden puutteellisuus näkyy automaatio suunnittelussa lisätyönä.

Jos koestusohjeet olisivat täsmälliset ja ajan tasalla, ei niiden ylläpitäminen olisi suuri taakka, ja koestajien tai kokemattomamman suunnittelijan olisi pitkälti mahdollista koestaa koneita itsenäisemmin. Usein kuitenkin suunnittelija joutuu itse koestamaan suunnittelemansa koneen koestusohjeiden puutteellisuuden vuoksi, joka lisää automaatio suunnittelun työkuormaa. Osa koneista on toimintansa vuoksi haastavia koestaa, eikä ole tarkoituskaan, ettei automaatio suunnittelu osallistuisi koestukseen lainkaan. Mutta esimerkiksi jo ohjelmien lataukset, osoitteiden määritykset, liikkeiden rajojen asetukset ja yksinkertaisten toimilaitteiden tarkistukset saattavat viedä useita päiviä. Tämä aika voitaisiin kitkeä automaatio suunnittelun työkuormasta selvillä ja ajan tasalla olevilla koestusohjeilla.

Myös automaation laatu liittyy suoraan systemaattisiin toimintatapoihin, valvontaan ja lopputuloksen testaamiseen. Laadun tuottamista ovat esimerkiksi ennakkosuunnitelmat, suunnittelun rinnalla etenevät laadunvarmistustoimet sekä kattava dokumentointi. Automaatio suunnittelussa laatua saadaan tuotettua etsimällä hyviä ratkaisuja ja suorittamalla katselmuksia sekä testauksia niille. Usein suunnittelu jaetaan analyysiin ja synteysiin. Tästä voidaan jo päätellä, että testaussuunnitelmienkin laatiminen on suunnittelutyötä. Jos ohjeita on noudatettu ja tarvittavat dokumentit ovat kunnossa, niin myös laatuvaatimukset täyttyvät. [29, s.22–23.]

6 Yhteenveto

Insinööriyössä kuvattiin yrityksen Rosendahl Nextrom Oy:n automaatio-suunnittelun prosessi. Tavoitteena oli etsiä epäkohtia automaatio-suunnittelusta ja löytää kehitysideoita tämän parantamiseksi. Automaatio-suunnittelun prosessin kuvaus onnistui. Tuloksena saatiin muodostettua suunnittelusta visuaalinen prosessikaavio, joka auttaa suunnittelijaa, erityisesti uutta suunnittelijaa yrityksessä, hahmottamaan suunnittelutoiminnan kulun. Työn sisältöä sekä automaatio-suunnittelun prosessikaaviota voidaan käyttää perehdytystarkoitukseen. Prosessikuvauksen ja kaavion kautta myös organisaation eri ihmisille selviää myös tarkemmin, mitä automaatio-suunnittelussa tapahtuu.

Lisäksi insinööriyön toinen tavoitteista oli ratkaisun etsiminen automaatio-ohjelmien valmiusasteen seurannan ongelmaan. Työssä käytävän pohdiskelun pohjalta kehitettiin suunnittelijan tueksi työkalu, joka laskee suunnittelijan syöttämien arvojen perusteella suunnittelijan työn valmiusastetta. Työkalun tarkoituksena on helpottaa suunnittelijaa pitämään työnsä valmiusastetta ajan tasalla päivittämällä sitä ohjelmointityön edetessä. Tämä ei kuitenkaan itsessään riitä valmiusasteen tiedoksi saattamiseen sitä tarvitseville. Jotta työkalun käytöstä olisi suurempaa hyötyä, täytyisi työkalulle sopia yhteinen alusta, josta kaikki valmiusasteesta kiinnostuneet pääsevät sitä seuraamaan.

Työssä käsiteltiin myös tiedonkulun puutetta yrityksessä, joka on osoittautunut ongelmaksi. Ratkaisua ongelmaan ei suoraan löydetty, mutta todettiin, että hiljattain aloitettu automaatio-suunnittelun sisäinen aloituspalaverikäytäntö todennäköisesti parantaa tiedonkulkua automaatio- ja sähkösuunnittelun välillä, ja työntekijöiden yrityksessä täytyy myös itse olla aktiivisia tiedonkulun parantamiseksi.

