

Jan-Erik Juutti

Mekaniikka- ja sähkösuunnittelun integraatio

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Jan-Erik Juutti

Työn nimi: Mekaniikka- ja sähkösuunnittelun integraatio

Ohjaaja: Samuel Suvanto

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 94

Liitteiden lukumäärä: 15

Opinnäytetyön aiheena on mekaniikka- ja sähkösuunnittelun integraatio eli näiden kahden suunnitteluosaston välisen yhteistyön parantaminen. Työ tehtiin Pospel Oy:lle. Aiheen taustalla on näiden kahden osaston yhteistyössä havaitut haasteellisuudet, joita työssä kartoitetaan.

Työn välitavoitteina oli ymmärtää eri suunnitteluosastojen suunnitteluprosessit yleisellä tasolla ja etsiä suunnitteluosastojen yhteistyössä olevia haasteita. Päättävöitteena oli etsiä löytyneisiin haasteisiin erilaisia ratkaisuehdotuksia.

Suunnitteluprosessien tutkimisessa käytettiin yrityksen omia ohjedokumentteja. Poikkeamien ja ratkaisuehdotuksien keruussa käytettiin päätiedonkeruumenetelmänä henkilöhaastatteluita, jotka kohdistettiin pää-, mekaniikka-, ja sähkösuunnittelun henkilöihin. Lisäksi pidettiin erillinen ryhmäkeskustelutilanne ja lyhyt benchmarking-palaveri toisen yrityksen edustajan kanssa.

Työn tuloksena syntyi listaukset poikkeamista sekä ratkaisuehdotuksista. Näitä listauksia voidaan hyödyntää myöhemmässä haasteiden analysoinnissa sekä ratkaisussa.

Avainsanat: integraatio, prosessit, viestintä, kommunikaatio

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Jan-Erik Juutti

Title of thesis: Integration of Mechanical and Electrical Engineering

Supervisor: Samuel Suvanto

Year: 2019 Number of pages: 94 Number of appendices: 15

The subject of the thesis was the integration of Mechanical and Electrical Engineering departments. The thesis was assigned by Pesmel Oy. The motive for the subject was difficulties observed in the cooperation between the two departments.

An intermediate goal was to understand the planning process of each department and seek challenges in their collaboration. The main aim was to propose some solutions for the problems that arose.

The company's own documents of instructions were utilized in examining the planning process. The main method to find discrepancies and to propose solutions was individual interviews. The interviewees were people working in preliminary, mechanical and electrical planning departments. In addition, information was gathered by benchmarking and internal group discussion.

The result of the thesis was listings of found challenges between the engineering departments and proposed solutions on the difficulties. The results could be used in a later analysis and actions when resolving the challenges.

Keywords: integration, process, communication

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva- ja kuvioluettelo	8
Käytetyt termit ja lyhenteet	9
1 JOHDANTO	10
1.1 Työn tausta	10
1.2 Työn tavoite	10
1.3 Työn rakenne	11
1.4 Yritysesittely	12
2 TEORIA	14
2.1 Suunnitteluosastot.....	14
2.2 Esisuunnittelu.....	15
2.3 Mekaniikkasuunnittelu.....	17
2.4 Sähkösuunnittelu.....	19
2.4.1 Varsinainen sähkösuunnittelu	19
2.4.2 Paineilmasuunnittelu.....	21
2.5 Kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen tutkimus.....	22
2.6 Haastattelulajit.....	23
2.7 Järjestelmäintegraatio	24
2.8 Rajapinnan lomakkeet.....	25
2.8.1 I/O-lista.....	25
2.8.2 Moottori- ja toimilaiteluettelo	25
2.8.3 Lähtötietolomake.....	26
2.8.4 Laiteluokitus	27
2.8.5 Mekaniikan suunnittelukatselmuslomake	28
2.8.6 Piirustuskatselmus	29
2.8.7 <i>MCH-Test</i> -lomake	30
2.8.8 Action Item List -lomake.....	31
2.8.9 Sähköpistelayout.....	32

2.8.10	Anturointidokumentti	33
3	HAASTATTELUT	34
3.1	Nykytilanne	34
3.2	Ryhmäkeskustelu	36
3.3	Henkilöhaastattelujen suunnittelu ja kysymyslistan koostaminen	36
3.4	Mekaniikkasuunnittelija Sampo Kaunismäki	41
3.4.1	Haastateltavan esittely	41
3.4.2	Haastattelun analysointi	41
3.5	Mekaniikkasuunnittelija Mikko Hautala	42
3.5.1	Haastateltavan esittely	42
3.5.2	Haastattelun analysointi	42
3.6	Tuoteryhmän pääsuunnittelija Rami Mannila	43
3.6.1	Haastateltavan esittely	43
3.6.2	Haastattelun analysointi	43
3.7	Sähkösuunnittelija Kaisli Tuokkola	44
3.7.1	Haastateltavan esittely	44
3.7.2	Haastattelun analysointi	44
3.8	Sähkösuunnittelija Tiina Siirilä	45
3.8.1	Haastateltavan esittely	45
3.8.2	Haastattelun analysointi	45
3.9	Pääsuunnittelija Jani Harju	46
3.9.1	Haastateltavan esittely	46
3.9.2	Haastattelun analysointi	46
3.10	Pääsuunnittelija Marko Viitala	47
3.10.1	Haastateltavan esittely	47
3.10.2	Haastattelun analysointi	47
3.11	Pääsuunnittelija Kari Mattila	48
3.11.1	Haastateltavan esittely	48
3.11.2	Haastattelun analysointi	48
3.12	Pääsuunnittelija Juha Lahtinen	49
3.12.1	Haastateltavan esittely	49
3.12.2	Haastattelun analysointi	49
3.13	Pneumatiikka- ja layoutsuunnittelija Tapio Mäki-Jussila	50

3.13.1	Haastateltavan esittely	50
3.13.2	Haastattelun analysointi	50
3.14	Suunnittelupäälliköt Petteri Laamanen ja Harri Hautala	51
3.14.1	Haastateltavien esittely	51
3.14.2	Haastattelun analysointi	51
3.15	Benchmarking-toiminta	52
3.15.1	Yritys- ja henkilöesittely	52
3.15.2	Haastattelun analysointi	52
4	HAASTEIDEN KOONTI JA ANALYSOINTI	54
4.1	Löytyneet haasteet	54
4.1.1	Pääsuunnittelu	54
4.1.2	Mekaniikkasuunnittelu	55
4.1.3	Sähkösuunnittelu	56
4.2	Haasteiden analysointi	57
4.2.1	Sijaintierot	57
4.2.2	Sähkökomponenttien sekä kaapelireittien haasteet	57
4.2.3	Tiedonsiirron haasteet	61
4.2.4	Lomakkeiden haasteet	64
4.2.5	Muutosprosessi	66
4.2.6	Lisätilaus	67
4.2.7	Muut haasteet	68
5	RATKAISUEHDOTUSTEN KOONTI	70
5.1	Uuden PLM-järjestelmän hyödyntäminen	70
5.2	Muutosprosessin hallinta	71
5.3	Dokumenttien kehittäminen	75
5.3.1	I/O-lista	75
5.3.2	Moottori- ja toimilaiteluettelo	76
5.3.3	Sähköpistelayout	77
5.3.4	Katselmointilomakkeet	77
5.3.5	Kokoonpanokuvat	78
5.3.6	Lomakekoulutus	79
5.4	Muut esiintyneet ideat	80
5.4.1	Sähkökomponentit sekä kaapelireitit	80

5.4.2 Kolminainen mekaniikan aloituspalaveri	83
5.4.3 Mekaniikan kokoonpanokuvan negatiivikuva	83
5.4.4 Projektikohtaiset työtiimit.....	84
5.4.5 Sähkömekaniikkasuunnittelijan toimi	85
5.4.6 Viestintäkanavien tarkentaminen	85
5.4.7 Yleinen koulutus.....	86
5.4.8 Uudelleen sijoittuminen	87
6 POHDINTA JA YHTEENVETO	89
LÄHTEET	90
LIITTEET	94

Kuva- ja kuvioluettelo

Kuva 1. Pesimal Oy:n toimittama levypakkauslinja metalliteollisuuteen.	13
Kuvio 1. Suunnitteluprosessien sijoittuminen.	15
Kuvio 2. Sähköpistelayoutin koostaminen.	32
Kuvio 3. Suunnittelun aikainen muutos ilman tikettiä.	72
Kuvio 4. Tiketin hyödyntäminen suunnittelun aikaisessa muutoksessa.	72

Käytetyt termit ja lyhenteet

M-files	Pesmel Oy:ssä käytössä oleva dokumenttienhallintajärjestelmä.
PLM	Lyhenne PLM tulee sanoista ” <i>Product Lifecycle Management</i> ” ja se tarkoittaa tuotteen koko elinkaaren aikaisten tietojen hallintaa yleensä jonkin järjestelmän avulla.
Pohjalaite	Termi, joka tarkoittaa uuden laitteen suunnittelussa pohjana käytettävää jo suunniteltua, jonkin aikaisemman projektin laitetta.
Rajapinta	Kahden suunnitteluosaston välillä oleva alue, jossa osastot ovat yhteistyössä käyttäen esimerkiksi samoja esisuunnitteludokumentteja ristiin.
Referenssiosa	Referenssiosa on eräänlainen vertailuosa, joka asetetaan mekaniikkasuunnittelijan tekemään kokoonpanoon esimerkiksi antamaan mallia ulkomitoista sekä kiinnityspisteistä. Tällainen osa ei siirry hankintaan mekaniikkasuunnitteluosaston kautta.
Skype	Viestintäpalvelu, jonka avulla voidaan esimerkiksi välittää puheluja internetissä <i>VoIP</i> -tekniikan avulla.
Teams	Viestintäpalvelu, jossa voidaan viestiä esimerkiksi tiimikohdaisesti puheluilla sekä pikaviesteillä.
WMS-järjestelmä	Lyhenne WMS tulee sanoista ” <i>Warehouse Management System</i> ”. WMS-järjestelmä on luotu varastonhallintaa varten.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työn taustalla on yrityksessä ilmenneet haasteet mekaniikka- ja sähkösuunnittelun rajapinnassa. Haasteet koskevat lähinnä osastojen välistä yhteistyötä: esimerkiksi tieto ei kulje kaikissa tapauksissa halutulla tavalla eri osastojen suunnittelijoiden välillä. Tällä tiedonsiirto-ongelmalla on useita negatiivisia seurauksia, joista yhtenä esimerkkinä on resurssien turha kuluminen. Tämä ilmenee muun muassa turhaan tehtynä työnä sekä ajan kulumisena tuottamattomaan työhön. Tiedonsiirron haasteista on seurannut muun muassa tilanteita, joissa jokin vaadittu muutos on jäänyt tekemättä, sillä se on joko unohtunut tehtävän vastaanottajalta tai hän ei ole edes vastaanottanut sitä. Tiedonkulun katkeaminen näkyy myös aikatauluissa: kun siirtymättömästä tiedosta johtuva poikkeama huomataan, sen korjaamiseen kuluu aikaa, joka on pois esimerkiksi laitteiden testausajasta.

Osastojen rajapinnassa voi esiintyä myös muita poikkeamia tiedonsiirron lisäksi, ja näitä haasteita ja niiden syntyamiseen johtavia syitä on tarkoitus kartoittaa tämän opinnäytetyön avulla. Opinnäytetyön tarkoituksena on löytää rajapinnan ongelmia sekä kehittää niihin erilaisia ratkaisuehdotuksia. Tätä kautta saadaan kehitettyä kahden eri osaston välistä yhteistyötä ja samalla saadaan poistetuksi turhaa resurssien kulumista, korvaavien toimenpiteiden luomia kustannuksia ja aikataulupoikkeamia.

1.2 Työn tavoite

Työn aiheena on mekaniikka- ja sähkösuunnittelun integraatio eli toisin sanoen yhteistyön parantaminen näiden kahden edellä mainitun osaston välillä. Välitavoitteina on suunnitteluprosessien yleinen ymmärtäminen, yhteistyötä haittaavien haasteiden löytäminen sekä niiden analysointi. Pää tavoitteena on yleisten ratkaisuehdotusten etsiminen löydettyihin ongelmiin. Ratkaisuehdotuksien suhteen tarkoitus ei ole

mennä yksityiskohtaiseen tarkasteluun, vaan ehdotukset pyritään pitämään yleisemmällä tasolla. Opinnäytetyön tavoitteisiin ei kuulu ratkaisuehdotusten toimeenpaneminen vaan ainoastaan niiden kerääminen.

1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyössä keskitytään kolmeen suunnitteluprosessiin, jotka ovat esisuunnittelu, mekaniikkasuunnittelu ja sähkösuunnittelu. Työssä ei käsitellä automaatio- tai ICT-suunnittelua niiden ollessa työn aiherajauksen ulkopuolella. Opinnäytetyöprosessiin sisältyi kolmen suunnitteluosaston prosessien tutkiminen erilaisten ohjedokumenttien ja henkilöhaastattelujen avulla. Tämän vaiheen tarkoituksena oli antaa riittävä kokonaiskuva, jotta löytyviä poikkeamia olisi helpompi hahmottaa ja tarkastella. Esisuunnittelu on mekaniikka- ja sähkösuunnittelun rajapinnan tarkastelussa mukana, sillä sen tuottamat dokumentit ovat merkittävä osa näiden kahden osaston rajapinnasta. Suunnitteluosastojen jälkeen käsitellään lyhyesti tutkimusotteita, haastattelulajeja sekä järjestelmäintegraatiota. Järjestelmäintegraatio nousi opinnäytetyötä tehdessä ilmi useampaan kertaan, joten sitä on käsitelty tiivistetysti omassa kappaleessaan. Työn aiherajauksen mukaisesti järjestelmäintegraatioon ei kuitenkaan keskitytä pinnallisia mainintoja enempää, sillä integraatio-ohjelmistojen olemassaolo on jo tiedostettu yrityksessä. Kappaleessa 2.8 *Rajapinnan lomakkeet* esitellään sanallisesti mekaniikka- ja sähkösuunnitteluosastojen rajapinnassa olevia dokumentteja, jotka valittiin henkilöhaastattelujen perusteella. Muita lomakkeita ei juuri käsitellä, sillä ne ovat nähtävissä yrityssalaisuuksina.

Kappaleen 3 *Haastattelut* alussa käydään lävitse nykytilannetta. Tämän jälkeen käsitellään ryhmäkeskustelun koonti ja asiaa henkilöhaastattelujen suunnittelusta. Näitä asioita seuraa henkilöhaastatteluiden kootut osuudet, joissa jokaisesta haastattelusta on lyhyt henkilöesittely sekä haastattelusta puretut haasteet ja mahdolliset kehitysideat. Henkilöhaastattelujen kirjoitetut osuudet ovat sijoitettuna tämän työn liitteisiin. Henkilöhaastattelujen lisäksi ratkaisuehdotuksia haettiin benchmarking-toiminnan avulla, mitä käsitellään kappaleessa 3.15 *Benchmarking-toiminta*.

Tämän jälkeen löytyneet haasteet kootaan yhteen kappaleessa 4 *Haasteiden koonti ja analysointi*. Samalla poikkeamia analysoidaan ja samantapaisia haasteita kootaan saman analyysin alle toiston välttämiseksi. Kappaleeseen 5 *Ratkaisuehdotusten koonti* on kerätty sekä haastatteluissa esiintyneitä että kirjoittajan kehittelemiä ratkaisuideoita aikaisemmassa kappaleessa käsiteltyihin haasteisiin.

1.4 Yritysesittely

Pesmel Oy on vuonna 1978 perustettu maailmanlaajuisesti toimiva automatisoitujen materiaalikäsittely-, varastointi- ja pakkausjärjestelmien toimittaja (Pesmel in Brief, [viitattu 3.1.2019]). Toiminnan taustalla on neljä kulmakiveä, jotka ovat innovaatiokyky, järjestelmäosaaminen, suunnitteluosaaminen ja joustavuus. Pesmelin *Material Flow How* -konseptin tarkoitus on maksimoida asiakkaan tuotantokapasiteetti tehokkailla ja kehittyneillä materiaalivirroilla. Tähän konseptiin sisältyy kaikki sisälogistiikan toiminnot: tuotteiden kuljettaminen, lajittelu, varastointi, pakkaaminen ja lähettäminen. Asiakasprojektit voivat pisimmillään ulottua aina myynnistä suunnittelun ja valmistuksen kautta huoltopalveluihin asti. Yrityksen päätoimialat ovat metalli- ja paperiteollisuus sekä näitä teollisuudenaloja soveltavat teollisuudet. Metalliteollisuuden käsiteltäviä tuotteita ovat muun muassa teräskelat, nauhakiekot ja levyarkit, kun taas paperiteollisuudessa käsitellään esimerkiksi erilaisia rullia ja paaleja. (Pesmel, [viitattu 3.1.2019].)

Yrityksen uusi toimiala liittyy ajoneuvojen renkaiden automatisoituun käsittelyyn ja varastointiin. Käsittelyjärjestelmään kuuluu automatisoitu varastointi- ja noutojärjestelmä, kuljetusjärjestelmä ja robotit, jotka kaikki ovat täysin integroituina Pesmelin omaan ohjausjärjestelmään. Koko järjestelmä on suunniteltu yrityksen sisäisesti kattaa mekaniikka-, sähkö-, PLC (*Programmable Logic Controller*) - ja ICT (*Information and Communication Technology*) -suunnittelun. Automatisoidun rengaskäsittelyjärjestelmän etuina ovat yhdistetyt varastointi- ja lähetystoiminnot ja se, että järjestelmä ei tarvitse ollenkaan kuormalavoja. Näiden asioiden ansiosta säästetään investointi- ja käyttökuluissa sekä tilankäytössä. (Handling Systems for Tire Industry 2018.)

Pesmelin toimintaan kuuluu suunnittelun ja valmistuksen lisäksi myös huoltotoiminta, jossa asiakasta palvellaan periaatteessa myydyn järjestelmän jäljellä olevan elinkaaren ajan. Huoltotoiminta kattaa kuusi pääaluetta, jotka ovat käyttötuki, laitteiden huollot, varaosapalvelu, konsultointi, projektien päivittämispalvelu sekä ope-roinnin ja kulutusosien myynti. Projektien päivittämispalvelu tarkoittaa käytännössä esimerkiksi järjestelmän suorituskapasiteetin nostamista, järjestelmän muokkaamista sopivaksi uudelle tuotteelle, turvallisuustason korottamista tai ohjausjärjestelmien kehittämistä. (Pesmel Service 2008.)

Pesmelin toimipisteitä oli Suomessa vuoden 2019 alussa kolmella paikkakunnalla: pääkonttori Kauhajoella ja sivutoimistot Seinäjoella sekä Helsingissä. Työntekijöitä näissä kotimaan toimipisteissä oli yhteensä 133 henkilöä. Ulkomailla olevia toimipisteitä oli yhteensä neljä: tehdas Viron Saussa ja toimistot Yhdysvaltain Bostonnissa, Intian Mumbaissa ja Taiwanin Kaohsiungissa. Lisäksi Pesmel Oy:llä on tytäryhtiö Kiinassa. Ulkomailla työskenteli Pesmelin alaisuudessa 86 henkilöä. (Klasila 2019.)



Kuva 1. Pesmel Oy:n toimittama levypakkauslinja metalliteollisuuteen (Pesmel [Vii-tattu 1.4.2019]).

2 TEORIA

2.1 Suunnitteluosastot

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti esisuunnittelua ja toteutussuunnittelun osastoja. PLC- ja ICT-osastoihin ei keskitytä tässä työssä tämän kappaleen jälkeen, sillä ne ovat aiherajauksen ulkopuolella. Osastojen käyttämistä ja tuottamista dokumenteista keskitytään sellaisiin dokumentteihin, jotka esiintyivät henkilöhaastatteluissa.

Varsinainen suunnittelu alkaa esisuunnittelulla, jota hoitaa eri osastojen pääsuunnittelijat. Esisuunnittelu tehdään toteutussuunnittelun pohjaksi ja se luo edellytykset muiden osastojen suunnittelun aloittamiselle. (Esisuunnittelu: TO303 2016, 3.) Pääsuunnittelun toteuttamaa esisuunnittelua käsitellään tarkemmin kappaleessa 2.2 *Esisuunnittelu*.

Esisuunnitteluvaiheen jälkeen ensimmäisenä aloittava suunnitteluosasto on yleisesti ottaen mekaniikkasuunnittelu. Se tuottaa sellaiset dokumentit, että mekaaniset tuotteet ja laitteet voidaan valmistaa, kokoonpanna sekä asentaa onnistuneesti. (Tuotehallintaprosessi: PR3 2012, 2.) Mekaniikkasuunnittelusta on kerrottu tarkemmin kappaleessa 2.3 *Mekaniikkasuunnittelu*.

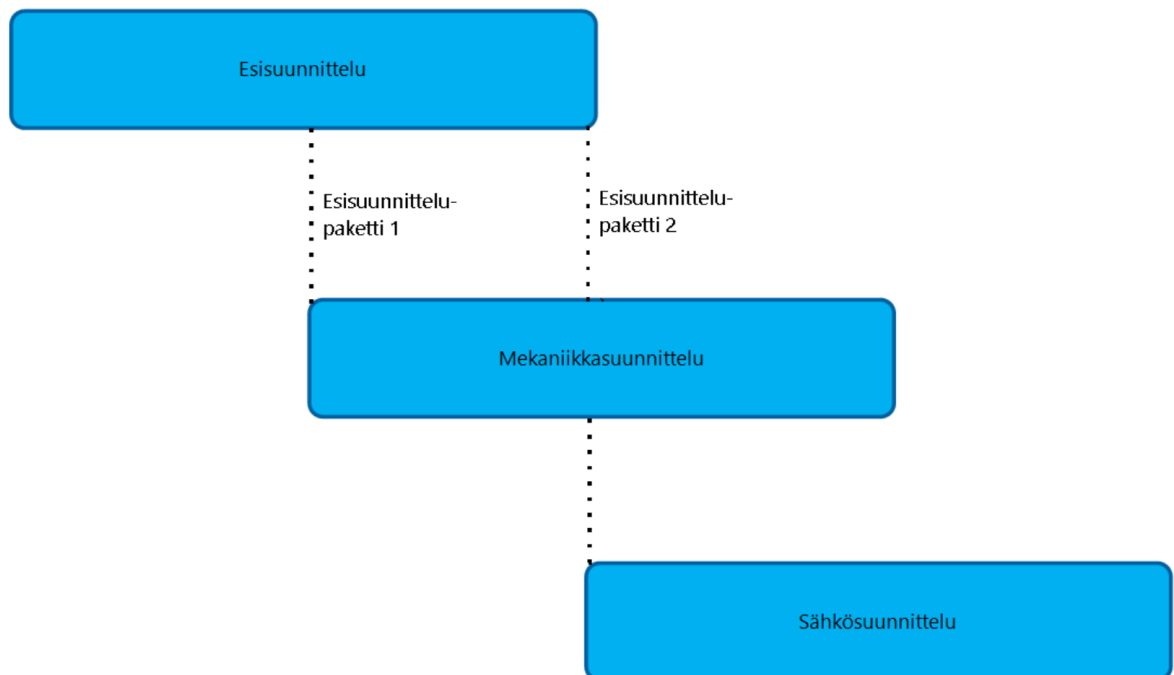
Yleisesti ottaen mekaniikkasuunnittelua seuraa sähkösuunnittelu. Sen tarkoituksena on tuottaa muun muassa piirikaaviot, piirustukset ja muut dokumentit niin, että laitteiden sähköistys ja ohjaus voidaan valmistaa, kokoonpanna sekä asentaa. (Tuotehallintaprosessi: PR3 2012, 2.) Sähkösuunnitteluprosessia käsitellään kappaleessa 2.4 *Sähkösuunnittelu*.

Sähkösuunnittelua seuraa PLC- eli automaatio-suunnittelu. Se tuottaa erilaisten laitteiden ohjelmien sovellussuunnittelun ja laatii toimitettavien linjojen sekä laitteiden käyttöohjeet asiakkaalle. (Tuotehallintaprosessi: PR3 2012, 3.)

ICT-suunnittelun tehtävänä on taas laatia PC-valvomoiden sekä WMS-tiedonhallintajärjestelmien sovellussuunnittelu. Lisäksi ICT-suunnittelu tuottaa näille järjestelmilleen käyttöohjeet. (Tuotehallintaprosessi: PR3 2012, 3.)

2.2 Esisuunnittelu

Varsinaisen suunnittelun katsotaan alkavan pääsuunnittelun tekemästä esisuunnittelusta. Esisuunnittelu on projektin alussa tehtävää määrittely- ja suunnittelutyötä varsinaisen toteuttavan suunnittelun pohjaksi. Se käyttää pohjatietoinaan asiakashallinnan toimittamia lähtötietoja ja toimii yleisesti asiakasrajapinnassa. Esisuunnitteluvaiheen tavoitteena on tuottaa esisuunnitteluaineisto, joka on jaettu kahteen kokonaisuuteen, esisuunnittelupaketti 1:seen ja 2:seen. Ensimmäisen dokumenttikokonaisuuden valmistuttua voidaan aloittaa mekaniikkasuunnittelu. Toisen vaiheen dokumentteja tarvitaan, jotta voidaan aloittaa sähkö-, PLC- ja ICT-suunnittelu, joita kutsutaan yhdessä mekaniikkasuunnittelun kanssa toteuttavaksi suunnitteluksi. Pääsuunnittelun toisena tehtävänä on ylläpitää tätä luotua esisuunnitteluaineistoa päivittämällä sitä samalla toimien toteutussuunnittelun teknisenä tukena. (Esisuunnittelu: TO303 2016, 3.)



Kuvio 1. Suunnitteluprosessien sijoittuminen.

Kuviossa 1 on esitetty opinnäytetyön kannalta tärkeiden suunnitteluprosessien sijoittuminen ajallisesti toisiinsa nähden.