Prosessin kuvauksen pohjalta ilmeni, että koestuksesta aiheutuu usein suuri työkuorma automaatio-suunnitteluun puutteellisten koestusohjeiden vuoksi. Ratkaisuna tähän pidettiin koestusohjeiden päivittämistä, jolloin niiden ajan tasalla pitäminen ei olisi suuri taakka suunnittelijalle.

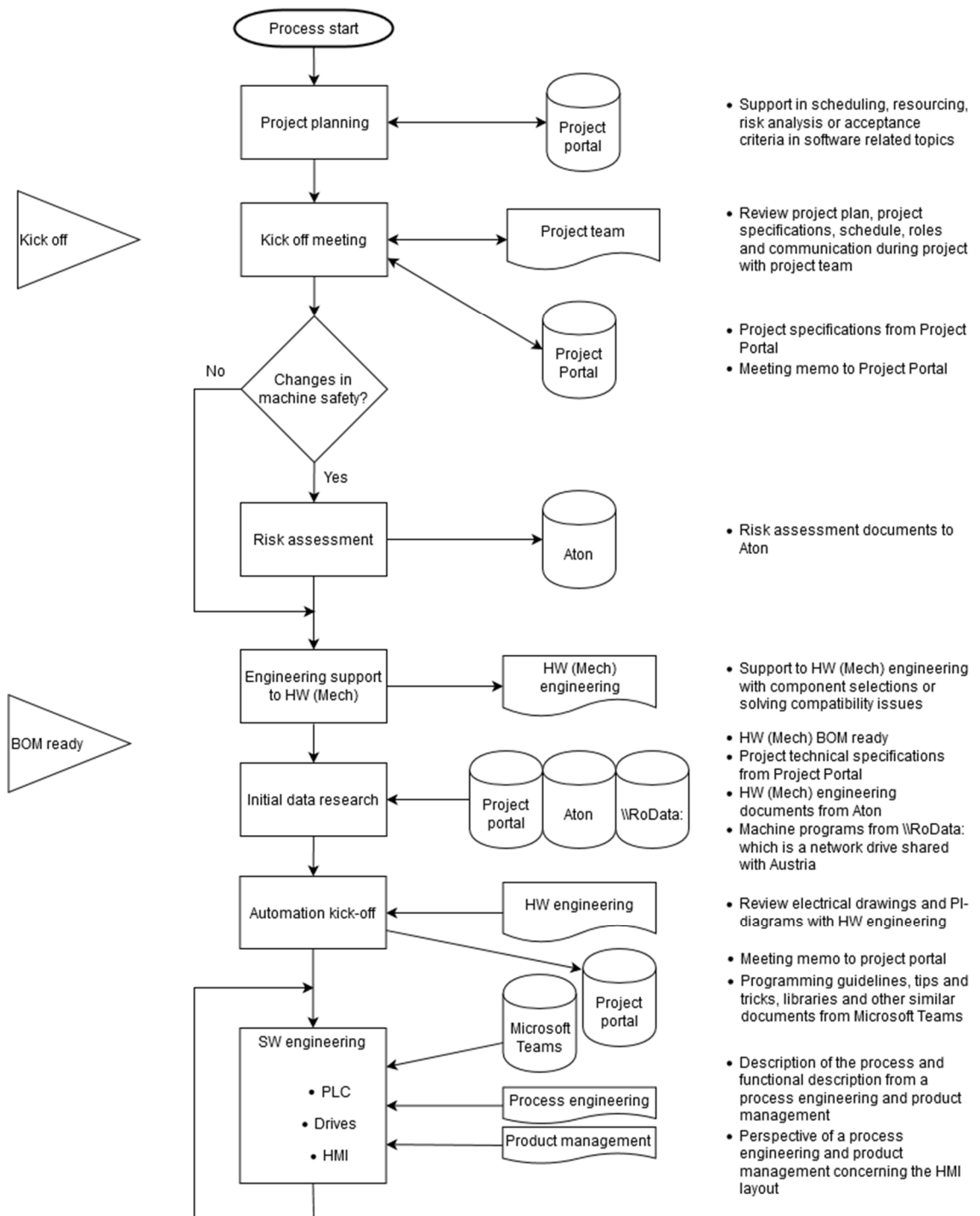
Lähteet

- 1 Yritysesittely. Verkkoaineisto. Rosendahl Nextrom GmbH. <<http://www.rosendahlnextrom.com/about-rosendahl-nextrom>>. Luettu 2.1.2020.
- 2 Cable Basics: Fiber Optic Cable. Verkkoaineisto. Belden Inc. <https://beldencables-emea.com/en/products/cable_basics/fiber-optic-cable/index.phtml>. Luettu 28.1.2020.
- 3 Maratukulam, Priya. 2018. Fiber Optics Part 2: Single-Mode Fiber vs. Multi-Mode-Fiber. Verkkoaineisto. <<https://blogs.cisco.com/sp/fiberopticspt2single-multifiber>>. Luettu 28.10.2019.
- 4 Plastic Optical Fiber vs. Glass Optical Fiber. 2015. Verkkoaineisto. <<http://www.fiberopticsshare.com/plastic-optical-fiber-vs-glass-optical-fiber.html>>. Luettu 28.10.2019.
- 5 Preform Manufacturing. 2019. Tuotekoulutusmateriaali. Rosendahl Nextrom Oy.
- 6 Pajunen, Petrus. 2018. Control architecture of optic fiber-draw process. Master's thesis. Aalto-yliopisto, Sähkötekniikan korkeakoulu.
- 7 Fiber Draw. 2019. Tuotekoulutusmateriaali. Rosendahl Nextrom Oy.
- 8 Post Draw & UV Coating Systems. 2019. Tuotekoulutusmateriaali. Rosendahl Nextrom Oy.
- 9 Komachiya, Masahiro; Minamitani, Rintarou; Fumino, Takayuki; Sakaguchi, Tatsunori & Watanabe, Shizuhisa. 1999. Proof-testing and probabilistic lifetime estimation of glass fibers for sensor applications, Applied Optics 38, 2767-2774. Verkkoaineisto. <<https://www.osapublishing.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-38-13-2767>>. Luettu 10.11.2019.
- 10 Fiber Optic Cables. 2019. Tuotekoulutusmateriaali. Rosendahl Nextrom Oy.
- 11 Tuotesivut. Verkkoaineisto. Rosendahl Nextrom Oy. <http://www.rosendahlnextrom.com/fiber-optics/file/2016/08/OFC-70_en.pdf>. Luettu 13.11.2019.