Pääsuunnittelijoita on useita sekä mekaniikkasuunnittelun osa-alueella että sähkö-/automaatiosuunnittelussa ja he vastaavat muun muassa esisuunnittelusta sekä tuotetun aineiston ylläpidosta. Tämä tarkoittaa sitä, että tilanteesta riippuen pääsuunnittelijaa voidaan kutsua myös esisuunnittelijaksi, vaikka kyseessä onkin sama henkilö. (Lahtinen 2019.) Lisäksi on olemassa vielä tuoteryhmien pääsuunnittelijoita, jotka keskittyvät tietyn tuoteryhmän, kuten paperin, toteutussuunnitteluun ja esimerkiksi sen suunnittelun ohjaukseen. Varsinaisen pääsuunnittelijan toimi on siis eri kuin tuoteryhmän pääsuunnittelijan toimi. (Laamanen 2019.)

Esisuunnitteluvaihe voidaan lukea kahteen erilliseen lohkoon, jotka ovat mekaniikan esisuunnittelu ja sähkö-/automaatioesisuunnittelu. Sähköesisuunnittelua tekevä automaatio-/sähköpääsuunnittelija toimii vahvasti mekaniikan kanssa yhteisessä rajapinnassa laitteiden anturointia suunniteltaessa. Sähköesisuunnittelu päättää muun muassa laitteissa käytettävät anturoinnit ja rakentaa anturoinneista listauksen, jota kutsutaan I/O-listaksi. Yleisesti ottaen esisuunnittelija ilmoittaa I/O-listan lisäksi laitteessa käytettävät anturoinnit mekaniikkasuunnittelijalle hyödyntämällä jotain muuta tiedonsiirtoreittiä: tämä tapahtuu yleensä sähköpääsuunnittelijan ja mekaniikkasuunnittelijan välisessä palaverissa, jossa laitetta ja sen anturointia käsitellään yhdessä. (Lahtinen 2019.) I/O-listaa on käsitelty tarkemmin kappaleessa 2.8 *Rajapinnan lomakkeet*.

Mekaniikan esisuunnittelun (mekaniikan toteutussuunnittelua varten) tuottamista dokumenteista käsitellään laiteluokitus ja lähtötietolomake. Sähköesisuunnittelu tuottaa varsinaista toteutussuunnittelua varten dokumentteja, joista käsitellään tässä opinnäytetyössä I/O-lista, moottori- ja toimilaiteluettelo sekä lähtötietolomake (samassa dokumentissa on sekä mekaniikan että sähköns osuus). Osa näistä dokumenteista aloitetaan esisuunnitteluvaiheessa ja niitä täydennetään toteuttavan suunnittelun edetessä. (Esisuunnittelu: TO303 2016, 3-7.) Lomakkeiden käsittely on sijoitettu kappaleeseen 2.8 *Rajapinnan lomakkeet*.

Kun pääsuunnittelu on tuottanut esisuunnitteluvaiheessaan vaaditut dokumentit toteutussuunnittelun aloitusta varten, voidaan järjestää esisuunnittelun hyväksyntäpalaveri. Kun kaikki dokumentit todetaan olemassa oleviksi ja asiakkaan kanssa hyväksytyiksi, voidaan esisuunnitteluvaihe katsoa päättyneeksi. (Esisuunnittelu: TO303 2016, 3.)

Esisuunnittelun hyväksyntää seuraa niin sanottu pääsuunnitteluvaihe, jonka tavoitteena on pohja-aineiston päivittäminen sekä teknisen tuen tarjoaminen toteutus suunnittelulle. (Pääsuunnitteluohjeet: TY303-01 2014,14-18.)

Pääsuunnittelun vastuulla on lähtötietojen päivittäminen sekä tiedottaminen kaikista muutoksista suunnittelun kaikissa vaiheissa. Pääsuunnittelijoiden on myös osallistuttava kaikkiin laitekatselmointeihin sekä ideapalaverihin. Pääsuunnittelijat vastaavat siitä, että kaikilla toteutus suunnittelussa olevilla henkilöillä on tarvittavat tiedot käytettävissä koko projektin ajan. (Esisuunnittelu: TO303 2016, 13.)

2.3 Mekaniikkasuunnittelu

Mekaniikkasuunnittelun aloitukseen vaikuttaa suunniteltavan laitteen luokittelu laiteluokituksessa, jonka mekaniikan esisuunnittelu on laatinut esisuunnitteluvaiheen aikana. Mikäli kyseessä on täysin uusi laite tai sille ei voida määrittellä pohjalaitetta (yrityksen sisäisen luokituksen mukaisesti kategoria D), järjestetään ideapalaveri. Tämän kutsuu kokoon mekaniikan pääsuunnittelija. Palaverin tarkoituksena on miettiä yhdessä tulevan laitteen peruseriaatteita ja toimintoja. Lähtökohtana käytetään hankintasopimuksen määrittelyä tarvittavista toiminnoista sekä laitteelle budjetoitua hintaa. Mekaniikan pääsuunnittelijan on myös tehtävä muistio ideapalaverista, joka asetetaan myöhemmin kaikkien saataville dokumentinhallintajärjestelmään. (Esisuunnittelu: TO303 2016, 14.)

Muita laiteluokituksien luokkia uuden laitteen (luokka D) lisäksi ovat A, B, C ja S. Jokaisesta mekaniikkasuunnittelun katselmointitilaisuudesta täytetään katselmointilomake. Luokitusten A, B ja C laitteista ei yleisesti ottaen vaadita aloituksen katselmustilaisuutta, mutta se järjestetään usein silti, varsinkin, jos suunniteltava laite muuttuu joltain osin merkittävästi pohjalaitteeseensa nähden. Suunnittelu voidaan aloittaa myös ilman katselmointia, jos laite on esimerkiksi mittamuutoksia lukuun ottamatta pohjalaitettaan vastaava. Luokitusten A, B ja C laitteet ovat joko pohjalaitettaan vastaavia tai mitoistaan tai osasta ominaisuuksistaan pohjalaitteeseen nähden muunneltuja laitteita. S-luokka liittyy taas teräsrakenteisiin hyllystöihin. Lisäksi laitteen mekaniikkasuunnittelun aikana voidaan pitää useita suunnittelukatselmoin-

teja, joista kaikista on täytettävä katselmointilomake. Katselmointitilaisuuksiin osallistuu yleensä mekaniikkasuunnittelija, mekaniikan pääsuunnittelija, automaation pääsuunnittelija, projektipäällikkö sekä mekaniikan suunnittelupäällikkö. Katselmointilomaketta käsitellään kappaleessa 2.8 *Rajapinnan lomakkeet*. (Mekaniikkasuunnitteluohjeita: TY304-01 2018, 86-87.)

Mekaniikkasuunnittelu tarvitsee varsinaisessa toiminnan aloituksessaan pääsuunnittelun toteuttamasta esisuunnitteluaineistosta tietyt dokumentit, joista tässä opinäytetyössä käsitellään laiteluokitus ja lähtötietolomake (Laamanen 2019). Mekaniikkasuunnittelu kattaa laitteen mekaanisen suunnittelun ja se tuottaa seuraavat dokumentit, joiden avulla mekaanisten tuotteiden ja laitteiden valmistus, kokoonpano ja asennus on mahdollista suorittaa:

1. 3D-mallit
2. osa- ja kokoonpanopiirustukset sekä piirustusluettelo
3. tekninen spesifikaatio
4. huolto-ohjeet.

(Mekaniikka- ja hydraulikkasuunnittelu: TO304 2018, 3).

Mekaniikkasuunnitteluprosessin edetessä mekaniikkasuunnittelija tuottaa yleensä erilaisia laskenta-aineistoja. Tämän lisäksi laitteiden ja sen osien mitoituksessa sekä lujuuslaskennassa on apuna erilliset tekniset laskijat. (Mekaniikka ja hydraulikkasuunnittelu: TO304 2018, 3.)

Ennen piirustusten siirtämistä valmistukseen on myös niin sanottu piirustuskatselmus oltava suoritettuna (Mekaniikkasuunnitteluohjeita: TY304-01 2018, 87). Tämä katselmus tarkoittaa laitteen piirustusluettelon lopussa olevaa kenttää, jonka laitteen mekaniikkasuunnittelija täyttää. Piirustuskatselmus toimii suunnittelijan muistilistana ja sen avulla hän tulee tarkastaneeksi, ovatko listauksessa vaaditut toimenpiteet suoritettuna. Piirustusten siirto aloittaa niiden hyväksyntäkerroksen, johon mekaniikkasuunnittelu voidaan katsoa päättyneeksi (jos laitteiden huolto-ohjeet ovat laadittuna). (Mekaniikkasuunnitteluohjeita: TY304-01 2018, 87.) Piirustuskatselmointia on käsitelty kappaleessa 4 *Lomakkeiden läpikäynti*.

Mekaniikkasuunnittelun edetessä on sähköpääsuunnittelija suunnittelut laitteen anturoinnit käyttäen tarvittaessa apunaan mekaniikkasuunnittelijan laitetietämystä. Yleisesti ottaen käytettävät anturoinnit käsitellään yhdessä laitteen suunnittelun aikaisista suunnittelukatselmoineista, jonka tuloksena täytetään suunnittelukatselmukslomake. Lisäksi sähköpääsuunnittelija merkitsee anturoinnit I/O-listaan. (Lahtinen 2019.)

Mekaniikkasuunnittelijan tehtäviin kuuluu sähköpääsuunnittelijan merkitsemien anturointien sijoittaminen sovittuihin paikkoihin, ja tässä työssä mekaniikkasuunnittelija voi hyödyntää I/O-listaa. Mekaniikkasuunnittelijan on myös yleensä valittava antureille telineet: tämä tapahtuu joko ostokomponentteja hyödyntämällä, valmiita aikaisemmin suunniteltuja telineitä käyttämällä tai suunnittelemalla uudet anturitelineet tapauskohtaisesti. (Mekaniikkasuunnitteluohjeita: TY304-01 2018, 64-65.)

Lisäksi mekaniikkasuunnittelijan tehtäviin kuuluu rajapinnan alueella laitteisiin tulevien kaapelireittien suunnittelu. Pääreitit eli laitteiden ja sähkökeskusten ynnä muiden väliset reitit suunnittelee nykyään erillinen layoutsuunnittelu: samat toimet kuuluvat ennen pääsuunnittelun alle. Laitekohtaisten kaapelireittien yhteyteen kuuluu myös liikkuvien kokoonpanojen kohdalla energiansiirtoketjut: nämäkin ovat mekaniikkasuunnittelun asetettavana. (Mekaniikkasuunnitteluohjeita: TY304-01 2018, 60-63.)

2.4 Sähkösuunnittelu

2.4.1 Varsinainen sähkösuunnittelu

Sähkösuunnittelu käyttää mekaniikkasuunnittelun tavoin osaa pääsuunnittelun esisuunnitteluprosessissa tuottamista dokumenteista ja on täten riippuvainen esisuunnittelun toimista aloituksensa suhteen (Sähkösuunnittelu: TO305 2012, 2).

Sähkösuunnitteluprosessi alkaa virallisesti sähkösuunnittelun aloituskokouksella, jossa käydään lävitse esisuunnittelun tuottamaa dokumentaatiota. Aloituskokouksen kutsuu koolle sähköpääsuunnittelija. Aloituskokouksen ideana on tarkistaa,

onko toteuttavalla sähkösuunnittelulla edellytykset aloittaa suunnittelutoiminta. Mikäli esisuunnittelumateriaaliin tulee muutoksia sähkösuunnitteluprosessin aikana, on esisuunnittelija vastuullinen ilmoittamaan tästä sähkösuunnittelulle. (Sähkösuunnittelu: TO305 2012, 2.)

Sähkösuunnittelija täyttää suunnitteluprosessin edetessä erillistä katselmointilomaketta. Sitä täytetään kolmessa pääkohdassa: ensimmäinen täyttö tehdään keskusvalmistuskuvien tullessa valmiiksi, toisen kerran kenttälaitesähkökuvien valmistuttua ja viimeisen kerran asennustyön jälkeen, kun viimeiset päivitykset kuviin on tehtynä. Sähkösuunnittelijan tekemän katselmointilomakkeen hyväksyy sähköpääsuunnittelija. Dokumentti ei ole sama kuin mekaniikkasuunnittelun käyttämä katselmointilomake. (Sähkösuunnittelu: TO305 2012, 3.)

Sähkösuunnittelija käyttää esitietoinaan muun muassa seuraavia esisuunnitteluvaiheen dokumentteja:

- I/O-lista
- moottori- ja toimilaiteluettelo
- lähtötietolomake.

(Sähkösuunnittelun työohjeet: TY305-01 2014, 6.)

Sähkösuunnittelu etenee yleisesti ottaen seuraavalla tavalla:

1. aloituskokous
2. sähkökeskusten suunnittelu
3. tarkastuskatselmus 1
4. kenttälaitteiden (sähkö)suunnittelu
5. tarkastuskatselmus 2
6. valmistukseen siirron kokous
7. tehdasvalmistuksen ja asiakkaalle asennuksen myötä tehtävät dokumenttipäivitykset.

(Sähkösuunnittelun työohjeet: TY305-01 2014, 6.)

Näistä suunnitteluvaiheista kenttälaitteiden sähkösuunnitteluosuus liittyy läheisimpänä vaiheena mekaniikka–sähkö -rajapintaan, sillä sähköosasto tekee suunnittelutyötä mekaniikkasuunnittelun laatiin mekaanisiin laitteisiin. Sähkösuunnittelu

tuottaa erilaisia dokumentteja liittyen kenttälaitteiden sähköistykseen. (Sähkösuunnittelun työohjeet: TY305-01 2014, 8.) Näistä eniten rajapinnan alueella esiintyy sähköpistelayout, jota käsitellään kappaleessa 2.8.9 *Sähköpistelayout*.

2.4.2 Paineilmasuunnittelu

Paineilmasuunnittelu on kuulunut Pesimal Oy:n historiassa mekaniikkasuunnittelun alle, mutta se oli siirtynyt kirjoitushetken lähiaikoina sähkösuunnittelun alaisuuteen. Tällöin paineilmasuunnittelijan esimieheksi on muuttunut sähkön suunnittelupäällikkö, mutta mekaniikan suunnittelupäällikkö neuvoo paineilmasuunnittelijoita tarvittaessa edelleen. Paineilmasuunnittelu koostuu mekaniikkasuunnittelun suunnitteleminen laitteiden pneumaattisten toimintojen vaatimien toiminnollisuuksien suunnittelusta esisuunnittelumateriaaliin perustuen. Paineilmasuunnitteluun luetaan siis kaikki suunnittelu asiakkaan ilmansyöttöpisteen ja mekaniikkasuunnittelijan määrittämän toimilaitteen välillä. (Mäki-Jussila 2019.)

Paineilmasuunnittelijan käyttämiä esitietoja saadaan esisuunnittelun tuottamista dokumenteista, aivan kuten mekaniikkasuunnittelija ja sähkösuunnittelijakin saavat: pääosin käytetään rajapintaan liittyen I/O-listaa, laiteluokitusta ja toimintakuvausta. Paineilmasuunnitteluun liittyen mekaniikkasuunnittelu määrittelee kaikki pneumaattiset toimilaitteet (kuten esimerkiksi sylinterit) johtuen siitä, että mekaniikkasuunnittelussa määritellään myös toimilaitteilta vaadittavat voimat ja muut ominaisuudet. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että paineilmasuunnittelu ei voi valmistua ennen kuin mekaniikkasuunnittelu on edennyt piirustuksiin asti, eli toisin sanoen toimilaitteet ovat lyötynä lukkoon. Tällöin paineilmasuunnittelija saa oikeat, lopulliset tiedot valituista komponenteista ja tätä kautta saa tietoonsa komponenttien liityntätiedot. (Mäki-Jussila 2019.)

Paineilmasuunnittelijan tehtäviin kuuluu kaikkien muiden paineilmakomponenttien valitseminen mitoituksen kautta: näitä komponentteja ovat muun muassa putkitukset, letkutukset, venttiilit ja paineensäätimet. Silloin tällöin näitäkin komponentteja näkee mekaniikkakuvissa, mutta ne ovat referenssinä, koska ne eivät ole mekaniikan tilaamia osia. Referenssiosat ovat mekaniikkakuvissa apuna muun muassa sovitusta varten ahtaissa kokoonpanoissa tai lisäselvyyden luomiseksi esimerkiksi

venttiiliblokkien kiinnittämisen yhteydessä. Paineilmasuunnittelun alkaessa mekaniikkasuunnittelua on yleensä tehty jo jonkin aikaa. Paineilmalinjoja ja -komponentteja mitoitettaessa käytetään apuna toimintakuvausta, sillä siinä on määritelty vaadittavat laitekapasiteetit. Tätä kautta paineilmasuunnittelija pystyy arvioimaan vaadittuja liikenopeuksia ja tätä kautta laskemaan esimerkiksi tarvittavan virtauksen sekä suunnittelemaan paineilmaverkon putkien halkaisijaa ja samalla muiden komponenttien kokoluokkia. (Mäki-Jussila 2019.)

2.5 Kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen tutkimus

Empiirisen tutkimustoiminnan alle kuuluu sekä kvalitatiivinen että kvantitatiivinen tutkimusote (Heikkilä 2014, 13). Usein kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta kutsutaan myös tilastolliseksi tutkimukseksi ja sen avulla selvitetään pääosin erilaisiin lukumääriin sekä prosentiosuuksiin liittyviä kysymyksiä. Aineisto kerätään usein erilaisilla kysymyslomakkeilla, joissa on valmiit vastausvaihtoehdot, ja koko tutkimusote edellyttää onnistuakseen tarpeeksi suurta ja edustavaa otosta. Asioiden kuvaus tehdään tyypillisesti numeeristen suureiden avulla ja tuloksia esitellään esimerkiksi erilaisten kuvioiden ja taulukoiden avulla. (Heikkilä 2014, 15.)

Tyypillisiä kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmiä ovat muun muassa henkilökohtaiset haastattelut, ryhmähaastattelut sekä valmiiden dokumenttien hyödyntäminen (Heikkilä 2014, 13). Kvalitatiivinen tutkimus hakee vastauksia esimerkiksi kysymyksiin ”*miksi?*” ja ”*miten?*” ja usein saavutettu aineisto on tekstimuotoista. (Heikkilä 2014, 15.) Kvalitatiivinen tutkimus sopii sellaisten aiheiden tutkimiseen, joita ei tunneta hyvin ja joita halutaan ymmärtää paremmin. Usein tarkoituksena on hankkia suhteellisen suppeasta tutkimusjoukosta paljon tietoa ja tätä kautta ymmärtää tutkittavaa ilmiötä paremmin. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2009, 94.)

Empiiriseen tutkimukseen hankittuja aineistoa luokitellaan usein primaariseen ja sekundaariseen aineistoon. Primaarinen aineisto on kerätty varta vasten kyseistä tutkimusta varten, kun taas sekundaarinen aineisto on olemassa jo ennen tutkimusta jostain muusta syystä. (Heikkilä 2014, 13.)

Tässä opinnäytetyössä aineisto on kerätty puolistrukturoidusti (määritellään kappalessa 2.6 *Haastattelulajit*) henkilö- ja ryhmähaastatteluiden avulla ja se on sekä äänimateriaalia että tekstitiedostoja. Äänimateriaalit ovat tutkimuksessa kerättyjä nauhoituksia, jolloin ne luetaan primaarisiksi aineistoksi. Lisäksi tutkimuksessa käytetään yrityksessä jo valmiiksi olleita dokumentteja, jotka ovat tutkimuksen sekundaarisena aineistona. Tutkimustapaan (suppea joukko ja haastattelut) ja aineistoon (äänitiedostot ja kirjalliset dokumentit) perustuen tutkimus on huomattavasti lähempänä kvalitatiivista kuin kvantitatiivista tutkimusmenetelmää.

2.6 Haastattelulajit

Erilaiset haastattelulajit voidaan jakaa kysymysten valmiuden ja sitovuuden mukaan kahteen luokkaan: strukturoituihin ja strukturoimattomiin haastatteluihin. Lomakehaastattelu on strukturoitujen haastattelujen ääripää. Se sisältää valmiit kysymykset sekä valmiiksi annetut vastausvaihtoehdot. Lomakehaastattelussa kysymykset esitetään kaikille haastateltaville henkilöille samassa muodossa ja järjestyksessä. Strukturoimaton haastattelu on rakenteeltaan avoimempi ja muistuttaa vapaata keskustelua. Tällaisessa haastattelussa sekä haastattelija että haastateltava voivat esittää puheenaiheita ja täten kuljettaa haastattelua kohti haluamaansa suuntaa. (Ruusuvuori & Tiittula 2005, 11-12.)

Strukturointiaste siis määrittelee, kuinka kiinteästi haastattelun kysymykset muotoillaan ja kuinka paljon haastattelija jäsentää haastattelutilannetta. Strukturoidun haastattelun eli lomakehaastattelun etuna on tuloksena saatujen tietojen käsittelynopeus, mutta taas toisaalta haastattelulomakkeen laatijalla on iso vaikutus haastattelun tuloksiin, sillä hän valitsee sekä kysymykset että vastausvaihtoehdot. Lomakehaastattelu sopiikin parhaiten esimerkiksi tilanteeseen, jossa haastattelija tietää etukäteen, millaista tietoa haastateltavilta voi saada. Strukturoimattomassa haastattelussa taas haastattelija rakentaa seuraavan kysymyksenä haastateltavan vastauksien pohjalta. (Hirsjärvi & Hurme 2015, 43-45.)

Strukturoitujen ja strukturoimattomien haastattelujen väliin sijoittuvat puolistrukturoidut haastattelut. Tällaiselle haastattelulle on ominaista, että jokin haastattelun näkökohta on lukittuna, mutta muut ovat vapaita. Esimerkiksi kysymykset voivat olla

samat, mutta niiden esittämisjärjestys muuttuu haastateltavien henkilöiden välillä. Toisen näkemyksen mukaan taas kysymykset ovat samat, mutta niille ei ole annettu valmiita vastausvaihtoehtoja kuten strukturoidussa haastattelussa on tapana. (Hirsjärvi ym. 2015, 47.)

Puolistrukturoidulle haastattelulle on siis ominaista, että kysymykset on laadittu ennakoon, mutta niiden järjestetystä ja sanamuotoa voidaan vaihdella, kuten edellisessä kappaleessakin mainittiin. Lisäksi sen ominaispiirteisiin kuuluu muokkautuvuus, eli tilanteeseen sopimattomat kysymykset voidaan jättää kokonaan kysymättä ja niiden sijasta voidaan esittää muita, haastattelun aikana mieleen tulevia kysymyksiä. (Ojasalo ym. 2009, 97.)

2.7 Järjestelmäintegraatio

Järjestelmäintegraatio voidaan määritellä esimerkiksi erilaisina tapoina ja teknikkoina, joiden avulla muutoin yhteensopimattomat ohjelmistot saadaan kommunikoidaan toisilleen. Ilman integraatiota ohjelmistot siis toimivat itsenäisesti hoitaen vain omia tehtäviään ilman keinoa siirtää tietoa toisilleen. Järjestelmäintegraatio koostuu yksinkertaisimmallaan kolmesta asiasta, jotka ovat informaation siirtäminen integroitavien ohjelmistojen välillä, tietomuunnokset järjestelmien omien esitysmuotojen välillä ja koko prosessin eli tiedonsiirron sekä tietomuunnosten kontrollointi ja tähän liittyvä valvonta ja raportointi. (Tähtinen 2005, 48-49.)

Yleisesti ottaen integraatoratkaisun yhteydessä on aina kaksi osapuolta: ostaja ja toimittaja. Varsinkin isoissa hankkeissa toimittaja on yleensä yrityksen ulkopuolinen taho. (Tähtinen 2005, 38-40.)

2.8 Rajapinnan lomakkeet

Tässä kappaleessa läpikäydään rajapinnan alueella merkittäväksi nähtyjä lomakkeita. Tarkasteltavat dokumentit on valittu haastatteluista saadun materiaalin perusteella.

2.8.1 I/O-lista

Haastattelujen sekä ryhmäkeskustelun perusteella I/O-lista on yksi kahdesta rajapinnan tärkeimmistä lomakkeista. Toinen kriittiseksi esiintynyt rajapinnan dokumentti on moottori- ja toimilaiteluettelo, joka esitellään seuraavassa kappaleessa.

I/O-listan tarkoituksena on esittää sähkö- ja automaatio suunnittelulle tiedot järjestelmään kytkettävistä tulo- ja lähtöpisteistä (*Input, Output*) (Pääsuunnitteluohjeet: TY303-01 2014, 14). Listaus sisältää rivikohtaisesti tiedot muun muassa I/O-pisteiden tunnuksista ja kuvauksista, osoitteen ohjainlaitteella sekä kytkettävän laitteen tyyppin ja toimintatavan (I/O-List: AL303-10-01 2017). Sähkösuunnittelu tarvitsee toteutussuunnittelun aloituksessaan I/O-listaa, ja sen koostaa yleensä sähköpääsuunnittelija. Tämä sähkösuunnittelun aloituksen lista tulee usein päivittymään suunnitteluprosessien edetessä. (Lahtinen 2019.)

2.8.2 Moottori- ja toimilaiteluettelo

Moottori- ja toimilaiteluettelon arvioitiin olevan ryhmäkeskustelun sekä haastattelujen perusteella toinen rajapinnan kriittisimmistä dokumenteista I/O-listan rinnalla.

Moottori- ja toimilaiteluettelo sisältää nimensä mukaisesti tietoja toimilaitteista, joita sähkö- ja automaatio suunnittelu tarvitsevat omassa toteutussuunnittelussaan (Esi-suunnittelu: TO303 2016, 7). Mekaniikkasuunnittelun tehtäviin kuuluu toimilaitteiden tehonmääritys ja täten sopivien toimilaitteiden, kuten esimerkiksi vaihdemoottorien, valinta. Mekaniikkasuunnittelu ei kuitenkaan yleensä merkitse komponentteja moottori- ja toimilaiteluetteloon, vaan se on sähkösuunnittelun tehtävänä. (Lahtinen 2019.)

Moottori- ja toimilaiteluettelo sisältää laitteen nimen sekä position ja siihen liittyvät toimilaitteet. Toimilaitteista merkataan esimerkiksi tunnus ja kuvaus, käyttöjännite, teho ja ohjauspaikka. Lisäksi jarrullisten vaihdemoottorien jarruista merkitään omat tietonsa näille varattuihin soluihin. Listaus sisältää sähkö-, paineilma- ja hydraulikkakomponentteja. (Motor- and Actuator List: AL303-09-01 2017.) Luettelo ei tilaa toimilaitteita, vaikka ne ovatkin siihen listattuna. Toimilaitteiden tilaaminen tapahtuu mekaniikkakuvien eli toisin sanoen mekaniikkasuunnittelun kautta. (Lahtinen 2019.)

Sähkösuunnittelu käyttää moottori- ja toimilaiteluetteloä esimerkiksi katsoessaan, pitääkö jollekin vaihdemoottorille suunnitella jarrunohjauspiiri. Tämä tieto on luettelossa kyseisen laitteen vaihdemoottorin kohdassa: jos vaihdemoottori on suunniteltu jarrullisena, on tietyt jarruun liittyvät solut täytetty. Tällöin sähkösuunnittelija suunnittelee jarrunohjauspiirin jarrun käyttämistä varten. (Harju 2019.)

2.8.3 Lähtötietolomake

Suunnittelun lähtötietolomake sisältää tarvittavaa tietoa sekä mekaniikka- että sähkösuunnittelijalle. Mekaniikan ja sähkön asiat ovat jaoteltuna omille välilehdilleen. Dokumentissa määritellään muun muassa suunnittelussa käytettävien komponenttien valmistajat, tyypit ja mahdolliset standardit. Samalla määritellään myös esimerkiksi käytettävät jännitteet ja taajuudet sähkösuunnittelua varten. (Pääsuunniteluohjeet: TY303-01 2014, 10.)

Mekaniikkasuunnittelija löytää lähtötietolomakkeesta esimerkiksi seuraavat asiat:

- sähkömoottorien ja vaihdemoottorien valmistaja, hyötysuhdeluokka ym.
- käytettävät tehonsiirtoelimet
- käytettävät laakerit
- käytettävä lineaaritekniikka
- käytettävä pneumatiikka
- käytettävä hydraulikka
- pintakäsittelyt
- energiansiirron komponenttivalmistajat
- mahdolliset erikoisvaatimukset.

(Suunnittelun lähtötiedot: SL303-03-01 2018.)

Sähkösuunnittelija löytää lähtötietolomakkeesta esimerkiksi seuraavat asiat:

- jännitteet
- taajuudet
- keskuksien komponentit
- kenttälaitteiden komponentit
- johtimien värikoodit.

(Suunnittelun lähtötiedot: SL303-03-01 2018.)

2.8.4 Laiteluokitus

Mekaniikan esisuunnittelun tuottamassa laiteluokituksessa määritellään laitteita koskevat perusmäärittelyt. Laiteluokitus on projektikohtainen dokumentti. Mekaanisten laitteiden kohdalla laiteluokitus sisältää laitekohtaisesti muun muassa:

- laitteen nimen
- position (eli sijainnin layoutissa)
- piirustusnumeron
- mahdollisen pohjaprojektin ja pohjalaitteen
- laitekategorian
- suunnitteluun liittyvän laitekohtaisen ohjeistuksen
- suoritusvaatimukset
- suunnittelijan
- suunnittelun prosentuaalisen etenemän
- suunnittelun ja toteutuneen suunnittelun aloituspäivän
- suunnittelun ja toteutuneen suunnittelun lopetuspäivän
- mahdollisen testauksen tarpeen.

(Laiteluokitus [viitattu 25.3.2019].)

Laiteluokituksessa valitaan suunniteltavalle laitteelle pohjalaite, jos se on mahdollista. Pohjalaite on uutta laitetta jollain tasolla vastaava, jo aikaisemmin suunniteltu

laite, jonka olemassa olevia ominaisuuksia voidaan hyödyntää uudessakin laitteessa. Laiteluokitukseen merkitään jokaisen laitteen kohdalla, onko se täysin samanlainen kuin pohjalaitteensa, pohjalaitteesta muunneltu laite vaiko täysin uusi laite. (Mattila 2019.) Näistä luokituksista on kerrottu lyhyesti kappaleessa 2.3 *Mekaniikkasuunnittelu*.

Sähkösuunnittelu käyttää samaa dokumenttia erilaisella tavalla. Sähkösuunnittelu on usein jaettuna erilaisiin alueisiin, joten laiteluokitus ei aina voi olla laitekohtainen sähkösuunnittelun näkökulmasta. Sähkön osalta laiteluokitus sisältää esimerkiksi laitteen tai kokonaisen alueen tiedot, lyhyen selityksen, suunnittelijan, suunnittelun prosentuaalisen etenemän, suunnitellun sekä toteutuneen suunnittelun aloituspäivämäärän ja suunnitellun sekä toteutuneen suunnittelun lopetuspäivämäärän. (Laiteluokitus [viitattu 25.3.2019].)

Laiteluokitus sisältää myös suunnittelun seurannan aikaisemman mainitun etenemän muodossa. Suunnittelijan on itse päivitettävä suunnittelun tila prosenttimuodossa välillä 0 – 100 %. Jos hän ei muista päivittää seurantaa, ilmoittaa dokumentinhallintajärjestelmä tästä hänelle ja pyytää tekemään päivityksen. (Laiteluokitus [viitattu 25.3.2019].)

2.8.5 Mekaniikan suunnittelukatselmuslomake

Suunnittelukatselmuslomakkeen käyttö riippuu mekaanisen laitteen kategoriasta laiteluokituksessa: esimerkiksi uusille laitteille on määrätty pidettäväksi katselmointitilaisuus, mutta laitteelle, jossa on vain vähäisenä pidettäviä muutoksia pohjalaitteeseensa nähden, katselmointia ei ole vaadittu pidettäväksi. Katselmointitilaisuuksista on täytettävä mekaniikan katselmointilomake. (Mekaniikkasuunnitteluohjeita: TY304-01 2018, 86.)

Mekaniikan katselmoinneissa on mukana laitteen mekaniikkasuunnittelija, mekaniikan pääsuunnittelija, mekaniikan suunnittelupäällikkö, projektipäällikkö ja lisäksi sähköpääsuunnittelija (Mekaniikkasuunnitteluohjeita: TY304-01 2018, 87).

Katselmoinnissa käydään lävitse laitteen mekaniikkasuunnitteluun liittyviä asioita. Samalla kaikki päälinjaukset kirjataan ylös niin, että asioista muodostuu ikään kuin muistilista mekaniikkasuunnittelijalle. (Suunnittelukatselmus: SL304-03 2016.)

Yleisesti ottaen laitteessa käytettävä anturointi käydään yhdessä laitteen katselmoineista lävitse ja samalla sähköpääsuunnittelija kirjaa anturoinnit katselmointilomakkeeseen ylös (Lahtinen 2019). Anturien läpikäynnin lomassa katselmointilomakkeeseen voidaan lisätä kuvakaappaus mekaanisesta laitteesta, johon on piirretty anturien sijainti sekä siihen liittyvät tarvittavat tiedot: näitä tietoja ovat esimerkiksi anturin valmistaja, malli, tyyppi ja nimikenumero. Samalla anturointiin koskien voidaan kirjoittaa lisätietoja esimerkiksi anturien sijoitteluun liittyen. Tällaista tietoa voi olla vaikkapa tietyn anturityypin suositeltu lukuetaisyys. (Suunnittelukatselmus: SL304-03 2016.)

Katselmointilomakkeen viimeisenä osana on viisitoistakohtainen muistilistaus, jossa on mekaniikka–sähkö -rajapintaan liittyen muutama kohta:

- ”Onko toimilaitteet mitoitettu ja mahdolliset muutokset ilmoitettu sähkösuunnitteluun?”
- ”Onko laitteen sähköreitit suunniteltu?”
- ”Onko laitteen paineilmareitit suunniteltu?”

Näihin kohtiin merkataan suunnittelun tilanteen perusteella myöntävästi tai kieltävästi. (Suunnittelukatselmus: SL304-03 2016.)

2.8.6 Piirustuskatselmus

Piirustuskatselmointi on viimeinen osuus mekaniikan piirustusluettelodokumenttia. Sen läpikäyminen on mekaniikkasuunnittelijan vastuulla ennen hänen piirtämiensä kuvien hyväksyntäkierroksen aloittamista. Kun mekaniikkasuunnittelija laittaa piirustusluettelon hyväksyntäkierrokselle, käy luettelo ja siihen liittyvät valmistus- ja koonpanokuvat tietyn ennalta määrätyn tarkistuskierron lävitse, ennen kuin ne

siirtyvät virallisesti hankintaan. Piirustusluettelo on valmistusta varten tehtävä laitekohtainen dokumentti, jossa on käsiteltyinä valmistettavat eli piirustukselliset osat. (Piirustusluettelo [viitattu 7.3.2019].)

Varsinainen piirustuskatselmus on laitekohtainen tarkastustaulukko, jonka laitteen mekaniikkasuunnittelija täyttää. Piirustuskatselmus sijaitsee piirustusluettelon lopussa. Se sisältää muutamia rajapintaan liittyviä tarkastuskohtia, joita ovat esimerkiksi seuraavat:

- ”Onko paineilma-, hydraulikka- ja sähköreitit kuvissa?”
- Onko I/O- ja toimilaiteluettelon mahdolliset muutokset ilmoitettu sähkösuunnitteluun?”

Osasta tarkastuskohdista on myös erillinen lisäohjeistus kysymykseen liittyen. Ohjeistusta ei kuitenkaan ole I/O-listaan eikä moottori- ja toimilaiteluetteloon liittyen. (Piirustusluettelo [viitattu 7.3.2019].)

2.8.7 MCH-Test -lomake

MCH-Test -lomake koostuu kahdesta erilaisesta osuudesta: ensimmäinen osuus on kokoonpanossa tehtävää tarkistusta varten oleva muistilista. Tarkastusprosessin asiat liittyvät mekaniikkaan, paineilmaan, hydraulikkaan sekä sähköön. Ensimmäinen osuus liittyy siis sekä mekaniikka- että sähkösuunnittelun asioihin. (MCH-Test: SL403-03-01 2018.)

Toinen osuus on niin sanottu poikkeamaosuus, johon merkataan tietynlaiset poikkeamat, jotka on jo yleensä korjattu kokoonpanossa raportoinnin hetkellä. Poikkeamaosuus kattaa sellaiset ongelmat, jotka voidaan korjata kokoonpanossa ilman suunnittelulta odotettavia ohjeita tekemiselle. Ilmoittamisen hyötynä on se, että poikkeamat eivät jatka seuraaviin laitteisiin, jos käsiteltävä laite toimii jatkossa uuden laitteen pohjalaitteena. Ongelmat ovat siis tarkennuksena sellaisia, jotka eivät juuri vaadi suunnittelu-aikaa ratkaisujen hakemiseen. Tällaisia haasteita ovat esimerkiksi liikkuvien osien osuminen suojaelmenteihin, jotka kokoonpano on sitten muokannut

niin, että kontaktia ei enää synny. Lomakkeeseen merkataan kyseenomaisen laitteen nimi sekä piirustusnumero ja tarvittaessa ongelmallisen alikokoonpanon tai osan piirustusnumero. Dokumenttiin lisätään yksi tai useampi kokoonpanossa otettu kuva ongelmallisesta kohdasta, ja lisäksi asiasta raportoiva henkilö kirjoittaa selkeän kuvauksen, mistä asiassa on loppujen lopuksi kyse. (MCH-Test: SL403-03-01 2018.) Tätä poikkeamaosuutta käytti kirjoittamishetkellä pelkästään mekaniikka: sähköön liittyviä kommentteja ei poikkeamaosuuksista löytynyt.

MCH-Test -lomakkeet tulevat kootusti suunnittelupäälliköille. Mekaniikkaosaston tapauksessa suunnittelupäällikkö hajauttaa dokumentit resursoinnin mukaisesti mekaniikkasuunnittelijoille, ja merkitsee vastuullisen suunnittelijan erilliseen huomautuskenttään. Varsinainen ilmoittaminen suunnittelijalle on kuitenkin manuaalinen prosessi, joka tapahtuu esimerkiksi sähköpostia hyödyntämällä. Kun mekaniikkasuunnittelija on tehnyt toimenpiteet, kuittaa hän toimet suoritetuksi suunnittelupäällikölle manuaalisesti esimerkiksi sähköpostin avulla. Tällöin suunnittelupäällikkö kuittaa dokumentin valmiiksi: tämäkin on manuaalinen prosessi, mutta kuittaamisesta lähtee automaattinen tieto lomakkeen luoneelle henkilölle. (Laamanen 2019.)

2.8.8 Action Item List -lomake

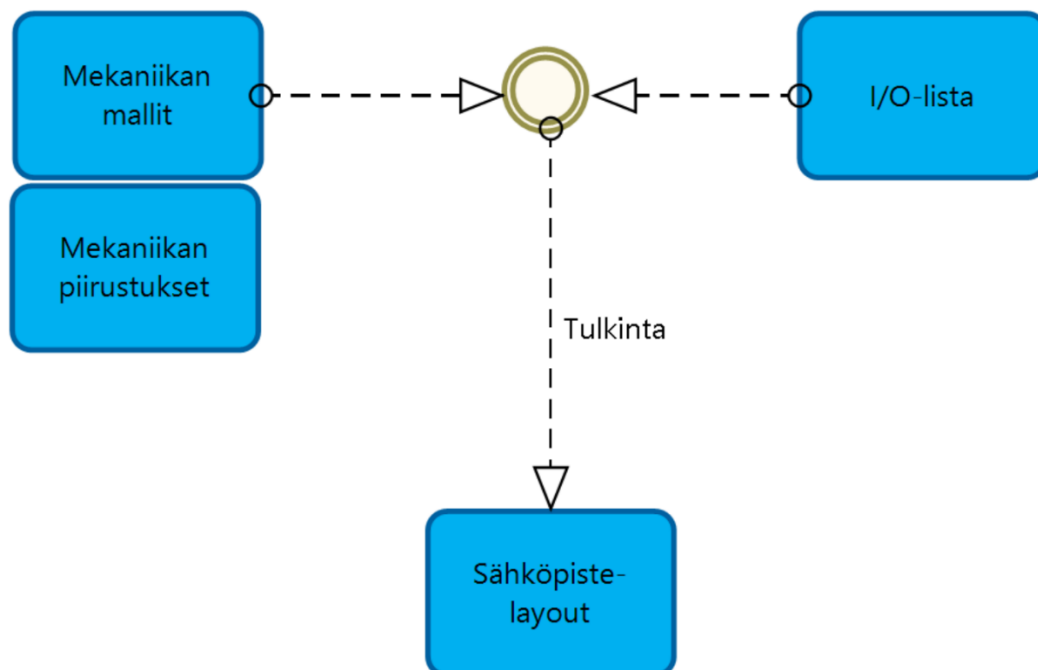
Action Item List -lomakkeet ovat projektikohtaisia, ja niihin kerätään laitekohtaisesti esiintyneitä haasteita. Dokumenttiin merkitään laitteen lisäksi muun muassa huomion tekijä, vaadittu korjauspäivämäärä, korjauksen valmistuminen, toiminnan suorittamisesta vastuussa oleva henkilö sekä poikkeamaan liittyvä kuvaus. Lomake on tarkoitettu kaikille laitteisiin liittyville asioille, eli se sisältää muun muassa mekaniikan ja sähkön asioita. Dokumenttia täyttää pääosin projektipäällikkö, ja sen täyttö alkaa useimmiten laitteiden testausvaiheessa ja jatkuu asiakkaan luona käyttöönoton yhteydessä. (Action Item List: SL209-01-02 2017.)

Action Item List -dokumentti oli kirjoitushetken tiedon perusteella muuttumassa tikkettytyypiseksi kirjaamiseksi ja sen on tarkoitus tulla *M-Files*-dokumentinhallintajärjestelmän alle.

2.8.9 Sähköpistelayout

Sähköpistelayout on sähkösuunnittelijan tuottama dokumentti, jota kokoonpano käyttää asentaessaan laitekohtaisia anturointeja. Se koostetaan laitteen mekaniikkamallista tehdyn kolmiulotteisen kuvan pohjalle, johon merkataan anturit erilaisilla symboleilla. Sähköpistelayout ottaa kantaa yleisesti anturien asentoihin esimerkiksi valokennojen tapauksessa: katkoviiva osoittaa havaitsemissuunnan. (Sähköpistelayout [viitattu 7.3.2019].)

Sähköpistelayout rakennetaan hyödyntämällä periaatteessa kolmea muuta tiedostoa: 3D-laitekokoonpanoa sekä kokoonpanokuvaa ja sähköpääsuunnittelijan tekemää I/O-listaa. Sähkösuunnittelijan täytyy sijoittaa sähköpistelayouttiin kaikki laitekokonaisuuden anturit oikeilla I/O-listasta löytyvillä tunnuksilla. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että sähkösuunnittelijan on kyettävä päättämään sähköpääsuunnittelijan kirjoittamasta kuvauksesta, mikä anturi on oikein kyseessä (kuvaus löytyy I/O-listasta omasta solustaan). Sähkösuunnittelija katsoo anturien paikat mekaniikkakokoonpanoista ja kuvista, ja sijoittelee I/O-listalla olevat anturit sähköpistelayouttiin samoihin kohtiin. (Harju 2019.)



Kuvio 2. Sähköpistelayoutin koostaminen.

Kuviossa 2 on esitetty sähköpistelayoutin koostamisprosessi, jossa sähkösuunnittelija hyödyntää vasemmalla olevia mekaniikkasuunnittelijan tuottamia materiaaleja yhdistellen tietoa sähköpääsuunnittelijan tuottamasta, oikealla olevasta I/O-listasta.

2.8.10 Anturointidokumentti

Anturointidokumentti on projektikohtainen tiedosto, ja se sisältää yleensä koko projektilayoutin laitteet. Mikäli projektille on tehty anturointidokumentti, on se sähköpääsuunnittelijan tekemä. (Anturointidokumentti [viitattu 4.4.2019].)

Anturointidokumentti sisältää laitekohtaiset kuvat, jotka ovat yleensä kuvakaappauksia layoutkuvasta. Anturointi käydään lävitse laite kerrallaan (laitteesta kerrotaan nimi ja positio), ja yleensä käsittelyyn merkataan anturin valmistaja, tyyppi ja usein myös nimikenumero. Anturin tarkkaa sijaintia ei ole yleensä merkittynä, mutta laitteiden 2D-kuviin on merkattu anturien havaitsemissuunnat ja suurpiirteiset sijainnit. Samalla jokaisen anturin käyttötarkoitusta on kuvattu lyhyellä sanallisella kuvauksella. (Anturointidokumentti [viitattu 4.4.2019].)

3 HAASTATTELUT

3.1 Nykytilanne

Mekaniikka- ja sähkösuunnittelun yhteistyössä oli havaittu erilaisia haasteita ennen opinnäytetyön aloittamista. Osa poikkeamista koski muutostilanteiden kommunikaatiota, jonka takia esimerkiksi projektiin tehtävät korjaustoimenpiteet olivat epäonnistuneet. Sähkösuunnittelun antamat muutokset mekaniikkasuunnitteluosastolle eivät olleet esimerkiksi joissain tapauksissa toteutuneet ollenkaan, eli muutoksen toteuttaminen oli pysähtynyt johonkin kohtaan prosessia. Tämän taustalla oletettiin olevan ennen opinnäytetyön tekemistä kommunikaatiovaikeudet. Kommunikaatio-ongelmia oli havaittu myös vanhojen projektien päivitystöissä. Usein pienet muutokset olivat kaikista epävarmimpia toteutumaan ilman virheitä prosessin loppuun asti. Projektin aikaisista muutoksista ei pidetä suunnittelun katselmointitilaisuutta, mikä voi toisaalta johtaa kommunikaatiossa ilmenemiin ongelmiin – tästä voi seurata prosessin läpimenon vaikeutuminen. Haasteita ei esiinny määrällisesti niin paljon, että voitaisiin puhua tilanteen olevan erityisen huonolla mallilla, mutta silti olemassa olevat poikkeamat olisi hyvä löytää ja ratkaista – ne aiheuttavat joka tapauksessa turhia kustannuksia.

Mekaniikkasuunnittelun päätoimipaikkana on Seinäjoki, kun taas sähkösuunnittelu sijoittuu pitkälti Kauhajoen toimistolle. Tämä asettaa tiedonsiirrolle erilaisia vaatimuksia verrattuna tilanteeseen, jossa molemmat suunnitteluosastot sijaitisivat samassa paikassa. Yhdessä sijainnissa olevat suunnitteluosastot kykenisivät huomattavasti helpommin kasvotusten käytävään, suoraan tiedonsiirtoon, jota voidaan pitää melko nopeana ja tehokkaana viestintätapana. Sijaintierosta johtuen tiedonsiirtoa suoritetaan pääosin etäviestimiä käyttäen.

Projektin aikaisissa muutostilanteissa oli havaittu, että kommunikointi ei välttämättä toimi asiaa hoitavien suunnittelijoiden välillä. Havaittuna oli myös tilanteita, joissa ei välttämättä edes tiedetty, kuka hoitaa kyseisen laitteen suunnittelua toisella osastolla. Tällainen tilanne oli esiintynyt esimerkiksi muodossa, jossa mekaniikkasuunnittelija ei tiennyt kuka hänen mekaanisesti suunnittelemaan laitteeseen tekee myöhemmin sähkösuunnittelun. Tällöin vastapuolen henkilöön on luonnollisesti vaikea

saada yhteyttä, jos yhteydenotolle ilmenisi tarvetta. Mekaniikka- ja sähkösuunnittelija eivät siis saa muutosprosessia eteenpäin jostain syystä, ja taustalla oletettiin ennen tutkimusta olevan kommunikaation vähäisyys tai sen puuttuminen kokonaan. Tällaisissa tilanteissa on vaadittu edistäviä toimia, jotka esimerkiksi mekaniikan suunnittelupäällikkö on joutunut toteuttamaan. Toimet ovat olleet muun muassa palaverien sopimista suunnittelijoiden puolesta, jotta vaadittavaa muutosta saataisiin edistettyä. Palaverien sopiminen ja muu ylimääräinen työ kuluttaa suunnittelupäälliköltä periaatteessa turhaan resursseja.

Laitteiden valmistus sekä kokoonpano tapahtuvat pääosin Viron Saussa ja suunnittelu taas Suomessa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jos jokin virhe huomataan kokoonpanon aikana, on tästä kommunikoitava ulkomaille (eli suunnitteluosastoille). Tilanne olisi toinen, jos valmistus sekä kokoonpano tapahtuisivat lähempänä suunnittelua: tällöin muun muassa mekaniikka- ja sähkösuunnittelijat voisivat käydä pienellä vaivalla paikan päällä tarkistamassa mistä ongelmasta on oikein kyse ja päästä tätä kautta kehittämään ratkaisua suhteellisen nopeasti. Tällä hetkellä ongelmatilanteita joudutaan kuitenkin kartoittamaan esimerkiksi sähköpostitse ja erityisen lomakkeen kautta, mikä on todennäköisesti hitaampaa verrattuna tilannetta aikaisemmin selostettuun versioon, missä suunnittelijat pääsevät itse nopeasti ja suhteellisen pienellä vaivalla paikan päälle.

Jo opinnäytetyön aloituksessa oli tiedossa, että yrityksen erikoisuus – jatkuvasti muuttuva tuote – luo pohjan monille haasteille. Jos yrityksessä valmistettaisiin sarjatuotantona samoja tuotteita, olisi monet haasteet korjattavissa ja prosessiketju hiottavissa hyvin toimivaksi paljon helpommin. Kokonaisuudessaan aloitustilanne oli ryhmäkeskustelun perusteella melko hyvällä mallilla, mutta nämä erilaiset poikkeamat haluttaisiin saada jatkossa minimoitua ja siksi niille haetaan uusia näkökulmia sekä ratkaisuja.

3.2 Ryhmäkeskustelu

Ennen yksilöhaastatteluja pidettiin vapaamuotoinen ryhmäkeskustelu Kauhajoella viiden henkilön kanssa. Mukana oli edustusta mekaniikka-, sähkö- ja automaatio-osastoista. Mekaniikka- ja sähkösuunnittelusta mukana olivat myös osastojen suunnittelupäälliköt. Ryhmäkeskustelun tarkoituksena oli tiedottaa opinnäytetyön olemassaolosta, rakenteesta sekä tulevista henkilöhaastatteluista. Samalla sen ajateltiin herättelevän mahdollisia ajatuksia jo etukäteen ennen varsinaisia haastattelutilanteita. Keskustelussa käsiteltiin lyhyesti eri suunnitteluprosesseja ja syntyviä dokumentteja: samalla mainittiin opinnäytetyön näkökulmasta kaksi tärkeintä mekaniikan ja sähkörajapinnassa olevaa lomaketta, jotka ovat I/O-lista ja moottori- ja toimilaiteluettelo.

Varsinainen kirjoitettu osuus keskustelun ja sitä seuranneen tarkastelutilaisuuden sisällöstä sijaitsee liitteessä 1 *Ryhmäkeskustelu*.

3.3 Henkilöhaastattelujen suunnittelu ja kysymyslistan koostaminen

Haastattelutilannetta suunniteltaessa syntyi perusajatus haastattelulle sopivasta strukturointiasteesta (termi käsitelty kappaleessa 2.6 *Haastattelulajit*). Koska kartoitettavat haasteet olivat tuntemattomia opinnäytetyön tekijälle, oli täysin strukturoidun haastattelun suunnittelu periaatteessa mahdotonta: tätä tilannetta ei voisi siis kartoittaa strukturoidulle haastattelulle ominaisilla valmiilla vastausvaihtoehdoilla. Toisaalta taas liian avoin haastattelu, jossa esitetään vain muutama kysymys, voisi johtaa koko haastattelutilanteen harhaan alkuperäisistä tavoitteista: haastateltava vastaisi kysymykseen, mutta sitten harhautuisi kertomaan asian vierestä. Näistä syistä haastattelusta rakennettiin puolistrukturoitu: haastattelutilanne rakentui valmiiksi mietittyjen kysymysten pohjalle, mutta vastauksen osuus jätettiin täysin avoimeksi, eli toisin sanoen valmiita vastausvaihtoehtoja ei asetettu. Lisäksi oli mahdollista esittää tarkentavia tai avustavia kysymyksiä. Haastattelussa oli mahdollisuus muuttaa kysymysten järjestystä tilanteen mukaan, ja lisäksi niiden muotoilu ei ollut tarkka rakenteellisesti: kysymyksen muoto voisi tilanteesta riippuen vaihdella. Lisäksi luotiin kysymyslistan ulkopuoliset, asiaa tarkentavat kysymykset.