- 12 Koneita koskevat vaatimukset. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet>>. Luettu 17.11.2019.
- 13 Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/12.6.2008.

- 14 Euroopan unionin direktiivit. Verkkoaineisto. Euroopan unionin julkaisutoimisto. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=LEGISSUM%3A114527>>. Luettu 17.11.2019.
- 15 Standardi tutuksi. Verkkoaineisto. Suomen Standardoimisliitto SFS ry. <https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi>. Luettu 17.11.2019.
- 16 Teollisuusautomaation standardit Osio 3: Toiminnallinen turvallisuus - Standardisarja IEC 61508. Verkkoaineisto. Sesko ry. <https://www.sesko.fi/files/95/osio_3.pdf>. Luettu 15.12.2019.
- 17 IEC/TR 61511-0. Toiminnallinen turvallisuus. 2018. Turva-automaatiojärjestelmät prosessiteollisuussektorille. Osa 0: Prosessiteollisuuden toiminnallinen turvallisuus ja IEC 61511. Suomen Standardoimisliitto.
- 18 Teollisuusautomaation standardit Osio 4: Koneiden ohjausjärjestelmät - standardi IEC 62061. Verkkoaineisto. Sesko ry. <https://www.sesko.fi/files/96/osio_4.pdf>. Luettu 15.12.2019.
- 19 Teollisuusautomaation standardit Osio 9: Logiikat - standardi IEC 61131-1 ja 61131-3. Verkkoaineisto. Sesko ry. <https://www.sesko.fi/files/101/osio_9.pdf>. Luettu 15.12.2019.
- 20 Riskin arviointi. Luentomateriaali. Metropolia ammattikorkeakoulu. Luettu 12.12.2019.
- 21 Malmén, Yngve & Wessberg, Nina. 2014. Mitä tarkoitetaan riskillä, riskianalyysillä, riskin arvioinnilla ja riskienhallinnalla? Verkkoaineisto. <<http://www.nbcsec.fi/sptry/arkisto/art-01.pdf>>. Luettu 12.12.2019.
- 22 Turva-automaatio. Luentomateriaali. Metropolia ammattikorkeakoulu. Luettu 12.12.2019.
- 23 Turva-automaatio prosessiteollisuudessa. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/documents/5470659/6409383/Turva-automaatio%20prosessiturvallisuudessa/e159a62f-a1c2-4de9-a063-7050349d5081>>. Luettu 19.12.2019.
- 24 Teollisuusautomaation standardit Osio 2: Toiminnallinen turvallisuus – periaatteet. Verkkoaineisto. Sesko ry. <https://www.sesko.fi/files/94/osio_2.pdf>. Luettu 15.12.2019.