Haastattelujen lähtökohtaisena tavoitteena oli kerätä tietoa mekaniikka- ja sähkösuunnittelun yhteistyön ongelmista. Ennen haastatteluja oli tiedossa, että ainakin osa haasteista koskee osastojen välistä viestintää. Tämä tarkoitti kuitenkin sitä, että myös muita ongelmia oli mahdollista löytää, joten kysymysten koostamisessa piti välttää aiheen liiallista rajaamista.

Henkilöhaastatteluita suunniteltaessa itse haastattelutilanteet päätettiin nauhoitettaviksi. Tämän avulla haastattelumateriaaliin oli mahdollista palata sitä analysoitaessa.

Ennen kysymyslistan laatimista ja laatimisen aikana oli hyvä pyrkiä ymmärtämään itse suunnitteluprosessin kulku yleisellä tasolla, sillä itse prosessistakin voisi löytyä ongelmia. Poikkeamat voisivat liittyä normaalisti kulkevaan suunnitteluprosessiin tai sitten esimerkiksi aikaisemminkin mainittuihin tilanteisiin, joissa vaadittiin jokin muutos olemassa olevaan. Haastattelukierrosta varten suunniteltiin yksi kysymyslista, eli toisin sanoen sama lista oli käytössä sekä mekaniikkasuunnittelijoita että sähkösuunnittelijoita haastateltaessa. Jos ensimmäisten mekaniikkasuunnittelijoiden haastattelut olisivat osoittaneet, että kysymyslista on syystä tai toisesta huonosti tarkoitukseensa soveltuva, olisi sitä voinut tässä vaiheessa muokata.

Henkilöhaastatteluita suunniteltaessa todettiin myös opinnäytetyön kirjoittajan toimesta se, että tilanne, jossa haastateltava ei ole törmännyt rajapinnan ongelmiin, olisi mahdollinen. Tällaisen tilanteen olemassaoloa oli kuitenkin mahdoton todeta haastattelijan tai haastateltavan näkökulmasta, sillä tilanne voisi aluksi vaikuttaa tältä, mutta myöhemmin henkilölle tulee jotain asioita mieleen. Tilannetta, jossa yhteenkään rajapinnan ongelmatapaukseen ei törmättäisi, pidettiin siis epätodennäköisenä. Aikaisemmin käsiteltyjen avustavien ja tarkentavien kysymysten käyttö olisi voinut olla ratkaisevaa tällaisissa tilanteissa: haastateltava olisi voinut tietää asiasta jotain, mutta ei olisi osannut yhdistää tietoaan alkuperäiseen kysymykseen, jolloin avustavan kysymyksen avulla olisi voinut saada muuten kuulematta jääviä tietoja aiheesta.

Varsinainen haastattelussa käytetty kysymyslista löytyy tämän työn liitteenä 2 *Henkilöhaastatteluiden kysymyslomake*.

Listan alkupäähän sijoitettiin kolme kysymystä, jotka käsittelivät haastateltavaa henkilöä. Ensimmäisenä kysyttiin haastateltavan nimi sekä asema, jotta hän olisi nopeammin löydettävissä esimerkiksi analysointivaiheen aikana. Tämän jälkeen toisena kysymyksenä henkilöltä kysyttiin hänen työuransa pituus kyseisessä yrityksessä. Tämän ajateltiin vaikuttavan haastateltavan kokonaiskuvaan mekaniikka- ja sähkösuunnittelun rajapintaan liittyen. Perusolettamus oli, että mitä pidempään haastateltava oli yrityksessä työskennellyt, sitä enemmän hänellä olisi kokemusta rajapinnasta, sillä se on muuttunut vuosien aikana ja siitä on todennäköisesti ehtinyt kertyä enemmän erilaisia kokemuksia verrattuna uuteen työntekijään. Tämän jälkeen kolmannen kysymyksen avulla selvitettiin, onko haastateltava toiminut saman alan vastaavissa yrityksissä, jolloin mahdollisia eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä toiminnassa on mahdollista kartoittaa haastattelun aikana ja mahdollisesti myös sen jälkeen.

Näiden kolmen kysymyksen jälkeen siirryttiin itse rajapinnan haasteiden käsittelyyn. Neljännen kysymyksen tarkoitus oli kartoittaa, mitä haasteita mekaniikka- ja sähkösuunnittelun rajapinnassa esiintyy tällä hetkellä haastateltavan mielestä. Tämän jälkeen pyritään kartoittamaan, liittyvätkö ongelmat aina samoihin asioihin vai ovatko ne aina toisistaan eriäviä. Tällä kysymyksellä on mahdollista löytää jokin aiheen taustalla vaikuttava suurempi asia, mikä johtaa useampiin ongelmiin. Tällaisen asian löytäminen olisi tietysti hyvä asia, sillä sen poistaminen voisi ratkaista useita rajapinnan haasteita yhdellä kertaa.

Seuraavan eli viidennen kysymyksen avulla koitettiin kartoittaa tilanteita, joissa haasteita on havaittu ilmenevän. Apukysymyksen kautta tutkitaan, ilmenevätkö haasteet normaalissa suunnitteluprosessissa vaiko esimerkiksi muutostilanteissa. Tämän jälkeen kuudennen kysymyksen avulla haetaan työvaihetta, jossa ongelmia ilmenee. Tarkentavana kysymyksenä kysytään toistuvuutta: tähän pätee sama asia kuin aikaisemminkin, eli jos toistumista on havaittu, voi tämän poikkeaman ratkaisu olla erityisen tärkeää. Seuraavaksi kysytään lisäkysymyksenä ongelman ilmenemisevaiheen ajallista etäisyyttä sen syntyvaiheeseen nähden. Tällä koitettiin selvittää,

eteneekö syntynyt ongelma kauas ennen kuin se tulee havaituksi. Seitsemännen kysymyksen avulla koitettiin selvittää, miten poikkeama tulee tiedostetuksi.

Kahdeksannen kysymyksen avulla haettiin suunnittelijan näkemystä suunnitteluprosessista esimerkiksi hänen toimenpiteidensä kautta, joita hän tekee rajapinnassa eli yhteistyössä vastapuolen suunnitteluosaston kanssa. Toisena alakysymyksenä selvitettiin, mitä lomakkeita hän käyttää rajapinnan alueella. Tämän kysymyksen avulla voitaisiin tarkkailla, eroavatko käytetyt dokumentit ja täten toimintatavat suunnittelijoiden välillä. Mikäli eroavaisuutta esiintyy, on taustasyitä lähdettävä tutkimaan: taustalla voivat vaikuttaa esimerkiksi liian sekavat lomakkeet, huonot ohjeet tai jokin muu mahdollinen syy. Yhdeksäs kysymys liittyy samaan aiheeseen: sen avulla haetaan tietoa, mitä kautta mekaniikkasuunnittelija saa sähköihin liittyvät tiedot. Tässä tapauksessa vastaukset voivat liittyä aiemmassa kysymyksessä mainittuihin dokumentteihin, sillä siellä on mekaniikkasuunnittelijan tarvitsemaa tietoa muun muassa anturien suhteen. Jos mekaniikkasuunnittelija ei kuitenkaan mainitse tässä yhdeksännessä kohdassa olemassa olevia lomakkeita, voi niissä olla jotain vikaa tai sitten olemassa voi olla mahdollisesti parempi reitti tarvittavan tiedon hankkimiseksi. Kymmenes kysymys hakee tietoa aikaisemmissa kappaleissa esiintyneeseen kaapelien sivureittiin ja sen suunnitteluun. Mekaniikkasuunnittelijan tehtäviin kuuluu myös sivureittien suunnittelu, jolloin tähän kysymykseen pitäisi jokaisen mekaniikkasuunnittelijan kohdalla saada positiivinen vastaus. Jos positiivista vastausta ei kuitenkaan jostain syystä saada, on taustasyys tälle selvitettävä.

Yhdestoista kysymys käsittelee rajapinnan alueella tapahtuvaa muutosprosessia: sen avulla koetetaan saada selville, mitä kautta tieto muutoksesta kulkee tällä hetkellä. Tällä kartoitetaan esimerkiksi tilannetta, jossa sähkösuunnittelu on vaihtanut jonkin laitteessa olevan anturin, ja anturille pitäisi tehdä uusi jalka sekä kiinnitys mekaniikkasuunnitteluosastolla. Kysymys hakisi esimerkkitilanteesta tietoa siitä, mitä kautta sähkösuunnittelija tiedottaa muutoksesta mekaniikkasuunnittelijalle. Lisäkysymyksien avulla selvitetään, onko tiedonkulkureittejä useampia kuin yksi, mikä tavoista on toimivin muutoksen käsittelyssä ja millaiseen tilaan muutosprosessi jää alkuperäisen tehtävänannon jälkeen. Viimeisin lisäkysymys selvittää, kuitataanko muutokset tehdyksi jollain tavalla vai jääkö viestintä esimerkiksi tilaan, jossa tieto

muutoksesta on annettu ja tehtävä on kuitattu vastaanotetuksi. Tällaisessa tapauksessa tehtävänantaja siis olettaisi, että tehtävän vastaanottaja hoitaa asian, vaikka kuittausta suorittamisesta ei välttämättä koskaan kuuluisikaan.

Kahdestoista kysymys on suunnattu sähkösuunnittelijoille. Sen avulla tutkitaan eri reittejä, joita he käyttävät hankkiessaan tietoa mekaniikkasuunnittelijoilta sähkösuunnittelun aloituspalaverin jälkeen. Samalla pyritään selvittämään, mikä reiteistä on sähkösuunnittelijan mielestä paras. Kolmastoista kysymys käsittelee eri kommunikaatioreittejä mekaniikka- ja sähkösuunnittelijan välillä. Lisäkysymyksenä selvitetään, tapahtuuko yhteydenpito oma-aloitteisesti vaiko jonkun ulkopuolisen henkilön tekemästä aloitteesta johtuen. Mekaniikan suunnittelupäällikön mukaan tällaisia aloitteita on tarvittu joissain tapauksissa yhteydenpidon syntymiseksi, mistä kerrottiin kappaleessa 3.1 *Nykytilanne*. Neljästoista kysymys pyytää haastateltavaa kertomaan kokemistaan esimerkkitilanteista, joissa aikaisemmin käsitellyjä ongelmia on esiintynyt. Samalla kerätään tyypillisimmät poikkeamat, syitä poikkeamien taustalla sekä mahdollisia ratkaisuehdotuksia poikkeamien välttämiseksi jatkossa. Viidestoista kysymys koittaa kartoittaa alustavasti syitä ongelmien taustalla. Se on olemassa analysoinnin helpottamista varten, sillä haastateltavalta on mahdollista saada hyvää tietoa ongelmien taustasyistä. Jos ongelmien syntyperä saadaan jo haastattelussa selville, on niihin liittyvien ratkaisuehdotuksen tekeminen huomattavasti helpompaa: haastattelua ei tarvitse tämän suhteen analysoida ja yrittää etsiä ongelmien todellista syntyä, jos jo haastateltava tietää sen. Voi toki olla myös mahdollista, että haastateltava tietää syntyä yhden, mutta niitä on olemassa enemmänkin. Tämän takia analysointia ei voi jättää kokonaan tekemättä.

Kuudestoista kysymys etsii valmiita ratkaisuehdotuksia olemassa oleviin, haastattelun kartoittamiin haasteisiin. Lisäkysymykset ohjaavat ajattelua lomakkeisiin sekä muutosprosesseihin. Suunnittelijat ovat saattaneet pohtia asiaa jo aikaisemmin törmätessään mahdollisiin ongelmiin, jolloin heillä voi olla hyviä ehdotuksia asian ratkaisemiseksi. Näitä ehdotuksia voidaan pohtia sekä jatkojalostaa myöhemmin esimerkiksi välikokoontumisen, toisen haastattelukierroksen tai sitten lopullisten muutosehdotuksen suunnittelun aikana.

Seuraavat kaksi kysymystä käsittelevät suunnitteluosastojen ja kokoonpanon sijaintieroja. Seitsemästoista kysymys hakee haastateltavalta asioita, joihin toimistojen

välimatka hänen mielestään vaikuttaa. Kahdeksastoista kysymys taas kartoittaa kokoonpanon ja testauksen sijaintieroja suhteessa suunnittelutoimintaan. Yhdeksästoista kysymys selvittelee yritykseen vuonna 2019 käyttöönotettavan uuden *PLM*-järjestelmän tuomia mahdollisuuksia ongelmien ratkaisussa. Kahdeskymmenes kysymys kerää kaikki kysymysten ulkopuolella olevat kehittämisajatukset, joita haastateltavalla voi vielä olla.

3.4 Mekaniikkasuunnittelija Sampo Kaunismäki

3.4.1 Haastateltavan esittely

Ensimmäinen haastateltu henkilö on mekaniikkasuunnittelijana toimiva Sampo Kaunismäki. Vuonna 2015 hän toimi yrityksessä viisi kuukautta alihankintasuunnittelijana. Kirjoitushetkellä Kaunismäki on työskennellyt yrityksen sisäisenä mekaniikkasuunnittelijana vuoden ajan. Lisäksi hän on toiminut erilaisissa konepajayrityksissä ennen Pesmel Oy:tä.

3.4.2 Haastattelun analysointi

Kaunismäen haastattelusta on löydettävissä viisi rajapinnassa esiintyvää haastetta, jotka ovat seuraavat:

1. Mekaniikan aloituskokoukseen ei osallistu sähkö- ja PLC-suunnittelu.
2. Virallista, selkeää tiedonsiirtoreittiä ei ole osastojen välillä.
3. Tiedonsiirto sisältää epävarmuuden.
4. Tiedonsaanti lomakkeista on työllistävää.
5. Hajonneisuus hidastaa toimintaa.

Kaunismäellä on tilanteen parantamiseksi viisi ratkaisuehdotusta, joista osa liittyy suoraan edellä mainittuihin ongelmiin ja osa rajapinnan yhteistyön yleiseen parantamiseen:

1. Aloituskokouksesta tehtävä kolminainen.

2. Projektille rakennettava sisäiset työtiimit.
3. Uuden PLM-järjestelmän hyödyntäminen.
4. Uuden sähkömekaniikkasuunnittelijan tehtävän hyödyntäminen.
5. Uusi, kokoonpanokuvasta rakennettava negatiivikuva.

3.5 Mekaniikkasuunnittelija Mikko Hautala

3.5.1 Haastateltavan esittely

Hautala on toiminut yrityksessä mekaniikkasuunnittelijana vuodesta 2014. Hän on työskennellyt ennen Pesmel Oy:tä muun muassa Plantool Oy:ssä, ABB Oy:ssä ja Finn-Power Oy:ssä.

3.5.2 Haastattelun analysointi

Hautalan haastattelussa ilmenee yhteensä yhdeksän rajapinnassa havaittua haastetta, jotka ovat seuraavat:

1. Suunnitteluprosessit ovat eriaikaisia.
2. Sähkökomponenttien suhteen on sopivuusongelmia.
3. Asiakkaalla ja kokoonpanossa lisättävät anturit eivät kulkeudu dokumentoitaviksi.
4. Rajapinnan lomakkeet ovat vaikealukuisia ja sijaitsevat useissa eri kansioissa.
5. Tämän hetkiset tiedotuskanavat ovat epävarmoja tiedon säilymisen ja kulkeutumisen suhteen, olemassa ei ole yhtä selkeää tiedonsiirtokanavaa.
6. Kaapelireiteistä sivureittien informaatio on usein puutteellista, eikä niitä suunnitella niin hyvin kuin pääreittejä.
7. Kokoonpanon ja tuotannon sijaintiero suhteessa suunnitteluun hidastaa toimintaa.
8. Kokoonpanon ja tuotannon sijaintiero suhteessa suunnitteluun vaikeuttaa kommunikaatiota kielieron takia ja voi aiheuttaa myös kielikynnyksen ongelmista ilmoittamiselle.

9. Suunnittelun aikaiselle muutosprosessille ei ole seurantaakin kuten normaaleille prosesseille on (laiteluokituksen seuranta).

Hautalan haastattelusta on löydettävissä kaksi ratkaisuideaa, jotka ovat seuraavat:

1. Uuden PLM-järjestelmän hyödyntäminen työn seurannassa.
2. Nykyisen dokumentinhallintajärjestelmän hyödyntäminen työn seurannassa.

3.6 Tuoteryhmän pääsuunnittelija Rami Mannila

3.6.1 Haastateltavan esittely

Mannila on työskennellyt Pesmel Oy:ssä 10 vuotta mekaniikkasuunnittelijana, ja osan tästä ajasta tuoteryhmän pääsuunnittelijana (termi on käsitelty kappaleessa 2.2 *Esisuunnittelu*). Lisäksi hän on työskennellyt RD Velho Oy:n alaisuudessa.

3.6.2 Haastattelun analysointi

Mannilan haastattelusta on löydettävissä 10 haastetta, jotka haittaavat rajapinnan yhteistyötä:

1. Suunnitteluprosessit ovat eriaikaisia.
2. Anturien läpikäyminen ei ole virallisesti vaadittu prosessi.
3. I/O-lista on sekava.
4. Suunnittelukatselmoinnin lomaketta ei aina tehdä.
5. Lisätilauksissa mekaniikan listaus ajaa vain mekaniikan ja paineilman osat.
6. Mekaniikkasuunnittelijan tekemä johtojen määrittely.
7. Kokoonpano ja valmistus ratkovat ongelmia itsenäisesti, eivät ilmoita tehtyjä toimenpiteitä suunnitteluosastoille.
8. Muutosprosessilla ei ole virallista tiedonkulkureittiä.
9. Valmistus ja kokoonpano sijaitsevat ulkomailla.
10. Sivureittien suunnittelu on tapauskohtainen asia.

Mannilan ratkaisuehdotuksina rajapinnan haasteisiin ovat I/O-listaan lisättävät positiot sekä rakenteen tallennuksen kautta kulkeva tieto mekaniikkamalleihin sijoitetuista antureista.

3.7 Sähkösuunnittelija Kaisli Tuokkola

3.7.1 Haastateltavan esittely

Kaisli Tuokkola on toiminut Pesimal Oy:ssä 22 vuotta. Tuona aikana hän on tehnyt pääosin sähkösuunnittelua, mutta myös myyntiosastolle on tehty töitä sähkötarjouslaskennan muodossa. Ennen nykyistä yritystä Tuokkola on toiminut vastaavanlaisessa yrityksessä kuusi vuotta tehden sähkötarjouslaskentaa.

3.7.2 Haastattelun analysointi

Tuokkolan haastattelusta on löydettävissä neljä rajapinnan haastetta:

1. Sähköpistelayoutin tekemiseen sisältyy epävarmuus.
2. Tieto vakiosta poikkeavasta kaapelista ei aina tule sähkösuunnitteluun.
3. Kaikista kokoonpanossa havaituista ongelmista ei raportoida.
4. Suunnitteluosastojen ja kokoonpanon sijaintiero hidastaa toimintaa, lisäksi mukana on kielikynnys.

Tuokkolalla on kaksi rajapinnan toimintaa mahdollisesti helpottavaa ehdotusta:

1. Mekaniikkakuviin on saatava tieto, joka yhdistää kuvan I/O-listaan.
2. Dokumenttien lukemisesta on järjestettävä molemminpuolinen koulutus.

3.8 Sähkösuunnittelija Tiina Siirilä

3.8.1 Haastateltavan esittely

Tiina Siirilä on työskennellyt Pesmel Oy:ssä vakituisesti noin 16 vuotta. Tätä ennen hän on ollut myös koulun harjoittelun kautta samassa yrityksessä.

3.8.2 Haastattelun analysointi

Siirilän haastattelussa ilmenee neljä rajapinnassa olevaa haastetta:

1. Tiedonsiirto ei toimi muutostilanteissa.
2. Anturien sijoittelu sähköpistelayouttiin sisältää epävarmuuden.
3. Anturien löytäminen on ongelmallista mekaniikan dokumenteista.
4. Laitteen vastasuunnittelijaa ei tunneta.

Siirilällä oli haastatteluhetkellä kaksi rajapinnan yhteistyötä auttavaa ideaa:

1. Anturit on nimettävä mekaniikkakuviin mekaniikka- ja sähköpääsuunnittelijan yhteistyönä.
2. Anturityyppi on lisättävä suoraan sähköpistelayouttiin.

3.9 Pääsuunnittelija Jani Harju

3.9.1 Haastateltavan esittely

Jani Harju on toiminut aikaisemmin Pesmel Oy:n alaisuudessa sähkösuunnittelijana, mutta haastattelun suorittamisen ajankohtana hän oli kuitenkin siirtynyt jo sähkö-/automaatiopääsuunnittelijan toimiin. Harju on työskennellyt Pesmel Oy:ssä kolme ja puoli vuotta.

3.9.2 Haastattelun analysointi

Haastattelussa ilmi tulleet asiat kuvastavat todennäköisesti lähes täysin sähkösuunnittelijan näkökulmasta ilmi tulleita asioita, sillä Harju oli haastatteluhetkellä ehtinyt toimia pääsuunnittelijana lyhyen ajan suhteessa aikaisempaan työtehtävään sähkösuunnittelijana.

Harju mainitsi haastattelussaan viisi rajapinnassa vallitsevaa haastetta:

1. Asiakkaan luona tai kokoonpanossa tehdyt muutokset eivät saavuta suunnitelua.
2. Tietoa ei osata etsiä oikeasta paikasta ja/tai sitä ei osata tulkita tarpeeksi.
3. Alihankintasuunnittelun käyttöön liittyen alihankintasuunnittelija ei ole enää välttämättä sähköpistelayoutin koostamisen aikana paikalla.
4. Sähköpistelayoutin koostamiseen sisältyy epävarmuus.
5. Kokoonpanon sijainti on haasteellinen suhteessa suunnitteluun.

Harju esitti haastattelussaan kehitysidean I/O-listan suhteen: sinne olisi hyvä saada tieto liikkuvista mekaanisista kokonaisuuksista, sillä liikkeeseen joutuvien kaapelien tulee olla erikoiskaapeleita.

3.10 Pääsuunnittelija Marko Viitala

3.10.1 Haastateltavan esittely

Marko Viitala työskentelee Pesimal Oy:ssä mekaniikan pääsuunnittelijana. Työuraa on yrityksessä kertynyt haastatteluhetkellä 12 vuoden ajalta. Hän on työskennellyt myös kokoonpano- ja valmistustyössä elintarviketeollisuuden tehtävien laitteiden parissa ennen valmistumistaan. Viitala työskentelee tällä hetkellä pääosin hyllystöhissien parissa.

3.10.2 Haastattelun analysointi

Viitalan haastattelusta on nähtävillä neljä rajapinnassa vaikuttaa haastetta:

1. Suunnitteluprosessit ovat eriaikaisia.
2. Suunnittelija ei tiedä kuka vastasuunnittelija on.
3. I/O-lista on hankalakäyttöinen.
4. Toimistojen sekä valmistuksen ja kokoonpanon välillä on sijaintiero.

Viitalalla on rajapintaan liittyen kolme kehitysehdotusta:

1. Sähkösuunnittelun ennakoitua on lisättävä.
2. Anturien sovitteluun otettava mukaan myös liitinmalli.
3. Sähköpääsuunnittelijan kanssa käytävä anturitarkastelu mekaniikkasuunnittelun päätteeksi.

3.11 Pääsuunnittelija Kari Mattila

3.11.1 Haastateltavan esittely

Kari Mattila toimii Pesmel Oy:ssä mekaniikan pääsuunnittelijana. Hän on toiminut yrityksessä 12 vuotta, ja ennen pääsuunnittelijan tehtäviä hän on toiminut myös mekaniikkasuunnittelijana samassa yrityksessä.

3.11.2 Haastattelun analysointi

Mattilan haastattelusta on löydettävissä yhteensä viisi rajapinnan alueella vaikuttavaa haastetta:

1. Esisuunnitteluprosessit eivät limittäydy tarpeeksi hyvin.
2. Muutostieto tulee liian myöhään suhteessa tekemiseen.
3. Suurten sähkökomponenttien tarve muuttuu suunnittelun edetessä.
4. Viestintävälineitä on tällä hetkellä liikaa.
5. Hajallaan oleva sijainti aiheuttaa haastetta.

Mattila ehdottaa ratkaisuideana ensimmäisen ongelman suhteen sähkösuunnittelun ennakoinnin lisäämistä.

3.12 Pääsuunnittelija Juha Lahtinen

3.12.1 Haastateltavan esittely

Juha Lahtinen on toiminut Pesmel Oy:n alaisuudessa 22 vuotta, joista noin kymmenen vuotta nykyisellä sähkö-/automaatiopääsuunnittelijan tittelillä. Hän on työskennellyt aikaisemmin muun muassa PLC-suunnittelijana ja laitteiden käyttöönotossa samassa yrityksessä. Lahtinen aloitti työt Pesmel Oy:ssä suoraan koulusta valmistuttuaan.

3.12.2 Haastattelun analysointi

Lahtisen haastattelussa esiintyy mekaniikka – sähkörajapintaan liittyviä haasteita kahdeksan kappaletta. Listattuna haasteet ovat seuraavat:

1. Alihankintasuunnittelu ja uudet työntekijät eivät tunne henkilöitä ja/tai työtehtäviä.
2. Tiedonsiirrossa on ongelmia.
3. Komponenttien kanssa on sopivuusongelmat.
4. Harvinaisten ostolaitteiden tilaus on ongelmallista.
5. Moottori- ja toimilaiteluettelo sisältää epävarmuuden.
6. Nykyiset katselmointilomakkeet ovat epäaktiivisia.
7. Nykyiset tiedonsiirtoreitit ongelmallisia.
8. Toimistojen ja kokoonpanon sijaintierot vaikeuttavat toimintaa.

Lahtisella on rajapintaan liittyen neljä ehdotusta:

1. Moottori- ja toimilaiteluettelolle on tehtävä lopputarkastus.
2. Katselmointilomakkeet on rakennettava aktivoivimmiksi.
3. Yleistä aktiivisuutta ja oma-aloitteisuutta on lisättävä.
4. Mekaniikkasuunnittelun loppuun on asetettava loppukatselmointi.

3.13 Pneumatiikka- ja layoutsuunnittelija Tapio Mäki-Jussila

3.13.1 Haastateltavan esittely

Mäki-Jussila on työskennellyt Pesmel Oy:ssä noin viisi vuotta. Hän tuli yritykseen suorittamaan koulun harjoittelujaksoa ja koulutehtävien jälkeen toimet mekaniikkasuunnittelijana jatkuivat noin kaksi vuotta. Tämän jälkeen mekaniikkasuunnittelun rinnalla tehtiin myös paineilmasuunnittelua noin vuoden ajan, ja viimeiset kaksi vuotta Mäki-Jussila on tehnyt pelkästään paineilmasuunnittelua.

3.13.2 Haastattelun analysointi

Mäki-Jussila näkee rajapinnan alueella yhdeksän haastetta, jotka ovat:

1. Suunnitteluosastojen välillä on tiedonsiirron ongelmia.
2. Projektin aikainen muutosprosessi ei ole selkeä ja virallinen.
3. Kokoonpanossa havaitut ongelmat ja tehdyt lisäykset eivät saavuta suunnittelua.
4. Muutostoimenpiteillä ei ole automaattista huomautusta nykyisessä dokumentinhallintajärjestelmässä.
5. Muutoksista tuleva tieto tulee lukuisia tiedonsiirtoreittejä pitkin.
6. Välitetyillä tehtävillä ei ole jäljitettävyyttä.
7. Lomakkeissa on ongelmia.
8. Viestintävälineissä on epävarmuutta.
9. Sijaintiero suunnittelun sekä kokoonpanon suhteen vaikeuttaa toimintaa.

Mäki-Jussilalla on rajapinnan alueen toimintaan liittyen kolme ideaa, jotka voisivat parantaa tilannetta:

1. Luodaan selkeä prosessitiedosto, jota suunnittelijat täyttävät.
2. Luodaan automaattinen palautteen ohjaus suunnitteluun.
3. Rakennetaan muutosprosessille kirjoitettu ohjeistus.

3.14 Suunnittelupäälliköt Petteri Laamanen ja Harri Hautala

3.14.1 Haastateltavien esittely

Laamanen toimii Pesmel Oy:ssä mekaniikkasuunnitteluosaston suunnittelupäällikkönä. Hän on ollut yrityksessä noin 18 vuotta. Ennen suunnittelupäällikön tehtäviä Laamanen on työskennellyt mekaniikkasuunnittelijan, paineilmasuunnittelijan sekä mekaniikkasuunnitteluosaston pääsuunnittelijan tehtävissä.

Hautala työskentelee Pesmel Oy:ssä sähkösuunnitteluosaston suunnittelupäällikkönä. Hautala on työskennellyt yrityksessä noin 14 vuotta, ja on toiminut tänä aikana pääosin sähkösuunnitteluosaston erilaisissa toimissa, kuten sähkösuunnittelijana sekä pääsuunnittelijana.

3.14.2 Haastattelun analysointi

Laamasen ja Hautalan yhteishaastattelusta on löydettävissä rajapintaan liittyviä haasteita yhteensä neljä kappaletta:

1. Muutosprosessin hallinta ei ole hyvä.
2. Projektin aloitus on liian mekaniikkavetoinen.
3. Sijaintierot aiheuttavat haastetta.
4. Valmistuksesta puuttuu työnjohtoporras.

Ratkaisuehdotuksia he mainitsivat yhteensä kolme kappaletta:

1. Muutosprosessista tehdään projektipäällikkövetoinen.
2. Otetaan käyttöön työmääräin.
3. Hyödynnetään *Product Owner* -toimijaa.

3.15 Benchmarking-toiminta

Benchmarking-toiminnassa eli vertailuanalyysissa organisaatio vertaa omaa toimintaa ja prosessia toisen organisaation vastaaviin kohteisiin. Vertailuanalyysi auttaa tunnistamaan heikkouksia omasta toiminnasta sekä kehittämään näihin heikkouksiin parannusideoita. (Benchmarking. [viitattu 15.4.2019].)

Benchmarking perustuu kiinnostukseen toisten yritysten toiminnasta. Useimmiten keskitytään menestyviin organisaatioihin, joilta pyritään oppimaan menestyksen taustalla olevia syitä. (Ojasalo ym. 2009, 163.)

3.15.1 Yritys- ja henkilöesittely

Benchmarking-vaihe suunniteltiin pidettäväksi Skype-palaverina. Benchmarking-yritykseksi valikoitui Raute Oyj. Maailman laajuisesti toimivan yrityksen pääpaino on puutuoteteollisuuden tarpeissa. Tärkeimmät asiakasteollisuuksista ovat vaneri- ja viilupalkkiteollisuus. Yrityksen teknologiatarjonta kattaa asiakkaan laitteet koko tuotantoprosessin laajuudessa. (Tietoa Rautesta. [viitattu 9.4.2019].) Raute Oyj tarjoaa sekä tuotteita että palveluita. Projektitoimituksia tehdään yksittäisistä koneista kokonaiseen tehtaisiin ja lisäksi yritys tarjoaa muun muassa kunnossapito-, varaosa- ja modernisointipalveluita. (Tuotteet ja palvelut. [viitattu 9.4.2019].) Benchmarking-vaiheessa Raute Oyj:tä edusti Janne Kousa. Hän toimii yrityksessä mekaniikan suunnittelupäällikkönä.

3.15.2 Haastattelun analysointi

Haastattelun perusteella myös Raute Oyj:ssä projektit ovat mekaniikkavetoisia. Suunnittelua tehdään myös siellä alihankintana. Yhtenä suurena erona ovat erikseen olevat tuotekehitys- ja projektisuunnitteluosastot, joita Pesimal Oy:ssä ei ole virallisesti eroteltuna.

Haastattelun mukaan Raute Oyj:n mekaniikka- ja sähkösuunnittelu sijaitsivat samassa rakennuksessa ja kokoonpanotoimintaa oli samalla tontilla suunnittelun

kanssa. Silti informaation kulussa oli huomattavissa haasteita: asioista keskusteltiin samassa rakennuksessa sähköpostin välityksellä eikä toisen luokse menemällä. Tämän taustalla uskottiin olevan suoran, kasvokkain käytävän keskustelun korkeampi aloituskynnys verrattuna sähköpostien kirjoittamiseen. Kun ihmiset tuntevat toisensa ja käyttävät toistensa kanssa säännöllistä suoraa kommunikaatiota, toimii kommunikaatio paremmin. Aloitekynnys oli haastattelun mukaan pahin silloin, jos siihen yhdistyy sekä välimatka että alihankintasuunnittelu.

Haastattelun perusteella uudenlaisten laitteiden mekaniikkasuunnittelun aloitukseen pyritään saamaan mukaan myös automaation mielipiteet ottamalla palaveriin mukaan myös automaatio suunnittelua. Samantapainen idea esiintyi myös yrityksen sisäisissä haastatteluissa kolminaisen aloituskokouksen ja PO-toimijan muodossa, joita käsitellään kappaleessa 5.4.2 *Kolminainen mekaniikan aloituspalaveri*.

Järjestelmäintegraation mahdollinen hyödynnettävyys keskittyy haastattelun perusteella ainoastaan muutostenhallintaan: sen avulla voisi olla mahdollista aikaansaada komponentteihin liittyvä linkitys, jolloin muutostieto saataisiin automaattisesti tarvitseville osastoille esimerkiksi komponenttia vaihdettaessa.

Tietyn aikavälein järjestettävät keskustelutilaisuudet voisivat toimia haastattelun perusteella informaatiokulun tehostamisessa. Tällöin on mahdollista, että aloitekynnys keskusteluun olisi huomattavasti matalampi koska ihmiset keskustelisivat esimerkiksi samassa tilassa jo valmiiksi samanlaisista aiheista.

Haastattelussa ilmeni myös idea projektiryhmäkohtaisista työsjainneista. Tällöin samassa projektissa olevat eri osastojen toimijat olisivat toistensa läheisyydessä, jolloin keskustelun aloittaminen voisi olla helpompaa. Samalla projektin edetessä ihmiset tutustuisivat toisiinsa työn kautta, jolloin jatkossa kommunikaation aikaansaaaminen olisi todennäköisesti helpompaa. Samanlainen ehdotus esiintyi myös yrityksen sisäisessä haastattelussa, ja sitä on käsitelty kappaleessa 5.4.4 *Projektikohtaiset työtiimit*. Haastattelun perusteella suunnittelusta pois päin tapahtuva muutokseen liittyvä viestintä tapahtui sähköpostilla: tähän liittyi fakta siitä, että viestin lähettäjällä on suuri vaikutus muutoksen toteutumiseen viestinnän kautta, sillä hän päättää viestin jakelun. Suunnitteluun saapuva muutosviestintä tapahtui yhtä, virallista reittiä pitkin. Tämä reitti oli palautejärjestelmä, jota ei tätä tarkemmin käsitelty.

4 HAASTEIDEN KOONTI JA ANALYSOINTI

4.1 Löytyneet haasteet

Löytyneet haasteet on ensin lueteltu tämän otsikkotason alla kootusti suunnitteluosastoittain, sillä osasto vaikuttaa todennäköisesti asioiden tulkitsemiseen. Esimerkiksi saman asian ympärillä suoritettavat tehtävät eroavat riippuen osastosta. Varsinainen analyysi on tehty kappaleessa 4.2 *Haasteiden analysointi* yhdistellen saman tyyppisiä poikkeamia toiston vähentämiseksi.

4.1.1 Pääsuunnittelu

Pääsuunnittelun alaisuuteen ei ole luettu Jani Harjua, koska hän oli toiminut haastatteluhetkellä vasta hetken sähköpääsuunnittelijan toimessa. Hänen haastattelunsa sisältö on sijoitettuna täten varsinaisen sähkösuunnittelun alle.

Pääsuunnittelijoiden haastatteluista oli löydettävissä kootusti seuraavat haasteet:

1. Anturien ja muiden komponenttien sopimattomuus rakenteeseen.
2. Tiedonsiirrossa olevat ongelmat:
 - a. Viestintävälineitä on liikaa.
 - b. Tiedonsiirto on ongelmallista, reitit ovat ongelmallisia.
3. Moottori- ja toimilaiteluettelo sisältää epävarmuuden.
4. Sijaintierot aiheuttavat haastetta.
5. Suunnittelija ei tiedä kuka vastasuunnittelija on.
6. Suunnitteluprosessit ovat eriaikaisia.
7. Suurten sähkökomponenttien tarve muuttuu suunnittelun edetessä.
8. Muutostieto tulee liian myöhään suhteessa tekemiseen.
9. Esisuunnitteluprosessit eivät limittäydy tarpeeksi.
10. Alihankintasuunnittelu ja uudet työntekijät eivät tunne henkilöitä ja/tai työtehtäviä.
11. Harvinaisten ostolaitteiden tilaus on ongelmallista.
12. I/O-lista on hankalakäyttöinen.

13. Nykyiset katselmointilomakkeet ovat epäaktiivisia.

4.1.2 Mekaniikkasuunnittelu

Mekaniikkasuunnittelijoiden haastatteluista on löydettävissä kootusti seuraavat haasteet:

1. Sivureittien informaatio on usein puutteellista.
2. Sivureittejä ei suunnitella yhtä hyvin kuin pääreittejä.
3. Sähkökomponenttien yhteydessä on sopivuusongelmia.
4. Toiminta on liian hajanaista.
5. Virallinen, selkeä tiedonsiirtoreitti puuttuu.
6. Tiedonsiirto sisältää epävarmuuden.
7. Kokoonpanossa lisättävät anturit eivät kulkeudu dokumentoitavaksi.
8. Asiakkaalla lisättävät anturit eivät kulkeudu dokumentoitavaksi.
9. Tämän hetkiset tiedotuskanavat ovat epävarmoja tiedon säilymisen ja kulkeutumisen kannalta.
10. Muutosprosessilla ei ole virallista tiedonkulkureittiä.
11. Tiedonsaanti lomakkeista on työllistävää.
12. Lomakkeet sijaitsevat useassa eri paikkaa.
13. Suunnittelukatselmuksen lomaketta ei aina täytetä.
14. Mekaniikan aloituskokoukseen ei osallistu sähkö- ja PLC-suunnittelu.
15. Suunnitteluprosessit ovat eriaikaisia.
16. Muutosprosessille ei ole tällä hetkellä mitään seurantaa.
17. Lisätilaus ajaa vain mekaniikan ja paineilman osat.
18. Mekaniikkasuunnittelijan tekemä johtojen määrittely on ongelmallista.
19. Ahtaissa kokoonpanoissa ongelmana pneumatiikan ja sähkönsäilyminen mekaniikkakuvissa referenssinä.
20. Anturien läpikäyminen ei ole virallisesti vaadittu prosessi.
21. Projektin aloitus on liian mekaniikkavetoinen.

4.1.3 Sähkösuunnittelu

Sähkösuunnittelijoiden haastatteluista on löydettävissä kootusti seuraavat haasteet:

1. Toiminta on liian hajanaista:
 - a. lisäksi mukana on kielikynnys.
2. Tieto vakiosta poikkeavasta kaapelista ei tule aina sähkösuunnitteluun.
3. Tiedonsiirto ei toimi muutostilanteissa.
4. Laitteen vastasuunnittelijaa ei tunneta.
5. Asiakkaan luona tehty muutos ei tule dokumentoiduksi.
6. Kokoonpanossa tehty muutos ei tule dokumentoiduksi.
7. Tietoa ei osata etsiä oikeasta paikasta ja/tai sitä ei osata tulkita tarpeeksi.
8. Suunnitteluosastojen välinen tiedonsiirto ei toimi.
9. Muutosprosessi ei ole selkeä eikä virallinen.
10. Muutostoimenpiteistä ei ole automaattista huomautusta nykyisessä dokumentinhallintajärjestelmässä.
11. Muutoksista tuleva tieto kulkee useita eri reittejä.
12. Välitetyillä tehtävillä ei ole jäljitettävyyttä.
13. Tämän hetken viestintävälineet sisältävät epävarmuuden.
14. Sähköpistelayoutin tekemiseen sisältyy epävarmuus.
15. Anturien löytäminen on ongelmallista mekaniikan dokumenteista.
16. Lomakkeissa on ongelmia.
17. Alihankintasuunnittelija ei ole välttämättä sähköpistelayoutia koostettaessa paikalla.
18. Valmistuksesta puuttuu työnjohtoporras.

4.2 Haasteiden analysointi

Tässä kappaleessa on kerätty haastatteluissa esiintyneitä ongelmia yhdistellen eri suunnitteluosastoilla havaittuja asioita. Jokaisen poikkeaman kohdalla on pyritty pohtimaan myös sen varsinaista syntyisyyttä, jos sellainen oli eroteltavissa.

4.2.1 Sijaintierot

Jokaisen osaston haastatteluissa ilmeni sekä **suunnittelutoimistojen välisen sijaintieron** että **suunnittelun ja kokoonpanon välisen sijaintieron luomia haasteita**. Seurauksina olivat muun muassa työllistävämpi tiedonsiirtoprosessi: sijaintierosta seuraa esimerkiksi suuremmat vaatimukset tiedonsiirrolle, sillä asioista ei voi lähteä helposti kertomaan paikan päälle kasvotusten, vaan on hyödynnettävä erilaisia etäviestintätapoja. Suunnittelun ja kokoonpanon sijaintieroon liittyen mainittiin myös **kielikynnys**, sillä kokoonpano tapahtuu ulkomailla. Tämä voi tuoda kynnysen esimerkiksi esiintyneistä poikkeuksista ilmoittamiselle. Todennäköisesti hajallaan oleva sijainti mahdollistaa tai vahvistaa myös muita esiintyneitä haasteita, kuten esimerkiksi muutosprosessissa olevia ongelmia. Sijaintieroon on mietitty ratkaisua kappaleessa 5.4.8 *Uudelleen sijoittuminen*.

4.2.2 Sähkökomponenttien sekä kaapelireittien haasteet

Sähkökomponenttien sopimattomuudesta löytyi tietoa mekaniikkasuunnittelusta. **Hautalan Mikko** arvioi, että tämän ongelman taustalla on pääosin tunnettu fakta **prosessien eriaikaisuudesta**: sähköön vaatima tilantarve mekaanisen laitteen kyydissä voi muuttua kesken suunnitteluprosessin, jolloin mekaniikan alussa vaarainen tila voi jäädä liian pieneksi, mikä johtaa sopivuusongelmiin. Sopivuusongelmat koskevat lähinnä kookkaita sähkökomponentteja, kuten sähkökaappeja. **Suunnitteluprosessien eriaikaisuus** esiintyi myös pääsuunnittelijoiden haastatteluissa. Pääsuunnittelun näkökulmasta mekaniikka- ja sähkösuunnitteluprosessien eriaikaisuus esiintyi **Viitalan**, **Mattilan** ja **Lahtisen** haastattelussa. **Mattilan** haastattelussa esiintyneet puheenaiheet liittyivät lähinnä esisuunnitteluprosessien eriaikaisuuteen. Haastetta luovat yhtä lailla suuret tehtaan layouttiin esisuunnitteluvaiheen aikana

tulevat sähkökomponentit, kuten sähkökaapit, joiden koko tai lukumäärä voi muuttua sähkösuunnittelun edetessä, sillä tarvittavien asioiden hahmottaminen paranee sähkösuunnitteluprosessin edetessä ja voidaankin huomata, että alun perin tehty tilavaraus ei tule riittämään tarvittaville sähkökomponenteille. Lisäksi **Mattila** mainitsi liian **myöhässä tulevista muutostiedoista**, mikä liittyi sähkösisuunnittelun antamiin tietoihin: tämänkin asian taustalla on todennäköisesti se, että sähkösuunnittelun kokonaiskuva projektista paranee projektin edetessä, jolloin uusia tarpeita sähkövedoille voi ilmetä projektin edetessä. Nämä uudet tiedot ovat sitten mekaniikkaesisuunnitteluun nähden liian myöhäisiä, sillä mekaniikka on jo ikään kuin kulkenut tästä vaiheesta ohitse. **Lahtisen** haastattelun mukaan eriaikaisuudesta seuraa yhtä lailla muun muassa sopivuusongelmia esimerkiksi sähkökaappien suhteen, koska mekaniikkasuunnittelun varaama tila ei välttämättä riitä, jos sähkösuunnittelu toteaa vaadittavan tilan tarpeen muuttuvan isommaksi sähkösuunnitteluprosessin edetessä ja tilanteen muuttuessa selkeämmäksi. Jos kaappeihin pitääkin saada enemmän komponentteja, ei mekaniikan varaama tila ole välttämättä enää riittävä.

Kirjoittajan mielestä mekaniikka- ja sähkösuunnitteluprosessien eriaikaisuus on pitkälti haaste, jota voi tuskin mitenkään poistaa johtuen luonnollisesta toimintajärjestyksestä: ensin suunnitellaan mekaaninen laite, johon sitten suunnitellaan sähkövarustelu. Sähkövarustelun suunnittelu ei ole siis mahdollista ilman mekaniikkasuunnittelun tulosta, sillä sähkösuunnittelulle ei ole tällöin käytännössä mitään pohjaa mille suunnitella: tiedossa ei ole edes laitteen ulkomuotoa, saati sitten vaikka liikeratoja. Tähän ongelmaan on kuitenkin vähintään helpottavia keinoja, joista yksi on esitelty kappaleessa 5.4.1 *Sähkökomponentit sekä kaapelireitit*. Tässä kappaleessa käsiteltävällä ennakoinnilla eriaikaisuuden luomia haasteita pystyisi kirjoittajan mielestä lieventämään.

Mannilan mukaan anturien läpikäyminen ei ole virallisesti vaadittu prosessi, jolloin asetettavat anturit tulevat mekaniikkasuunnittelijan tietoon jostain lukuisista tiedonsiirtoreiteistä hyödyntäen: sähköpääsuunnittelija voi käydä kertomassa ne paikan päällä tai laittaa ne esimerkiksi sähköpostiviestin välityksellä. Anturien suhteen on hyvä tiedostaa niiden sijoitteluun liittyvä prosessi sekä sen taustatietoja. Mekaniikkasuunnittelun tuottamissa piirustuksissa noudatetaan pääosin seuraavaa pää-

rakennetta edeten isommasta pienempään: pääkoonpanokuva, alikoonpanokuvat, mahdolliset koneistus- ja hitsauskuvat sekä yksittäisten komponenttien valmistuskuvat. Mekaniikka- ja sähkösuunnittelun rajapintaan keskittyessä on huomioitava, että sähkön komponentit ovat malleissa sekä kuvissa referenssiosina: tällaiset osat esiintyvät mekaniikkakuvissa katkoviivoilla, eivätkä mekaniikan kuvat myöskään tilaa niitä. Referenssiosat eivät myöskään näy valmistuskuvien osalueteloissa (eivätkä tällöin tule tilatuiksi niin kuin todettua). Lisäksi on tiedostettava, että vain osa sähkön komponenteista esiintyy mekaniikan kuvissa: näitä esiintyviä osia ovat suuremmalta osin erilaiset anturit, kun taas esimerkiksi johdotuksia ei ole näkyvissä ollenkaan.

Anturien sovittaminen kuuluu mekaniikkasuunnittelijan tehtäviin oman laitekoonpanonsa kohdalla: hänen on sovittava sähköpääsuunnittelijan päättämät ja I/O-listaan täten merkitsemät anturit sähköpääsuunnittelijan määräämiin sijainteihin sekä samalla tulee suunnitella anturille tuleva kiinnitys (esimerkiksi ohutlevystä tehtävä teline). Koonpanossa havaittava anturien sopimattomuus suunnitellulle paikalle voi kirjoittajan mielestä johtua kolmesta eri syystä: joko anturimallia ei ole sovitettu kokoonpanoon 3D-tasolla, sovittava malli on väärä suhteessa nimikkeeseen tai anturi on vaihtunut toiseen kesken suunnitteluprosessin, ja tieto tästä ei ole kulkeutunut mekaniikkasuunnittelijalle. Hautalan Mikon haastattelussa kävi kuitenkin ilmi, että nykyään mallit ovat pitkälti oikeat, eikä ristiriitoja esiinny nimen ja 3D-mallin välillä juuri ollenkaan. Malli voi olla myös väärä sen suhteen, että mekaniikkasuunnittelija sovittaa tietämättään eri mallia kuin mitä sähköpääsuunnittelija on I/O-listaan muokannut: varsinainen sähkösuunnittelu merkitsee tilattavat anturit juuri I/O-listan pohjalta, eikä täten käytä tässä kohtaa mekaniikan kokoonpanomalleja. Mekaniikkasuunnitteluohjeiden perusteella mekaniikkasuunnittelijan on tarkastettava anturityyppi I/O-listasta, mutta haastattelujen perusteella harva mekaniikkasuunnittelija osaa käyttää listausta yksinään ilman sähköpääsuunnittelijan avustusta.

Käytännössä anturit asetetaan kokoonpanoihin kolmesta syystä:

1. Voidaan todeta, että kyseinen anturi sopii sille varattuun paikkaan.
2. Anturille voidaan suunnitella esimerkiksi anturitelinet oikealle etäisyydelle funktiosta riippuen.

3. Sähkösuunnittelu tarvitsee anturien sijaintitiedon omassa toiminnassaan koostessaan sähköpistelayoutia.

Anturien läpikäymisen ollessa epävirallinen prosessi voidaan tilanne nähdä haasteena, johon haastatteluissa esiintyi kuitenkin ratkaisuehdotus, joka on esitelty kappaleessa 5.4.1 *Sähkökomponentit sekä kaapelireitit*.

Antureihin liittyen on siis muistettava, että itse anturit päättää sekä kirjaa sähköpääsuunnittelija, ne sijoittelee mekaniikkasuunnittelija ja niille johdot sekä tarvittavat dokumentit asennusta sekä automaatiota varten tekee sähkösuunnittelija.

Tuokkolan haastattelusta kävi ilmi, että joskus **tieto vakioista poikkeavasta anturikaapelista ei tule sähkösuunnitteluun asti**. Anturikaapelit ovat pääosin tehdasvalmisteisia, jolloin niissä on anturiin liitettävässä päässä joko suora liitin tai kulmaliitin: tällä hetkellä vakiomallina on kulmaliitin, joka tilataan, jos mitään ei ilmoiteta. Haastattelusta saadun kuvan perusteella mahdollista tietoa ei tällä hetkellä merkkailla ylös mihinkään, jolloin se kulkeutuu melko huonosti sähkösuunnitteluun. Liitimen erikoisvaatimuksen voi periaatteessa havaita ainoastaan mekaniikkasuunnittelija silloin, kun hän sovittelee sähköpääsuunnittelijan päättämiä antureita laitteeseensa. Tässä tilanteessa, jos mekaniikkasuunnittelija sovittelee liitinmalleja (kuten **Viitalan** ehdotuksessa kappaleessa 5.4.1 *Sähkökomponentit sekä kaapelireitit*) voi hän huomata eri liitinmallin tarpeen. Samalla tarve pitäisi merkitä jonnekin, ja kirjoittajan mielestä sopiva paikka olisi I/O-lista. Tätä asiaa käsitellään tarkemmin kappaleessa 5.3.1 *I/O-lista*.

Mannilan haastattelussa esiintyi haasteena **johtojen määrittely**, jota mekaniikkasuunnittelija joutui tekemään reittejä suunnitellessaan. Kirjoittaja ymmärsi ongelman niin, että itse mekaniikkasuunnittelija joutui karkeasti arvioimaan kaapelien määrän ja täten kaapelinipun paksuuden eri kohdissa laitetta suunnitellessaan esimerkiksi läpimenoreikiä rakenteisiin. Kirjoittajan mielestä johtojen määrittelyyn auttaisi josain määrin sähkösuunnittelun ennakoinnin lisääminen, jota on käsitelty kappaleessa 5.4.1 *Sähkökomponentit sekä kaapelireitit*.