- 25 Suunnittelijan rooli prosessilaitoksen turvallisuuden varmistamisessa, Opas suunnittelijoille ja suunnittelun tilaajille. 2012. Verkkoaineisto. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. <https://www.vtt.fi/files/sites/usva/usva_opas_helmi-kuu_v2_2012.pdf>. Luettu 6.1.2020.
- 26 Tuotesivut. Verkkoaineisto. Klinkmann Oy. <<https://www.klinkmann.fi/tuotteet/automaatio-ohjelmistot/wonderware/hmiscada-valvomo-ohjelmistot/>>. Luettu 9.1.2020.
- 27 JHS 152 Prosessien kuvaaminen. 2012. Julkisen tietohallinnon neuvottelukunta JUHTA. <<http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS152/JHS152.html>>. Luettu 17.12.2019.
- 28 Koivula, Eveliina. Prosessikuvaukset pienissä yrityksissä. Verkkoaineisto. <<https://tiski.fi/prosessikuvaus/>>. Luettu 17.12.2019.
- 29 Automaatiosuunnittelun prosessimalli. 2006. Suomen Automaatioseura ry. <https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf>. Luettu 5.11.2019.
- 30 Pirinen, Jukka. 2017. Laiteläheinen ohjaustekniikka. Luentomateriaali. Luettu 13.12.2019.
- 31 Hugh, Jack. 2005. Automating Manufacturing Systems; with PLCs. E-kirja.
- 32 Hossain Akram & Zaman Tanima. 2012. HMI Design: An Analysis of a Good Display for Seamless Integration between User Understanding and Automatic Controls. Verkkoaineisto. <<https://www.asee.org/public/conferences/8/papers/3605/view>>. Luettu 22.1.2020.
- 33 Taina, Juha. 2009. Ohjelmistoprosessit ja ohjelmistojen laatu. Verkkoaineisto. <https://www.cs.helsinki.fi/u/taina/opol/k-2009/pdf/luku-6_2.pdf>. Luettu 29.1.2020.
- 34 Sulkanen, Emma. <https://gapps.fi/fi/blogi/viestintavälineet-eivat-paranna-tiedonkulkua-ihmiset-parantavat/> Blogi, Viestintävälineet eivät paranna tiedonkulkua. Ihmiset parantavat. Luettu 12.12.2019.

Automaatiosuunnittelun prosessikaavio



- Support in scheduling, resourcing, risk analysis or acceptance criteria in software related topics

- Review project plan, project specifications, schedule, roles and communication during project with project team

- Project specifications from Project Portal
- Meeting memo to Project Portal

- Risk assessment documents to Aton

- Support to HW (Mech) engineering with component selections or solving compatibility issues

- HW (Mech) BOM ready
- Project technical specifications from Project Portal
- HW (Mech) engineering documents from Aton
- Machine programs from \\RoData: which is a network drive shared with Austria

- Review electrical drawings and PI-diagrams with HW engineering

- Meeting memo to project portal
- Programming guidelines, tips and tricks, libraries and other similar documents from Microsoft Teams

- Description of the process and functional description from a process engineering and product management

- Perspective of a process engineering and product management concerning the HMI layout