Mekaniikkasuunnitteluohjeissa on neuvottu mekaniikkasuunnittelijaa käyttämään viitetekstejä kaapelireittien suhteen. **Mannilan** ja **Hautalan Mikon** haastattelusta

kävi kuitenkin ilmi, että usein **sivureittejä koskeva informaatio on puutteellista**. Tämän takia sivureitit jäävät usein asentajan vastuulle, eli niiden reititys ja kiinnitys suoritetaan todennäköisesti niin kuin asentaja parhaaksi näkee. Tämä voi johtaa laitteiden epäsiisteyteen ja lisäksi siihen, että valmistetut, samanlaiset laitteet ovat keskenään erinäköisiä, sillä reitit ja kiinnitykset on saatettu tehdä laitteiden kesken erilaisella tavalla. Asentaja ei myöskään välttämättä tunne laitteen erilaisia liikkeitä, jolloin kaapelit saattavat vaurioitua liikkeiden aikana.

Tämä reittien suunnittelun puutteellisuus voi kirjoittajan mielestä johtua joko kiireestä, unohtamisesta tai tietämättömydestä: toisaalta piirustusluettelon katselmuksosuudessa mainitaan kaapelireittien merkitsemisestä, joten jos tarkastus on tehty hyvin, ei mahdolliseksi syntäisi jää enää kuin kiire ja asian tietoinen laiminlyöminen, sillä unohtunut asia voitaisiin vielä tässä tilanteessa mahdollisesti korjata. Mekaniikan suunnitteluohjeissa kerrotaan muun muassa kaapelireittien kanssa käytettävistä komponenteista, joten mekaniikkasuunnittelijan on oltava tietoinen reittien tekemisestä, jos hän on lukenut ohjeet: tätä voidaan taas pitää perusolettamuksena, sillä koko mekaniikkasuunnittelijan toiminnan pohjana voidaan pitää tätä ohjedokumenttia. Samalla piirustusluettelon piirustuskatselmuksessa olevan listauksen luullisi muistuttelevan mekaniikkasuunnittelijaa reiteistä, varsinkin, jos hän on ne ensimmäisenä suunnittelukertana unohtanut.

Toisaalta ajankohta, jossa piirustusluettelon tarkastuslistaa käydään lävitse, on ehkä liian myöhäisessä paikassa. Tällöin mekaniikkasuunnittelija voi joko korjata reitit kuviinsa, jos hänellä on aikaa, tai sitten laiminlyödä niiden merkitsemisen ja siirtyä seuraavan laitteen pariin. Mikäli tähän tilanteeseen on johtanut esimerkiksi tietämättömyys tai unohtaminen, voisi ratkaisuna toimia yleiseen koulutukseen linkitetty prosessikuvaus, josta selitetään kappaleessa 5.4.7 *Yleinen koulutus*.

4.2.3 Tiedonsiirron haasteet

Haastattelujen perusteella **tiedonsiirto-ongelmia esiintyi sekä suunnitteluosastojen välillä että suunnittelun ja kokoonpanon välillä**.

Haastattelujen perusteella **kokoonpanossa lisätyistä antureista tarvittava tieto ei aina kulkeudu suunnitteluosastoille**. Tämä ei välttämättä aiheuta aina haasteita, mutta niitä ilmenee esimerkiksi silloin, jos muutoksia kokenut laite toimii seuraavan projektin laitteen pohjalaitteena: tällöin voidaan olettaa, että uusi laite ei toimi halutulla tavalla, jos kerran edelliseen vastaavaan laitteeseen oli jouduttu toiminnan takaamiseksi lisäämään antureita. Jos kokoonpano lisää laitteeseen edes yhden anturin, voi seuraavan laitteen kohdalla ilmetä esimerkiksi seuraavia ongelmia: I/O-lista on päivittämättä, sähköpiirikaaviot ovat väärin, I/O-kytkentäpaikkoja ei välttämättä ole ylimääräisiä eikä anturille ole telinettä tai kaapelireittejä.

Sama poikkeama ilmenee kerätyn tiedon mukaan myös muidenkin muutosten kohdalla. Taustasyitä kokoonpanosta tulemattomalle muutostiedolle voi olla kirjoittajan mielestä useita:

- Virallista ilmoittamisprosessia ei ole.
- Ilmoittamisprosessi ei ole kaikille selkeä tai ollenkaan tiedossa.
- Muutoksia tekevät henkilöt eivät tiedä raportoinnin tarpeesta ja tärkeydestä.
- Ilmoittamiselle on jonkinlainen suorituskynnys.
- Ilmoittamisprosessi on liian työläs, jolloin sitä ei hyödynnetä.

Haastatteluista muodostuneen kuvan perusteella asentajat eivät itse raportoi ongelmista suunnitteluosastolle, vaan raportointi tapahtuu erilliselle henkilölle, joka suorittaa suunnitteluun tapahtuvan raportoinnin kootusti.

Kirjoittajalle ei selvinnyt työn aikana, kuinka selkeäksi Sauen toimipisteessä tapahtuvan kokoonpanon ilmoittamisprosessi on tehty mahdollisten muutostilanteiden kohdalla. Peruseriaatteena kuitenkin oli, että *MCH-Test*-lomakkeen kautta kokoonpanosta suunnitteluun tulevat ongelmat on jo ratkaistu, mutta ne halutaan lisäksi korjatuksi myös dokumentteihin, jotta ne eivät esiinny jatkossa. Toisen osuuden muodostavat kokoonpanon pysäyttävät ongelmat, joita kokoonpano ei itsenäisesti kykene ratkaisemaan: näiden kohdalla käytetään kokoonpanosta suunnitteluun päin sähköpostia, viestejä sekä puheluita. Lisäksi mekaniikan suunnittelupäällikön haastattelussa kävi ilmi, että osa kokoonpanossa havaituista haasteista tulee hänen ohit-

seen. Tähän hän selitti seuraavan säännön: kokoonpanosta saa ottaa yhteyttä suoraan suunnittelijaan, jos kyseessä on esimerkiksi ohjeiden kysyminen, mikä ei vaadi suunnittelutoimenpiteitä. Sen sijaan sellaiset asiat, jotka vaativat suunnittelua ja täten syövät suunnitteluresursseja, pitäisi mennä aina suunnittelupäällikön kautta, sillä hän vastaa esimerkiksi juuri mekaniikkasuunnittelijoiden resursoinnista: jos joltain asioita menee hänen ohitse, ei resursointi pidä enää paikkaansa ja resursoinnin sisäiset asiat voivat jopa myöhästyä. Lisäksi haastatteluissa esiintyi tieto, että kokoonpanossa ratkotaan itsenäisesti poikkeamia, eivätkä nämä ratkaisutavat pääse suunnitteluun asti. Tiedon saaminen suunnitteluun on hyvin kriittistä, jotta ongelmien kiertäminen seuraavaan laitteeseen pohjalaitteen kautta saataisiin kitkettä pois päivittämällä dokumentit.

Kirjoittajan mielestä dokumentointihaasteita pitäisi tutkia vielä opinnäytetyön ulkopuolella, jotta syy tiedon kulkemattomuuteen suunnitteluosastoille saataisiin täysin selvitettyä. Selvittelytyö saattaisi vaatia esimerkiksi käynnin Sauen toimipisteessä.

Suunnitteluosastojen välisen viestinnän suhteen **Mattilan** haastattelun perusteella erilaisia **viestintävälineitä on liikaa**, ja **Kaunismäen** sekä **Hautalan Mikon** haastatteluiden perusteella **yrittäjien sisäiseltä viestinnältä puuttuu virallinen tiedonsiirtoreitti**. Näihin ongelmiin on mietitty ratkaisua kohdassa 5.4.6. *Viestintäkannan tarkentaminen*. Haastattelujen perusteella nykyiset viestintävälineet sisältävät myös **epävarmuustekijöitä**. Epävarmuutta luo muun muassa tiedon mahdollisuus kadota viestintäketjuihin. Lisäksi osa tiedonsiirtoreiteistä ei sisällä kunnollista jäljitettävyyttä, sillä esimerkiksi jotkin viestintäpalvelut poistavat itsestään vanhoja viestejä. Lisäksi haasteelliseksi asian luo se, että jotakin aihetta, kuten vaadittavaa suunnitteluprosessin aikaista muutosta, voidaan käsitellä useamman viestintävälineen avulla: tämä luo vielä suuremmat edellytykset epäonnistua, sillä tieto on hajautettuna useampaan viestintävälineeseen. Samalla riski, että vastuullinen suunnittelija ei ole saanut kaikkia tietoja, kasvaa. Tällöin muutokset voivat helposti jäädä joltain osastolta tekemättä. Epävarmuustekijä voitaisiin kirjoittajan mielestä todennäköisesti hävittää ainakin tehtävänannoista käyttämällä tikettiä, jota käsitellään kappaleessa 5.2 *Muutosprosessin hallinta*.

Lahtisen mukaan tehtävänantoihin liittyvästä viestinnästä puuttuu kuittaus, jolloin tehtävän antaja ei voi tietää tehtävän suorittamisen tilaa: onko tehtävä vastaanotettu, onko sen suorittaminen aloitettu vai onko se jo kokonaan suoritettu. Tämä tarkoittaa lyhyesti sitä, että viestintävälineillä, kuten sähköpostilla, lähetetyillä tehtävillä **ei ole ollenkaan seurantaa**. Kirjoittajan mielestä tähän toimisi ratkaisuna tike-tin käyttäminen. Tätä ideaa esitellään kappaleessa 5.2 *Muutosprosessin hallinta*.

4.2.4 Lomakkeiden haasteet

Mekaniikkasuunnittelijoiden haastatteluista ilmeni melko vahvasti, että **I/O-lista on liian vaikeakäyttöinen**. Sen lukemiseen tarvittiin usein sähköpääsuunnittelijan eli dokumentin luojaan avustusta, koska pelkästään mekaniikkasuunnittelija ei kykene lukemaan sitä tarpeeksi tarkasti ja varmasti. Mekaniikkasuunnittelija tarvitsee listausta silloin, kun hän sovittelee sähköpääsuunnittelijan päättämät anturit hänen määräämille paikoille ja valitsee tai valmistaa antureille tarvittavat telineet. Lisäksi **Hautalan Mikko** mainitsi, että **dokumentit sijaitsevat lukuisissa erilaisissa sijainneissa**, mitä voidaan pitää ongelmallisena asiana. Näihin ongelmiin voisi kirjoittajan mielestä toimia ratkaisuna ristiin tapahtuva koulutus lomakkeista, mitä käsitellään kappaleessa 5.3.6 *Lomakekoulutus*.

Lahtisen haastattelusta kävi ilmi, että haastatteluhetkellä käytössä ollut tapa käyttää **moottori- ja toimilaiteluetteloa** on osittain vaarallinen, sillä se **sisältää epävarmuustekijän**: listan täyttää sähköpääsuunnittelija, mutta hän ei voi itsenäisesti tiedostaa, jos sen sisältöön tapahtuu myöhemmissä mekaniikkasuunnittelun vaiheissa muutoksia, sillä lista on täysin manuaalinen. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että jos mekaniikkasuunnittelija vaihtaa vaihdemoottorin tyyppin esimerkiksi niin, että siihen tuleekin mukaan jarruysikkö, ei tieto mene automaattisesti sähköpääsuunnittelijalle tai sähkösuunnitteluosastolle. Tällä hetkellä listan käyttö on täysin manuaalista, ja siihen tehtävistä muutoksista on erikseen ilmoitettava: tämä oli kirjoittajan mielestä haasteen takana oleva juurisyy. Tämä ilmoittaminen on mekaniikkasuunnittelijan vastuulla (vastuu ilmoittamisesta sähköpääsuunnittelijalle on kirjattu esisuunnittelun ohjedokumenttiin): jos hän ei muista ilmoittaa muutoksesta, jää säh-

kösuunnittelu edelliseen versioon ja poikkeama huomataan viimeistään kokoonpanossa puuttuvina komponentteina. Tällöin sähkösuunnittelu joutuu tekemään muutostyöt ja koko tämän ajan kokoonpano voi joutua odottamaan esimerkiksi muutettuja johtosarjoja ja puuttuvia komponentteja ja prosessi seisoo paikallaan. Tähän toimisi ratkaisuna moottori- ja toimilaiteluettelon lopputarkastus, jota esitellään lisää kappaleessa 5.3.2 *Moottori- ja toimilaiteluettelo*. Samalla tietoisuutta ilmoittamisen tärkeydestä sekä sähkösuunnittelun sijoittumisesta lomakkeeseen nähden olisi hyvä käydä lävitse mekaniikkasuunnittelijoille koulutuksen merkeissä.

Lahtisen mukaan **haastatteluhetken katselmointilomakkeet olivat liian epäaktiivisia**. Hän tarkoitti sekä katselmointilomaketta että piirustusluettelon yhteydessä olevaa piirustuskatselmointia. Tähän palataan kappaleessa 5.3.4 *Katselmointilomakkeet*.

Mannilan mukaan suunnittelukatselmoinnin dokumenttia ei ole jokaisessa tapauksessa täytetty. Kirjoittajan tutkiessa dokumentteja kävi ilmi, että mekaniikkasuunnitteluohjeen mukaan jokaisesta katselmoinnista on kirjoitettava katselmuslomake. Tähän ongelmaan ei kuitenkaan ole varsinaisia ratkaisuehdotuksia, sillä kirjoittaja uskoo, että kyseessä on vain niin sanottu yksittäistapaus. Dokumentin pakollisuus ja tärkeys voitaisiin kuitenkin tuoda ilmi esimerkiksi yleisessä koulutuksessa (käsitellään kappaleessa 5.4.7 *Yleinen koulutus*), jolloin siitä tietäisivät heti alusta asti uudet työntekijät ja alihankintasuunnittelijat.

Sähkösuunnittelijoiden (sekä sähköpääsuunnittelijana toimivan Harjun, joka oli aikaisemmin sähkösuunnittelija) mukaan nykyinen **sähköpistelayoutin tekemisprosessi sisältää epävarmuustekijän**. Sähköpistelayoutin koostaminen on selitetty kappaleessa 2.8.9 *Sähköpistelayout*. Tämän hetkisen koostamisprosessin haasteena on tulkinnanvaraisuus: sähkösuunnittelija katsoo I/O-listalta anturit ja sijoittaa ne sähköpääsuunnittelijan tekemien kuvauksien perusteella. Kuvaus on yleisesti ottaen lyhyt virke, joka sisältää tiedon esimerkiksi siitä, mitä anturi kyseisessä laitteessa tekee. Tästä voidaankin todeta, että mitä monimutkaisempi laite on kyseessä, sitä suurempi riski on siihen, että sähkösuunnittelija ajattelee laitteen jotenkin toisin kuin sähköpääsuunnittelija on sen ajatellut, ja anturit menevät eri paikkoihin kuin mihin ne on alun perin suunniteltu laitettavan. Tämä taas voi johtaa siihen,

että laite ei toimi halutusti, koska ohjelma- eli PLC-suunnittelija voi tulkita I/O-listaa taas sähkösuunnittelijaan nähden erilaisella tavalla.

Tähän haasteeseen esitettiin kaksi ratkaisuehdotusta, jotka ovat kappaleissa 5.3.5 *Kokoonpanokuvat* ja 5.4.3 *Mekaniikan kokoonpanokuvan negatiivikuva*.

Sähköpistelayoutin tekemiseen sisältyy myös **toinen haaste**, joka liittyy anturien löytämiseen mekaniikan kuvista sekä kokoonpanoista. Tämä liittyy vaiheeseen, jossa sähkösuunnittelija on katsonut anturin I/O-listasta ja yrittää paikantaa sitä laitteesta. Ongelma korostuu monimutkaisissa ja isoissa laitteissa, joissa anturit hukuvat helposti kokonaisuuteen. Tähän toimisi ratkaisuna kappaleen 5.4.3. *Mekaniikan kokoonpanokuvan negatiivikuva*. Samalla ratkeaisi ongelma siitä, että alihankintana talossa ollut mekaniikkasuunnittelija ei ole enää paikalla, kun sähkösuunnittelija etsii antureita ja tarvitsisi mekaniikkasuunnittelijan apua: idean toimiminen tietysti edellyttää, että poistunut suunnittelija on tehnyt negatiivikuvan: tällöin antureita ei enää tarvitsisi etsiä. Mikäli negatiivikuvaa ei syystä tai toisesta voisi käyttää, pitäisi anturoinnin suhteen määrittellä, mihin kokoonpanon tasoon anturit sijoitellaan mekaniikkakuvissa. Tämä helpottaisi sähkösuunnittelijan työtä jonkin verran, sillä kaikkia kokoonpanoja ei tarvitsisi käydä lävitse antureita etsittäessä, sillä tiedossa olisi anturien sijaintitaso.

4.2.5 Muutosprosessi

Haastatteluista muodostuneen kokonaiskuvan perusteella tapa, jolla suunnittelun aikainen muutosprosessi tapahtuu, on liian sekava. Suunnittelun aikainen muutosprosessi **ei** haastattelujen perusteella sisällä **yhtä, virallista tiedonkulkureittiä** eikä **toimivaa seurantaa**. Muutosprosessille **ei ole ohjeistettu käytettävää tiedonsiirtoreittiä**, mikä on kirjoittajan mielestä haasteellinen asia: esimerkiksi suunnittelun välisessä kommunikaatiossa yhden reitin käyttäminen olisi selkeämpää. Tiedonsiirtoreitteihin liittyvää asiaa on käsitelty enemmän kappaleissa 4.2.3 *Tiedonsiirron haasteet* ja 5.4.6 *Viestintäkanavien tarkentaminen*.

Muutostoimenpiteistä tapahtuva ilmoittaminen suunnitteluosastolta toiselle on tällä hetkellä manuaalinen toimenpide: se ei haastattelujen perusteella sisällä automaattista huomautusta, vaan ihmisten on muistettava ilmoittaa tietyistä asioista toiselle suunnitteluosastolle itsenäisesti: tämä sisältää inhimillisen riskin unohtaa. Haastatteluista kävi melko vahvasti ilmi, että osaston jääminen tietopimontoon muutoksesta on hyvinkin mahdollista ja sitä myös tapahtuu.

Suunnittelun aikaisista tai sen jälkeisistä kokoonpanossa tapahtuvista muutoksista viestitään periaatteessa kahdella erilaisella tavalla suunnitteluun päin: *MCH-test-lomaketta* käytetään kappaleessa 2.8.7 *MCH-Test-lomake* selitetyissä tilanteissa, kun taas varsinaista suunnittelutyötä vaativista muutoksista tieto tulee useampaa reittiä pitkin. Näitä reittejä ovat tutkimuksen perusteella muun muassa sähköpostiviestit. Kaikista kriittisimmät asiat tulevat näitä muita reittejä pitkin ja lähinnä dokumenttien ajan tasalle päivittämiseen liittyvät asiat tulevat *MCH-Test-lomakkeen* avulla. Suunnitteluosaston suunnittelua vaativien ongelmien tuleminen erilaisia reittejä pitkin suunnitteluun on haasteellinen asia, ja se voisi korjautua tiketin käyttämisellä sekä projektipäällikkövetoisella muutosprosessilla, joista puhutaan kappaleessa 5.2 *Muutosprosessin hallinta*.

Seurannan puute on kirjoittajan mielestä todellinen haaste muun muassa sen suhteen, että tehtävän antaja ei voi tietää mitään tehtävän tilasta: se voi olla joko aloitettu, valmis tai täysin laiminlyöty. Epäonnistuneista asioista kuullaan haastattelujen perusteella yleensä esimerkiksi kokoonpanosta. Normaaleille suunnitteluprosesseille on seuranta, ja se on sijoitettuna laiteluokitukseen: tästä löytyy lisätietoa kappaleessa 2.8.4 *Laiteluokitus*. Suunnittelun aikaiselle muutokselle seurannan antaisi tiketin käyttäminen, josta puhutaan lisää kappaleessa 5.2 *Muutosprosessin hallinta*.

4.2.6 Lisätilaus

Lisätilaus tarkoittaa projektille tehtävää jälkitilausta. **Mannilan** mukaan lisätilaus ajaa mekaniikan ja paineilman osatarpeet, muttei ollenkaan sähkön osia. Hänen mukaansa olisi hyvä, jos mekaniikkasuunnittelija saisi tilattua myös anturoinnit, jos hän tarkasti tietää, mitä antureita laitteeseen tarvitaan.

Kirjoittajan oman tietämyksen perusteella tilanne on liian vaikea arvioida ja täten siihen on mahdoton kehittää ratkaisuehdotuksia. Kirjoittajan mielestä on kuitenkin huomioitava se, että mekaniikkasuunnittelija voi osaamistasostaan riippuen osata tilata oikeat anturit, mutta samalla pitäisi tilata kaikki muutkin sähkötarvikkeet, jos lisätilauksen laitteen tai alikokoonpanon valmistumista haluaisi nopeuttaa. Tällöin pitäisi huomioida esimerkiksi oikeat kaapeliliittimet ja kaapelien pituus ja samalla vielä tarkistaa, onko olemassa olevassa sähköpuolessa tarpeeksi I/O-portteja, jotta anturit saadaan myös käytännössä kytketyiksi. Idea saattaa siis kirjoittajan mielestä mennä liian pitkälle rajapinnan ylitse, jolloin mekaniikkasuunnittelijalta saattaisivat loppua taidot kesken, sillä hän joutuisi tekemään jo sähkösuunnittelijan tehtäviä.

4.2.7 Muut haasteet

Kaunismäki näkee nykyisen mekaniikkasuunnittelun aloitustavan ongelmallisena, sillä siihen ei hänen mukaansa osallistu sähkö- tai PLC-suunnitteluosastot. Kaunismäen mukaan laitteen toteutus olisi todennäköisesti fiksumpi, kun sen toteutuksessa huomioitaisiin muidenkin osastojen mielipiteet heti alusta saakka. Tähän ongelmaan on haettu ratkaisua kappaleessa 5.4.2 *Kolminainen mekaniikan aloituspalaveri*.

Kirjoittajan mielestä muutamien haasteiden taustalla voi todellisuudessa olla yksi taustaongelma henkilöhaastatteluista saadun kokonaiskuvan perusteella: **muiden osastojen prosessien tuntemattomuus**. Jotta toisen toimia voi huomioida ja helpottaa, on ensin tiedettävä, miten omat toimet vaikuttavat toisen päivittäisiin tehtäviin. Kirjoittaja ei usko, että suurin osa suunnittelun sisäisistä tiedonsiirtokatkoista johtuu unohtamisesta tai tahallisesta toiminnasta, vaan siitä, että suunnittelijat eivät tiedä, mistä asioista pitäisi ilmoittaa toiselle osastolle ja mistä ei. Jos tarkkaa tietämystä ei ole, voi tämä lisätä aloitekynnystä, eikä asiaa tämän takia välttämättä edes kysyä, vaan edetään seuraaviin toimiin: tällöin tarvittava tieto jää siirtymättä. Toisen prosessista voi saada jonkinlaisen kuvan lukemalla eri osaston työohjeita, mutta kirjoitushetkellä ohjeet olivat pääsääntöisesti sellaisia, että kokonaiskuvan muodostuminen on melko työlästä ja se vie aikaa. Lisäksi ohjeet on tehty pääosin osastolla

työskenteleville, jolloin ne sisältävät olettamuksia tiettyjen asioiden ymmärtämisestä, mikä voi tehdä ohjeesta erittäin vaikean toisen osaston tutustumiskäytössä.

Toinen mahdollinen vaihtoehtoinen taustasy on se, että toisten osastojen toimia ja tarpeita ei ajatella tarpeeksi, vaan suunnittelijat pysyvät ikään kuin omalla ”turvallisella” alueellaan. Toki katselmointilomakkeen ja piirustusluettelon tarkastustaulukon kohdat ajavat toisen osaston huomioimiseen, mutta tämä ei ole välttämättä riittävää, jos ajatellaan dokumenttien toimivuutta palautteen pohjalta: usein lomakkeet täytetään kiireellä ja sen enempää asioita ajattelematta, sillä ne eivät ole tarpeeksi aktiivisia. Kirjoittaja kuitenkin uskoo, että dokumentteja täytettäisiin huolellisemmin, jos huolettoman täyttämisen vaikutukset olisivat hyvin tiedostettuna.

Lisäksi muutamassa haastattelussa esiintyi tieto, että **vastasuunnittelijaa ei välttämättä edes tiedetä suunnitteluprosessin aikana**. Taustalla voi kirjoittajan mielestä olla se, että kaikki eivät tiedä, mistä vastasuunnittelijan saa itsenäisesti selvitettyä. Se oli jo kirjoitushetkellä merkattuna laiteluokitukseen, mutta tieto ei välttämättä ole jokaisella suunnittelijalla. Tämä asia tulisi kappaleen lomakekoulutuksen kautta suurempaan tietoisuuteen (tätä käsitellään kappaleessa 5.3.6 *Lomakekoulutus*).

Lahtisen mukaan alihankintasuunnittelijat ja uudet työntekijät eivät ehkä tunne yrityksen henkilöitä eivätkä välttämättä näiden työtehtäviäkään. Tähän toimii kirjoittajan mielestä ratkaisuna kouluttaminen, jota on käsitelty kappaleessa 5.4.7 *Yleinen koulutus*.

Lahtinen mainitsee myös ostolaitteiden tilauksessa olevan haasteen, joka koskee lähinnä harvinaisia, silloin tällöin tilattavia laitteita. Joskus laitteet tulevat tilatuksi kahteen kertaan ja joskus niitä ei tilata ollenkaan, sillä joidenkin laitteiden kohdalla ei ole varmaa, minkä osaston ne pitäisi tilata: asia korostuu uusien työntekijöiden ja alihankintasuunnittelijoiden kohdalla. Tällaisia laitteita voivat olla esimerkiksi mustetulostimet, jotka liittyvät pakkausten etiketöintiin. Tähän asiaan voitaisiin kirjoittajan mielestä vaikuttaa muokkaamalla nykyisen piirustusluettelon katselmuslistaa. Tätä ratkaisuehdotusta käsitellään tarkemmin kappaleessa 5.3.4 *Katselmointilomakkeet*.

5 RATKAISUEHDOTUSTEN KOONTI

5.1 Uuden PLM-järjestelmän hyödyntäminen

Opinnäytetyön kirjoittamishetkellä oli tiedossa, että käytössä oleva PDM-järjestelmä tulee korvautumaan uudella PLM-järjestelmällä lähiaikoina.

Kaunismäellä oli uudistuvan PLM-järjestelmän suhteen paljon ideoita, joilla voidaan helpottaa rajapinnan yhteistyötä. Ideat perustuivat muun muassa laitekohtaisiin tehtäviin, jotka näkyisivät kaikille laitetta tarkasteleville henkilöille jokaisella osastolla. Näkymässä olisi myös suunnittelun aikana esiintyneet ongelmat sekä ratkaisuun liittyvät keskusteluketjut. Nämä tiedot pysyisivät saatavilla, vaikka ongelma merkattaisiinkin ratkaistuksi. Tämä idea voisi rakentua esimerkiksi Kaunismäen mainitsemana suunnitteluelinkaarena, jossa näkyisi muun muassa suunnittelun aloitus, esiintyneet poikkeamat ja ratkaisut sekä suunnittelun lopetus.

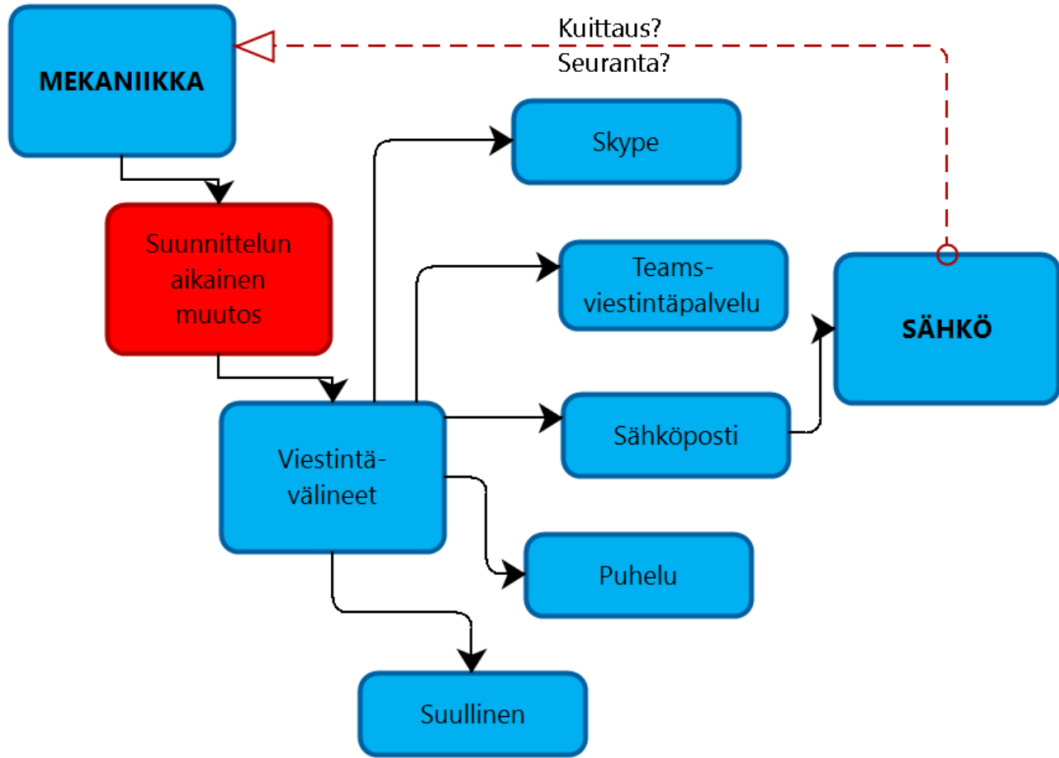
PLM-järjestelmään voitaisiin siis rakentaa laitekohtainen tehtävä esimerkiksi rajapinnassa tapahtuvasta suunnittelun jälkeisestä muutoksesta: jos esimerkiksi mekaniikkasuunnittelija vaihtaakin laitteeseen jarrullisen moottorin jarruttoman tilalle, näkyisi tehtävä kuvauksineen automaattisesti laitteen sähkösuunnittelijalla, koska mekaniikkasuunnittelija on laittanut laitetta koskevan muutoksen eteenpäin. Tällöin laitteen tietoihin sidottu sähkösuunnittelija saisi tiedon tapahtuneesta muutoksesta, suorittaisi tarvittavat muutostoimenpiteet sähköihin ja merkitsisi mekaniikkasuunnittelijan aluille laittaman tehtävän suoritetuksi.

5.2 Muutosprosessin hallinta

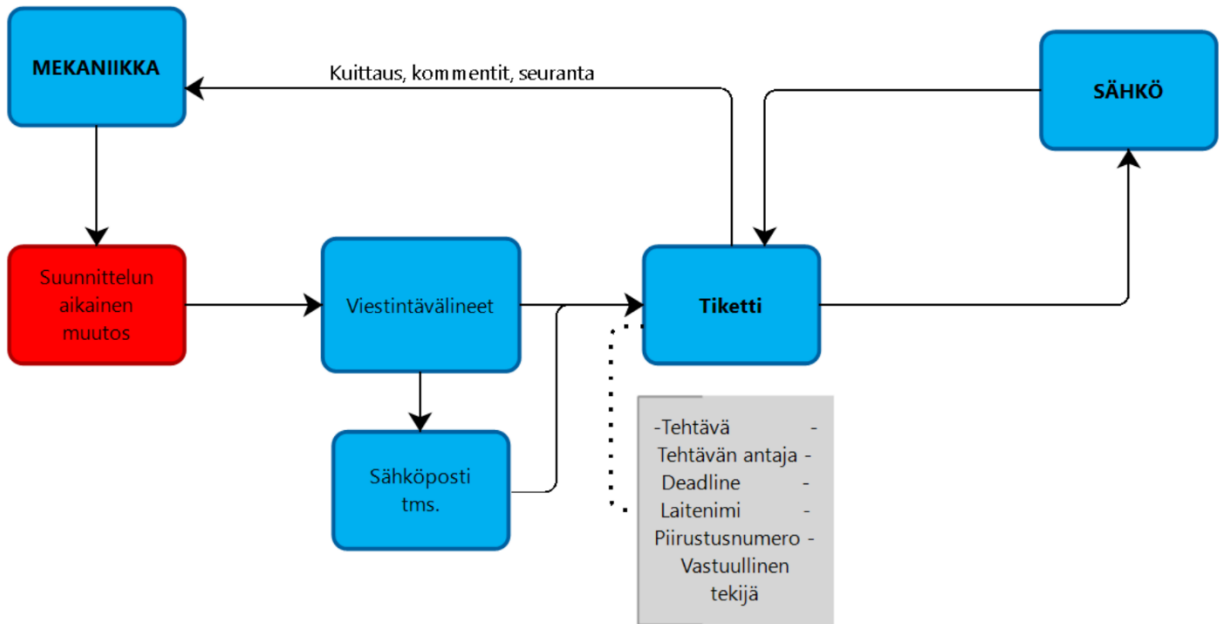
Hautalan Harrin mainitsema idea **työmääräimestä** on kirjoittajan mielestä toimiva keino muutosprosessin hallinnan parantamiseen. Käytännössä työmääräin voisi olla juuri seuraavaksi käsiteltävä **tiketti**.

Kirjoittajan mielestä *M-files*-dokumentinhallintajärjestelmän sisällä olevia **tikettejä voitaisiin hyödyntää muutoksenhallinnan parantamiseen**. Käyttö rajautuisi suunnitteluprosessin aikaisten muutosten hallintaan sekä suunnittelun jälkeen havaittujen ongelmien ilmoittamiseen sekä korjaamiseen suunnittelun tasolla. Tikettejä voisi hyödyntää sekä suunnitteluosastojen välisessä tehtävävälityksessä että kokoonpano–suunnittelu-välillä. Tikein etuja tässä kohdassa olisi kirjoittajan mielestä muun muassa:

- Tiketti olisi nopea käyttää.
- Muutokseen liittyvällä viestinnällä olisi yksi selkeä pääreitti.
- Tehtävän antaja sekä vastuullinen/vastuulliset suorittajat olisivat ylös kirjattavissa.
- Tehtävälle olisi asetettavissa määräaika.
- Tehtävästä olisi mahdollisuus kirjoittaa kuvaus/ohjeistus.
- Tehtävää voisi kommentoida yleisesti.
- Tehtävästä voisi luoda automaattisen huomautuksen vastuulliselle.
- Suoritetut tiketit voisivat jäädä johonkin talteen, jolloin asioihin voidaan tarvittaessa palata.



Kuvio 3. Suunnittelun aikainen muutos ilman tikettiä.



Kuvio 4. Tiketin hyödyntäminen suunnittelun aikaisessa muutoksessa.

Kuviossa 3 on esitettyä tämänhetkinen suunnittelun aikainen muutosprosessi suunnitteluosastojen välillä ilman tikettiä. Siitä on havaittavissa vallitseva viestintävälineiden kirjo sekä seurannan puutteellisuus. Kuviossa 4 on taas esitetty tiketin selkeyttämä prosessi, jossa on myös toimiva seuranta muutoksen toteuttamiselle.

Tiketit olivat kirjoitushetkellä yleisessä testauskäytössä, eikä niitä kirjoittajan saaman kuvan mukaan oltu testattu muutosprosessien hallinnan parantamiseen. Tike-
tin avulla palaute saataisiin todennäköisesti ohjattua automaattisesti suunnitteluun, mikä oli yksi **Mäki-Jussilan** ajatuksista liittyen muutosprosessin parantamiseen. Samalla muutosprossiin saataisiin huomattavasti selkeyttä, mitä siltä haastattelujen mukaan toivottiin.

Tiketin toimivuutta voidaan pohtia esimerkkitapauksen kautta. Mikäli laite olisi kokoonpantu ilman ongelmia, mutta testauksessa todettaisiin, että laite tarvitsee toimiakseen virheettömästi yhden induktiivisen anturin lisää, voitaisiin tästä tehdä tiketti. Tämä tiketti ohjattaisiin mekaniikkasuunnittelulle ja sähkösuunnittelulle, jolloin vastuullisina henkilöinä olisi sekä mekaniikkasuunnittelija että sähkösuunnittelija, jotka ovat aikaisemminkin työskennelleet saman laitteen parissa. Mekaniikkasuunnittelija avaisi tiketin ja katsoisi, että testaajat haluavat yhden anturin lisää. Tällöin hän tietäisi, että hänen vastuullaan on anturin telineen valinta/suunnittelu tiketissä määrättyyn ja kuvitettuun paikkaan sekä sivukaapelireitin suunnittelu anturille. Samaan aikaan vastuullinen sähkösuunnittelija katsoisi tiketistä, mihin anturi on lisätty ja päivittää tätä kautta sähkön dokumentit vastaamaan todellisuutta. Tiketin avulla voitaisiin siis parhaimmillaan välttää sekaannukset pohjalaitetta käyttävissä uusissa laitteissa, sillä molempien, mekaniikan ja sähkön, dokumentit olisivat ajantasaisia eivätkä samat virheet enää jäisi kiertämään uusiin laitteisiin.

Tikettiä voitaisiin hyödyntää myös suunnitteluosastojen välillä: se poistaisi tämän hetkisel-
le tiedonsiirtotavalle ominaisen unohtamisen riskin, sillä tiketti saataisiin todennäköisesti muistuttelemaan asiasta automaattisesti määräajan lähestyessä. Samalla laitekohtaiset muutosasiat voisivat olla kaikki löydettävissä samasta paikasta, eikä erilaisia tehtävänantoja olisi joka puolella levitettyä erilaisilla viestintävälineillä. Tämä vaatisi, että tiketit dokumentoidaan kootusti ennalta määrättyyn paikkaan tai niihin rakennettaisiin ominaisuus, jolla ne tallentuvat automaattisesti oikean polun alle, josta niitä voi myöhemmin tarkastella.

Jos tikettiin ei saisi rakennettua automaattista huomautusta vastuusuunnittelijalle, pitäisi tieto välittää käyttäen jotain muuta viestintävälinettä. Tässä kohtaa viestintävälineet olisivat ohjaamassa suunnittelijaa varsinaisen asian pariin, eivätkä itse sisältäisi varsinaista asiaa, joten asia ei ole kirjoittajan mielestä ongelmallinen.

Haastattelujen perusteella muutosprosessinhallintaan mahdollisesti käytettävä tapa ei saa olla liian raskaskäyttöinen, sillä se johtaa sen käyttämättömyyteen. Tiketti olisi analyysin perusteella melko nopea käyttää, joten sen hyödyntäminen ei todennäköisesti loppuisi sen raskaan käytettävyyden takia. Osa haastateltavista siis korosti, että mahdollisesti keksittävän, uuden tavan tulee olla helppokäyttöinen: kirjoittajan mielestä tiketti voisi olla juuri tällainen reitti muutosprosessin parantamiseen.

Kirjoittajan mielestä muutkin suunnittelun aikaiset tehtävät, jotka kulkevat osastolta toiselle, olisi hyvä välittää yhden reitin kautta: tämä reitti voisi olla sama tiketti. Esimerkiksi sähköpääsuunnittelija voisi välittää tiedon valituista antureista mekaniikka-suunnittelijalle tiketin kautta, ja samalla antaa tehtävänannoksi sijoitella anturit tietyille paikoille. Liitteenä voisi olla esimerkiksi anturointidokumentti.

Hautalan Harri mainitsi suunnittelusta poistuneen projektin muutosprosessista, joka olisikin nyt projektipäällikkövetoinen. Tällöin yksi ihminen hallitsisi kokonaisuutta ja olisi siitä parhaiten tietoinen. Hän lajittelisi tehtävät osastokohtaisesti ja pitäisi tehtävät seurannassa. Kuittaukset tehtäisiin projektipäällikölle muutostyön valmistuttua, jolloin hän näkisi, että tieto on mennyt kaikille osastoille ja kaikki osastot ovat suorittaneet toimenpiteensä muutokseen liittyen.

5.3 Dokumenttien kehittäminen

5.3.1 I/O-lista

Harjun ehdotus I/O-listan parantamiseen oli **erillinen sarake liikkeessä olevien antureiden kohdalle**. Tällöin sähkösuunnittelija osaa valita oikeanlaisen kaapelin esimerkiksi energiaketjun sisälle, sillä normaali kaapelityyppi ei kestä jatkuvaa liikehdintää. Yksinkertaisen merkinnän voisi kirjoittajan mielestä laittaa sähköpääsuunnittelija samalla, kun hän määrittää laitteen muuta anturointia. Tämä ei vaatisi juuri ollenkaan vaivaa, ja samalla varsinainen sähkösuunnittelu saisi yhdestä paikasta katsomalla tiedon, minkälainen kaapeli täytyy millekin anturille merkitä ja täten tilauttaa.

Mannilan ehdotus I/O-listaan liittyen oli **laitteiden mekaniikkaposition merkkäminen** jokaisen rivin kohdalle. Kirjoittajan tutkiessa tätä asiaa kävi kuitenkin ilmi, että se on periaatteessa jo olemassa jokaisella rivillä, mutta se sisältyy eräänlaisen koodin sisään, jolloin sen havaitseminen on vaikeampaa. Haastattelujen edetessä yksikään mekaniikkasuunnittelija ei maininnut, että I/O-listaa voi käyttää niin, että etsisi sieltä oman laitteen positionumeron perusteella. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että tietoa positionumeron olemassaolosta ei välttämättä ollut kaikilla haastatelluilla mekaniikkasuunnittelijoilla. Tämä tieto on tuotava esimerkiksi koulutuksen muodossa kaikkien mekaniikkasuunnittelijoiden saataville: tätä asiaa on käsitelty kappaleessa 5.3.6 *Lomakekoulutus*. Toisaalta vaikka positionumerosta tietäisikin, on sen avulla tehtävä tarkastelu kirjoittajan mielestä todella työllistävää, sillä tällä hetkellä oman laitteen voi löytää ainoastaan käyttämällä hakutoimintoa: tällöin osumat ovat siellä täällä dokumentissa, mikä ei ainakaan tehosta mekaniikkasuunnittelijan toimintaa antureita läpikäydessä. Ylimääräinen sarake positiolle tekisi mahdolliseksi sen, että oman laitteen voi järjestellä listauksesta niin, että kaikki anturit saisi rivitettyä toistensa alle. Tämä olisi ainakin mekaniikkasuunnittelijaa helpottava toiminto.

Tuokkolan ehdotuksena oli **mekaniikkakuvan ja I/O-listan yhdistävä tieto**. Ideana tässä oli hävittää sähkösuunnitteluprosessiin kuuluvan sähköpistelayoutin koostamiseen kirjoitushetkellä kuulunut epävarmuustekijä eli tulkinnanvaraisuus.

Kirjoittajan mielestä tähän voisi toimia **Kaunismäen** idea sähkömekaniikkasuunnittelijan tai mekaniikkasuunnittelijan tekemästä negatiivikuvasta, joka on esitelty kappaleessa 5.4.3 *Mekaniikan kokoonpanokuvan negatiivikuva*.

Lisäksi I/O-listaan voisi lisätä kohdan kaapelityyppiä varten **Tuokkolan** mainitsemien haasteen pohjalta. Jos kaapelimalli eroaisi vakiosta, voisi mekaniikkasuunnittelija laittaa esimerkiksi rastin ruutuun. Tämä toimenpide vaatii kuitenkin lomakekoulutusta (käsitellään kappaleessa 5.3.6 *Lomakekoulutus*), jotta mekaniikkasuunnittelija osaisi merkata oikean I/O-listan rivin.

5.3.2 Moottori- ja toimilaiteluettelo

Kappaleessa 4.2.4. *Lomakkeiden haasteet* mainitun moottori- ja toimilaiteluettelon ongelman juurisyhyyn – **manuaaliseen päivittämiseen** – ehdotti **Lahtinen ratkaisuehdotuksena lopputarkastuksen suorittamista**. Tällöin esimerkiksi mekaniikkasuunnittelija tarkastaisi suunnittelun päätyttyä, että lista on vielä ajantasainen: tällä tavoin voitaisiin teoriassa välttää turha suunnittelu sekä väärin komponenttien ja virheellisten johtosarjojen tilaaminen sähkösuunnitteluosastolla. Kirjoittajan mielestä idea on toimiva, jos prosessit kulkevat niin, että sähkö ei ole edennyt kovinkaan kauas ennen kuin mekaniikkasuunnittelija tekee lopputarkastuksen. Mikäli sähkösuunnittelu on jo päässyt dokumenteissaan eteenpäin, voi mekaniikasta tuleva muutostieto vanhentaa osan dokumenteista, vaikka toimilaite olisikin vaihdettu jo kauan aikaa sitten, mutta tarkastus ja sitä seuraava päivitys tehtäisiin vasta loppuvaiheessa. Tämä ei toki johtaisi väärin osien ostamiseen, mutta se teettäisi mahdollisesti turhaa työtä, koska tietoa muutoksesta ei välttämättä saada sähkösuunnitteluun tarpeeksi nopeasti.

Piirustusluettelon katselmointiosuudessa on kohta, jossa mekaniikkasuunnittelijalta kysytään ”*Onko I/O- ja toimilaiteluettelon mahdolliset muutokset ilmoitettu sähkösuunnitteluun?*”. Tämä kohta yrittää varmistella mekaniikkasuunnittelun päätös- vaiheessa, että mainittuihin dokumentteihin tehdyt muutokset ilmoitettaisiin sähkösuunnitteluun. Kirjoittajan mielestä tässä kohtaa vaaditaan mekaniikkasuunnittelijalta ymmärrys, mitkä asiat pitäisi ilmoittaa sähkösuunnitteluun. Yrityksessä tietyn aikaa työskennelleet ihmiset tietävät asian melko varmasti ulkoa kokemuksen

kautta, mutta uusien suunnittelijoiden ja varsinkin alihankintasuunnittelijoiden tapauksessa tilanne ei ole varmasti näin selkeä. Piirustusluettelon ohjeistusosuuksessa kysymyksen sisältöä ei sen enempää avata, joten tämä asia pitäisi käydä lävitse esimerkiksi yleisessä koulutuksessa, jota käsitellään kappaleessa 5.4.7. *Yleinen koulutus.*

5.3.3 Sähköpistelayout

Siirilä mainitsi lisänneensä sähköpistelayoutiin antureiden kohdalle myös anturityypin: normaalisti antureista merkataan vain siihen liittyvä koodi. Tällöin anturityypin tarkastaminen käy helpommin, sillä tarkastukseen ei tarvita rinnalla I/O-listaa koodin purkamista varten. Saman toimen avulla voidaan todennäköisesti nopeuttaa antureiden kokoonpanoa laitteeseen, sillä asentaja näkee tyypin suoraan sähköpistelayoutista, eikä hänen tarvitse lukea rinnalla I/O-listaa.

5.3.4 Katselmointilomakkeet

Lahtisen mielestä katselmointilomakkeet, joita on käytössä kaksi, ovat liian **epäaktiivivia**. Kirjoittajan mielestä tämä on totta, sillä omakohtaisen kokemuksen mukaan kaksiarvoisten (*kyllä/ei*) taulukkoruutujen täyttö voi olla puuduttavaa ja kiiressä voidaan helposti sortua vain täyttämään taulukko nopeasti sen erilaisia kysymyksiä enempää pohtimatta. Taulukkojen täyttöön keskityttäisiin todennäköisesti paremmin rajapinnan kysymysten kohdissa, jos ihmiset tietäisivät varmasti, mitä muut osastot tekevät, mitä muutostilanteissa pitää ilmoittaa ja mitä seurauksia ilmoittamatta jättämisestä on toisen osaston toimintaan. Tätä toisten osastojen toiminnan ymmärtämistä pohditaan tarkemmin kappaleessa 5.4.7 *Yleinen koulutus.*

Kirjoittajan mielestä piirustusluettelon katselmointiosuus tulee suhteessa tekemiseen liian myöhässä: erilaiset varmistelevat kysymykset luetaan siinä vaiheessa, kun piirustukset ovat ehkä jo valmiina siirrettäväksi. Tämä taas voi kirjoittajan mielestä johtaa jonkin tarkistuskohdan tietoiseen laiminlyöntiin, sillä valmiiden kuvien muokkaaminen saattaa tuntua yhden tarkistuskohdan ristiriitaisuudesta huolimatta

liian suurelta työltä. Kokoneiden suunnittelijoiden tapauksessa lista muistetaan todennäköisesti jo aikaisemmin, mutta uusien suunnittelijoiden kohdalla siihen voidaan törmätä juuri selitetyllä tavalla, mikä voi johtaa laiminlyönteihin. Mitään uutta dokumenttia tähän ei välttämättä kannata tehdä, ja suoranaista ratkaisuehdotusta ei ongelmaan keksitty aiemmin mainitun yleisen koulutuksen lisäksi.

Lahtisen mainitsemaan ongelmaan harvinaisten ostolaitteiden tilauksesta kappaleessa 4.2.7 *Muut haasteet* toimisi kirjoittajan mielestä seuraavanlainen parannustapa: asia pitäisi saada selkeästi esille piirustusluettelon lopussa olevaan piirustus-katselmukseen. Yksi tämänhetkisistä kysymyksistä tässä dokumentissa on ”*Ovatko ostokomponentit lähtötietojen mukaiset?*”. Tämän kysymyksen yhteyteen voitaisiin lisätä myös kohta, jolla saataisiin varmistettua harvinaisten ostolaitteiden tilaus. Kohta voisi olla esimerkiksi seuraavalla tavalla: ”*Onko lähtötietolomakkeen ulkopuolisten ostokomponenttien tilaaja sovittu sähkösuunnittelun kanssa?*”. Piirustus-katselmuksen perässä olevaan ohjeistusosuuteen kysymystä voitaisiin vielä avata lisää, jolloin mekaniikkasuunnittelija ymmärtäisi asian tärkeyden ja sen, että yhden osaston pitää tilata nämä ostokomponentit. Samalla selitykseen voitaisiin avata, mitä ”*lähtötietolomakkeen ulkopuolinen ostokomponentti*” ylipäänsä tarkoittaa ja antaa siitä muutamia esimerkkejä. Tällä tavoin saataisiin varmisteltua sitä, että esimerkiksi tulostimet tulisivat tilatuksi yhden osaston kautta eivätkä jäisi tilaamatta tai tulisi tilatuksi useampaan kertaan.

5.3.5 Kokoonpanokuvat

Siirilän idea **kokoonpanokuvaan lisättävistä anturitiedoista** tarkoitti käytännössä sitä, että mekaniikkasuunnittelijan olisi nimettävä anturit kuvaan yhteistyössä sähköpääsuunnittelijan kanssa. Nimeäminen tehtäisiin niin, että sama I/O-listasta otettu tunnus olisi käytössä sekä mekaniikan kokoonpanokuvassa, että sähköpistelayoutissa, jolloin sähköpistelayoutin tekemiseen sisältynyt epävarmuus poistuisi.

Kirjoittajan mielestä idea on osassa kokoonpanokuvia mahdoton toteuttaa muutamasta eri syystä. Syistä ehkä suurin on merkitsemisprosessin toteuttaminen, sillä sille oli kirjoitushetkellä vain manuaalinen vaihtoehto. Nimet pitäisi lisätä kokoonpa-

noon manuaalisesti esimerkiksi tekstiviitteillä, mikä olisi todennäköisesti melko työlästä. Toinen manuaalisuuteen liittyvä haaste on tietojen vanhentuminen. Jos anturit muuttuvat jossain projektin vaiheessa, pitäisi kokoonpanokuva päivittää ja siirtää dokumentinhallintajärjestelmään manuaalisesti. Tähän liittyvän epävarmuuden takia kaikista piirustuksista pitäisi pitää jonkinlaista kirjanpitoa, jotta oltaisiin selvillä siitä, mihin manuaaliset merkinnät on jo päivitetty ja mihin ei. Lisäksi isot kokoonpanokuvat ovat kirjoittajan mielestä jo niin täynnä informaatiota, että tekstiviitteiden lisääminen niin, että ne olisivat luettavissa selvästi, on mahdotonta. Lisäksi suurissa kokoonpanoissa anturit olisivat niin pieniä suhteessa kokoonpanoon, että niitä ei välttämättä edes näe muun informaation seasta. Vanhentuvuusongelmaan voisi vastauksena toimia erillinen integraatio-ohjelma, jolla toimintaan voisi olla mahdollisuus saada automaattisesti esimerkiksi huomautuksina vanhentuneista ja täten ristiriitaisista tiedoista. Integraatio-ohjelmiin ei kuitenkaan tässä opinnäytetyössä syvennetty aihe-ajastusten takia.

Idea on periaatteessa samantapainen kuin **Kaunismäen** ajatus negatiivikuvasta (kappale 5.4.3 *Mekaniikan kokoonpanon negatiivikuva*), mutta erotuksena merkaukset tehtäisiin varsinaiseen kokoonpanokuvaan, eikä referenssisuhteiden osalta käännettyyn kokoonpanokuvaan.

5.3.6 Lomakekoulutus

Tuokkolan idea osastojen kouluttamisesta tarkoitti lomakkeiden kouluttamista ristiin osastojen välillä. Kirjoittajan mielestä tämä kouluttaminen olisi hyvä idea muun muassa haastatteluissa muodostuneen kokonais kuvan takia: vaikuttaa siltä, että toisen osaston dokumentteja ei yleisesti tunnettu kovinkaan hyvin, vaikka niitä pitäisi käyttää omassa työssä ainakin jossain määrin. Koulutuksen ei tarvitsisi käydä jokaisen dokumentin jokaista kohtaa perusteellisesti lävitse, vaan siinä voitaisiin keskittyä ainoastaan niihin kohtiin, joita jokapäiväisessä työssä pitäisi kyetä hyödyntämään. Koulutus olisi hyvä uusille työntekijöille, mutta **Tuokkolan** mukaan se olisi hyvä järjestää myös nykyisille työntekijöille. Kirjoittaja on tässä täysin samaa mieltä, sillä koulutus tehostaisi toimintaa todennäköisesti kahdella tavalla: dokumentteja osattaisiin käyttää tehokkaammin, mutta myös toisen osaston toimet ja tätä kautta

rajapinnan tarpeet voitaisiin ymmärtää paremmin. Kirjoittajan mielestä I/O-listan osaaminen olisi mekaniikkasuunnittelijalle kriittinen taito myös sen suhteen, että mekaniikan katselmointilomakkeisiin sähköpääsuunnittelijan kirjaamat anturit voivat vanhentua. Mikäli mekaniikkasuunnittelija ei osaa lukea I/O-listaa ja seuraa vain katselmointilomakkeen tietoja, on mahdollisuus tulkita vanhentunutta materiaalia. Katselmointilomaketta ei välttämättä päivitetä varsinkaan silloin, jos katselmointitilaisuutta ei enää järjestetä laitteen suunnittelun aikana.

Muutamassa haastattelussa esiintyi haasteena myös se, että **laitteen vastasuunnittelijaa ei tunneta**: tämäkin tieto oli jo kirjoitushetkellä saatavilla laiteluokituksesta, mutta voi olla, että kaikki eivät tätä tieneet. Tämäkin asia osoittaa, kuinka tärkeässä asemassa lomakekoulutus voi olla.

5.4 Muut esiintyneet ideat

5.4.1 Sähkökomponentit sekä kaapelireitit

Sähkökomponenttien sopivuusongelmiin ehdotettiin muutamaa erilaista parannusehdotusta. Nämä liittyivät **sähkösuunnittelun ennakoinnin** lisäämiseen, **anturien** kohdalla tehtävään **lopputarkastukseen**, **rakenteentallennuksen** muuttamiseen, **liittimien sovittamiseen** ja **johtojen liittintyyppin** sekä **erikoistarpeen merkitsemiseen**.

Sähkösuunnittelun **ennakoinnin** lisäämisellä **Mattila** tarkoitti esisuunnittelun aikana tarvittavaa ennakointia: hänen suunnitellessa esimerkiksi tehtaan lattian perustuskuvia tarvitsee hän tiedon, mihin kaikkialle on tarve saada perustusten sisällä kulkevia sähköreittejä. Haastatteluhetkellä tilanne oli hänen mukaansa huonosti ennakoitu sähkösuunnittelun puolesta, koska hänen kartoittaessa tarvetta aletaan aiheitta vasta yleensä miettimään. Toisin sanoen ajatustyötä ei ole tehtynä kovinkaan paljoa ennen kuin jo varsinainen tarve ennakkotiedoille olisi ajankohtainen. **Viitalan** haastattelusta sai samantapaisen kuvan: sähkösuunnittelun on parannettava ennakointia, koska mekaniikkasuunnittelu voi tarvita tiettyjä tietoja, kuten liikkuvan laitteen kyytiin tulevien sähköjen tilantarpeesta, jo mekaniikkasuunnittelun alussa. Jos

sähkösuunnittelu ei ole ennakoanut tilannetta ja alkaa kartoittamaan tarvetta vasta tässä vaiheessa, pysähtyy mekaniikkasuunnittelu paikalleen. Ennakoinnilla tilanne voisi olla parempi. Ennakoinnin tarve voitaisiin tuoda ilmi esimerkiksi yleisellä kouluttamisella toisten osastojen toimista.

Ennakointi toimisi kirjoittajan mielestä myös **Mannilan** mainitsemaan haasteeseen, jossa **mekaniikkasuunnittelija joutui itse arvioimaan johtojen määrän ja johtonippujen paksuuden eri puolilla rakennetta**: sähkösuunnittelu voisi antaa mekaniikkaan jonkinasteinen arvioin perustuen esimerkiksi pohjalaitteeseen ja yleiseen tuntemukseen antureiden vaatimista kaapeleista. Tämä vaatisi jonkun verran ennakointia varsinkin, jos kaapelireittejä tehdään huomattavan ajoissa sähkösuunnitteluun verrattuna. Toisaalta ainakin anturien paikat ovat kaapelireittejä suunniteltaessa ollut jo pakko valita, koska ilman anturisijaintia mekaniikkasuunnittelija ei voi tietää mihin kaapeleita ylipäänsä tulee. Sähkösuunnittelija voisi tehdä karkean arvioinnin esimerkiksi I/O-listan ja mekaniikkamallin perusteella, tai sitten hän voisi hyödyntää apunaan **Kaunismäen** ideaa negatiivikokoonpanokuvasta (esitellään kappalessa 5.4.3 *Mekaniikan kokoonpanokuvan negatiivikuva*): tämän avulla arviointi voisi olla nopea suorittaa.

Viitalan ja **Lahtisen** mukaan anturien sopivuusongelmia ilmeni vähemmän, jos mekaniikkasuunnittelun loppuun sijoitettaisiin erillinen **anturien lopputarkastelu**. **Lahtisen** mukaan tarkastelun tekisi sähköpääsuunnittelija yhteistyössä mekaniikkasuunnittelijan kanssa, jolloin laitteen anturien tyyppi ja sijainti saataisiin varmistettua oikeiksi. Tällä tavoin mahdolliset poikkeamat eivät pääsisi **Lahtisen** mukaan suunnittelusta eteenpäin ja ne voitaisiin korjata jo tässä vaiheessa. Kirjoittajan mielestä tämä ehdotus erillisestä lopputarkastuksesta voisi olla toimiva, sillä siihen ei kuluisi käytännössä paljoakaan aikaa ja se voitaisiin suorittaa myös etänä videokeskustelun ja näytönjakamisen kautta. Sähköpääsuunnittelijan I/O-listan tulkitsemiskyky oli haastatteluhetkien tietojen mukaan huomattavasti parempi kuin mekaniikkasuunnittelijan, jolloin voidaan olettaa, että lopputarkastusta ei voisi jättää pelkästään mekaniikkasuunnittelijan suoritettavaksi. Mikäli pelkkä mekaniikkasuunnittelija suorittaa tarkastuksen, on I/O-listan lukemisesta järjestettävä vähintään jonkinasteinen koulutus. Tämän idean avulla olisi löydettävissä sellaisia sopimattomuusongelmia, jotka

kokoonpanoon päästessään vaativat joko rakenteen muokkaamista tai anturin vaihtamista, jolloin ne ovat maksaneet jo väärin osien sekä/tai valmistus- ja asennustyön verran: jos lopputarkastus tehtäisiin, saataisiin suurin osa poikkeamista kiinni jo tässä kohdassa, jolloin kustannuksetkin ovat huomattavasti matalammat, koska muutos tehdään vain suunnittelussa, ei lisäksi fyysiseen laitteeseen.

Mannilan mukaan **anturien läpikäynti ei ollut haastatteluhetkellä vaadittu, virallinen prosessi**. Tämän täytyisi kirjoittajan mielestä olla sellainen ainakin sen suhteen, että haastatteluhetkellä mekaniikkasuunnittelijat eivät haastattelujen perusteella osanneet tulkita I/O-listaa itsenäisesti. Anturien virallinen läpikäynti yhdessä sähköpääsuunnittelijan kanssa poistaisi tästä tilanteesta mekaniikkasuunnittelijan tulkintavirheiden mahdollisuuden.

Mannilan mukaan **rakenteen tallennuksen kautta voisi tulla tieto myös mekaanisessa rakenteessa olevista antureista**. Kirjoittajan mielestä idea voisi olla toimiva, jos antureista saataisiin tosiaan pelkkä tieto, eivätkä ne tulisi tallennuksen jälkeen myös tilatuiksi mekaniikkaosastolta. Rakenteen tallennus tarkoittaa mekaniikkasuunnittelussa tehtävää toimenpidettä, jossa koko kokoonpanon sisältämät valmistettavat ja ostettavat komponentit listautuvat niin, että ne voidaan myöhemmin tilata. Tämä listautuminen ei koske sähkökomponentteja, koska mekaniikkasuunnittelu ei tilaa sähköosia ja sähkökomponentit ovat täten referenssiosina kokoonpanoissa. Kirjoittamishetkellä ei ollut tiedossa, onko pelkän tiedon saaminen talletuksen kautta mahdollista niin, että komponentti ei listaudu myöhemmin hankittavaksi. Referenssiosat eivät näy mekaniikan listauksessa, eikä erillisestä normaalin osan ja referenssiosan välimuodosta ollut tietoa. Mikäli tieto kuitenkin onnistuttaisiin saamaan ulos edellä mainituin poikkeuksin, olisi komponentit todennäköisesti helppo tarkastaa vertailemalla niitä I/O-listalla oleviin. Mikäli listoissa olisi ristiriitaa, olisi tilanne selvitettävissä vielä suunnittelutilanteessa. Toisaalta pitää muistaa, että tämä idea auttaa ainoastaan oikeiden anturien tilaamiseen, ei niiden oikeanlaiseen sijoitteluun tai sopivuusongelmiin rakenteessa. Myöhemmin kappaleessa 5.4.3 *Mekaniikan kokoonpanokuvan negatiivikuva* esiteltävä negatiivikuva sisältäisi kaikki anturoinnit, joten senkin kautta olisi mahdollisuus suorittaa tarkistus.

Viitalalla oli ehdotus myös anturien sopivuuteen liittyen: **mekaniikkasuunnittelijan sovittaessa sähköpääsuunnittelijan määräämää anturia hän voisi sovittaa jo**

vakiotyyppin kaapeliliitintä anturin päähän. Tällä tavoin hän voisi havaita helposti jo 3D-tarkastelussa, mahtuuko anturi ja siihen tuleva liitin olemaan vaaditussa sijainnissa. Kirjoittajan mielestä tämä idea on hyvä ja erittäin vaivaton toteuttaa antureiden sijoittelun yhteydessä. Jos mekaniikkasuunnittelija huomaa, että vakio- eli kulmaliitin ei sovi paikalleen, voi hän tarvittaessa ilmoittaa asiasta esimerkiksi suoraan sähkösuunnitteluun, koska he tilaavat anturien kaapeloinnit. Tällöin olisi vältettävissä väärin valmiskaapelien tilaaminen ja nämä anturikaapelit saataisiin tilatuksi kerralla oikein. Tämä tieto voitaisiin merkata myös I/O-listaan erilliseen sarakkeeseen, jossa näkyisi onko anturin kohdalla tarve suoralle vai kulmamallin liittimelle.

5.4.2 Kolminainen mekaniikan aloituspalaveri

Kaunismäen ideana oli saada mekaniikan aloituspalaveriin mukaan sähkö- ja PLC-osastot, jotta näidenkin osastojen mielipiteet saataisiin esille jo suunnittelun alkuvaiheessa. Tällöin syntyvästä mekaanisesta rakenteesta olisi mahdollisuus syntyä kaikista parhaiten toimiva ja kustannustehokkain versio, sillä jokaisen osaston mielipiteet saataisiin heti alussa huomioitua. Samantapainen idea ilmeni myös **Laamasen** ja **Hautalan** yhteishaastattelussa, jossa puheeksi tuli *Product Owner* -toimija, jonka tarkoitus oli haastattelun perusteella toimia juuri mekaniikan aloituspalaverista asti PLC- ja ICT-osastojen mielipiteiden sanansaattajana. Tällöin muiden osastojen ideat tulisivat huomioiduksi jo sellaisessa kohdassa, missä ne voidaan vielä huomioida (koska mekaniikkasuunnittelu on vasta alussa ja mekaanista rakennetta ei ole lukittu). Kirjoittajan mielestä molemmat ideat ovat erittäin toimivia, ja käsittelevät käytännössä samaa asiaa vähän eri näkökulmista. *Product Owner* -toimija on ollut kirjoitushetkellä jo joidenkin projektien käytössä, ja palautteen perusteella idea on todettu toimivaksi.

5.4.3 Mekaniikan kokoonpanokuvan negatiivikuva

Kaunismäen idea mekaniikkasuunnittelijan tai erillisen sähkömekaniikkasuunnittelijan tekemästä **käännetystä kokoonpanokuvasta** oli alun perin ajatuksen tasolla tarkoitettu lähinnä kokoonpanon asennustyötä helpottamaan, mutta työn edetessä

kävi ilmi, että tätä varten oli jo olemassa sähkösuunnittelun tekemä dokumentti: sähköpistelayout. Myöhemmän keskustelun tuloksena sähköpistelayoutin olemassaolon tarkoitus sekä siitä haastatteluiden pohjalta löydetyt haasteet selvisivät Kaunismäelle, jolloin hän jatkojalosti ideaa niin, että negatiivikuva olisikin sähkösuunnittelijan, ei asentajan, apuväline. Tämä tarkoitti sitä, että mekaniikkasuunnittelija tai sähkömekaniikkasuunnittelija tekisi negatiivikuvan, johon merkattaisiin sekä anturi että tarvittavat tiedot siitä, jolloin sähköpistelayoutille ominaiseksi ilmennyt epävarmuus saataisiin todennäköisesti poistettua. Negatiivikuvaan saataisiin todennäköisesti loputkin sähköpistelayoutissa olevat tiedot, jolloin sähköpistelayoutia ei enää tarvitsisi tehdä, koska se korvautuisi tällä negatiivikuvalla. Negatiivikuvaan voitaisiin lisätä myös sähköosalista, johon tulisivat kuvassa olevat anturit. Tällöin antureiden tyypit olisivat tarkastettavissa negatiivikuvasta vertaamalla sitä I/O-listalla oleviin tyyppeihin. Negatiivikuvan avulla sähkösuunnittelun mainitsema ongelma anturien paikantamisesta mekaniikan malleista ja kuvista katoaisi olemasta.

5.4.4 Projektikohtaiset työtiimit

Kaunismäen mukaan **projektikohtaiset tiimit** parantaisivat kommunikaatiota. Tällöin eri osastojen suunnittelijat olisivat toistensa lähellä, jolloin kommunikaatiota olisi helpompi suorittaa ja eri osastojen henkilöt voisivat pitää yhteyttä toisiinsa koko projektin ajan. Samantapainen idea esiintyi myös **benchmarking-haastattelussa**.

Kirjoittajan mielestä tämä idea voisi toimia ainakin joidenkin ihmisten kohdalla: idean toimivuus on riippuvainen ihmisten persoonista ja niiden toiminnasta yhdessä. Joku ihminen ei välttämättä tule toiseen toisen kanssa, ja tämä asia olisi huomioitava, jos projektikohtaisia tiimejä mietittäisiin. Niiden toteuttaminen on toisaalta kirjoitushetkellä haasteellista hajonneisuuden takia. Työtiimeissä työskentely voisi tuottaa sopivilla henkilöillä sen, että kommunikaatiossa oleva kynnys voisi poistua lopuksi kokonaan.

5.4.5 Sähkömekaniikkasuunnittelijan toimi

Kaunismäellä oli idea uudesta toimijasta, joka sijoittuisi mekaniikka- ja sähkösuunnittelijan välimaastoon. **Sähkömekaniikkasuunnittelija** hoitaisi mekaniikkasuunnittelijan toimia, jotka liittyvät rajapinnan alueelle. Hän tekisi siis esimerkiksi seuraavia toimia:

- Anturien sijoittaminen sähköpääsuunnittelijan määräämiin paikkoihin.
- Sivukaapelireittien suunnittelu sisältäen aukotukset sekä valmiit reittikomponentit.
- Negatiivikuvan tekeminen mekaniikan kokoonpanokuvasta.

Haastattelussa kävi ilmi, että uusi toimija vaatisi periaatteessa aina perehdytyksen uuden laitteen toiminnasta, ennen kuin hän voi alkaa suunnitella siihen kaapelireittejä. Perehdytyksen avulla pyrittäisiin välttämään liikkeiden tielle tulevat kaapelireitit ja rakenteeseen sopimattomat kaapeliaukotukset. Uuden toimijan etuina voidaan pitää haastattelussa esiintyvää faktaa siitä, että mekaniikkasuunnittelija voisi teoriassa siirtyä suunnittelemaan jo uutta laitetta mekaanisesti. Lisäksi kirjoittajan mielestä reittien suunnittelu ja anturien sijoittelu voisi olla melko tehokasta, jos sitä tekee yksi, tähän erikoistunut ihminen. Ratkaisuehdotuksen toteuttamisen suhteen olisi kirjoittajan mielestä tutkittava, onko toimesta kuinka paljon hyötyä sen suhteen, kuinka paljon perehdyttämiseen menee aikaa. Lisäksi tämänhetkisten mekaniikkakuvien tapauksessa kaapelireitit pitäisi merkata mekaniikkakuviin, jolloin varsinainen mekaniikkasuunnittelija ei voisi siirtää kuvia eteenpäin samalla kun hän joutuisi jo siirtymään uuteen projektiin. Tällöin hänellä olisi periaatteessa työn alla kahden eri projektin laitteita, mikä voi johtaa sekaannuksiin esimerkiksi siitä, mitä kuvia on jo siirretty ja mitä ei.

5.4.6 Viestintäkanavien tarkentaminen

Haastatteluista syntyneen kokonaiskuvan perusteella viestintäkanavia on liikaa. Tämä asia ilmeni useissa haastatteluissa, eikä useista viestintäkanavista mainittu mitään syntynyttä hyötyä. Muun muassa **Mattila** mainitsi asiasta ja oli tehnyt joskus

aloitteen viestintäkanavien karsimisesta yrityksen sisäisen viestinnän suhteen. Kirjoittajankin mielestä yrityksen sisäiseen viestintään pitäisi hyödyntää vain **yhtä kanavaa**, jolloin voitaisiin pienentää haastatteluissa esiintyneitä haasteita tiedon katoamisesta viestintäkanaviin. Liian monet viestintävälineet olivat johtaneet ainakin siihen, että tietoa ei välttämättä enää löydy lukuisista välineistä, jos sen muistaa olevan olemassa. Usea viestintäväline aiheuttaa kirjoittajan mielestä nimenomaan ylimääräistä sekaannusta, koska käsitellyt asiat ovat erilaisten ohjelmien sisällä ja niiden löytäminen vaatii työskentelyä. Tähän toimisi ratkaisuna viestintävälineistön rajaaminen, aivan kuten **Mattilakin** mainitsi. Samalla yhdestä välineestä pitäisi tehdä virallinen, yrityksen sisäiseen käyttöön tarkoitettu viestintäreitti: tällöin ratkais-taisiin myös **Kaunismäen** ja **Hautalan Mikon** mainitsemat haasteet virallisen tiedonsiirtoreitin puuttumisesta.

Lisäksi haastatteluista ilmeni, että **nykyiset viestintävälineet sisältävät epävarmuuden myös asioiden säilymisen ja muistamisen suhteen**. Erilaisia tehtävänantoja liittyen esimerkiksi projektin aikaiseen muutosprosessiin siirrellään lukuisia reittejä pitkin, mikä lisää unohtamisen riskiä. Lisäksi reiteillä ei juuri ollut seurattavuutta: tällä tarkoitetaan kuittaamisen mahdollisuutta suoritetuista tehtävistä. Nämä tehtävät pitäisi kirjoittajan mielestä siirtää käyttäen vain yhtä reittiä, ja se voisi olla kappaleessa 5.2 *Muutosprosessien hallinta* mainittu tiketti. Yhtä reittiä pitkin tapahtuu myös benchmarking-yrityksessä tapahtuva muutosviestintä suunnitteluun päin.

5.4.7 Yleinen koulutus

Kirjoittajan mielestä esimerkiksi tiedonsiirto-ongelmien taustalla voi olla muiden suunnitteluprosessien tuntemattomuus, jota on käsitelty kappaleessa 4.2.7 *Muut haasteet*. Yleiseen kouluttamiseen pitäisi sisällyttää selkeät prosessikuvaukset eri suunnitteluosastojen toimista, sillä kirjoittamishetkellä tähän käyttöön täysin soveltuvia dokumentteja ei ollut: jos toisen prosessiin haluaa tutustua pelkästään nykyisiä dokumentteja lukemalla, on tämä melko työlästä ja mahdotonta, sillä dokumentit sisältävät olettamuksia (koska ne ovat pääosin suunnattuna aina ohjetta käsittelevän osaston työntekijöille).

Voidaan toki olettaa, että yrityksessä kauan työskennelleet henkilöt hahmottavat prosessin jo valmiiksi ja osaavat huomioida paremmin toisten toimia, mutta asia on todennäköisesti eri tavalla uusien työntekijöiden ja alihankintasuunnittelijoiden kohdalla. Esimerkiksi **Lahtinen** mainitsi haasteena sen, että uudet työntekijät ja alihankintasuunnittelijat eivät tunne toisten työtehtäviä. Tämän koulutuksen avulla tämä ongelma olisi selätettävissä. Kirjoittajan mielestä kouluttamiseen pitäisi sisältää rajapinnan alueella olevia asioita, kuten esimerkiksi tieto siitä, mitä muutostilanteissa pitää ilmoittaa toiselle suunnitteluosastolle ja mitä ei. Samaa kouluttamiseen voitaisiin sisällyttää lomakkeita käsittelevä koulutus, mikä on läpikäyty kappaleessa *5.3.6 Lomakekoulutus*.

Kouluttamisessa olisi hyvä käyttää yhtä, selkeää ja osastojen toimet yhdistävää erillistä prosessikuvausdokumenttia, josta selviäisi ainakin seuraavat asiat:

- oman osaston työtehtävät
- muiden osastojen työtehtävät
- rajapinnan alueella olevat asiat, jotka pitää ilmoittaa toiselle osastolle
- työnkuvien toimet.

Kouluttamisen etuna olisi kirjoittajan mielestä se, että työntekijät osaisivat hahmottaa paremmin, kuinka omat tekemiset vaikuttavat toisten osastojen henkilöiden tekemiseen: samalla muodostuisi kuva siitä, mitä asioita kuuluu ilmoittaa toisen osaston henkilöille. Samalla omankin osaston työtehtävät löytyisivät yhdestä tiiviistä dokumentista, mistä olisi apua melko varmasti ainakin uusille suunnittelijoille sekä alihankintatyöntekijöille. Tämä voisi auttaa muun muassa sivukaapelireittien heikkoon suunnitteluun ja merkitsemiseen, sillä asia ainakin tiedostettaisiin kunnolla.

5.4.8 Uudelleen sijoittuminen

Suunnitteluosastojen ja kokoonpanon hajanaiseen sijoittumiseen toisiinsa nähden ei löydy oikeastaan kuin yksi ratkaisuehdotus, ja se on valmistus- ja kokoonpanotoiminnan siirtäminen takaisin Suomeen ja mahdollisimman lähelle koottua suunnittelua. Tällöin kokoonpanossa havaituista poikkeamista ei välttämättä muodostuisi niin

kankeita viestiketjuja ja toimintaviiveitä saataisiin lyhennettyä, sillä suunnittelija pääsisi itse valmistukseen tarkastamaan, mistä ongelmassa on oikein kyse. Jos valmistus- ja kokoonpano-osastot puhuisivat pääosin samaa kieltä, väärinymmärryksen riski laskisi. Samalla väärinymmärryksiä tapahtuisi todennäköisesti muutenkin vähemmän, jos suunnittelija pääsisi itse paikalle, kuten aikaisemmin todettiin. Valmistuksen ja kokoonpanon siirto maasta toiseen on kuitenkin operaationa niin suuri, että se vie kirjoittajan mielestä huomattavan paljon ratkaisuehdotuksen toteutettavuudesta. Kirjoittajan mielestä benchmarking-haastattelun antaman kuvan mukaan voidaan myös todeta, että samassa sijainnissa oleminen ei takaa automaattisesti hyvin toimivaa kommunikaatiota.

6 POHDINTA JA YHTEENVETO

Opinnäytetyöhön kuulunutta haasteiden kartoittamisen tulosta eli listattuja poikkeamaluetteloja voi hyödyntää myöhemmin joku muu henkilö, jos asioihin halutaan perehtyä paremmin ja jos niihin halutaan kehittää vielä uusia ratkaisuihin. Kirjoittaja keskittyi muutosprosesseissa pääosin suunnittelun aikaisiin muutoksiin, jolloin suunnittelun jälkeiset muutokset jäivät pienemmälle huomiolle. Asiat ovat kuitenkin kirjattuna ylös, joten selvitystyötä on täten mahdollisuus jatkaa myös myöhemmin, niin kuin aikaisemmin mainittiin.

Opinnäytetyön ollessa keskeneräinen käytiin jo kerätyjä ratkaisuehdotuksia lävitse mekaniikka- ja sähkösuunnitteluosastojen suunnittelupäällikköjen kanssa. Yleiseen koulutukseen liittyvä prosessikuvaus nousi tärkeäksi ideaksi, ja sitä päätettiin jo tässä vaiheessa lähteä viemään eteenpäin. Tämä tulee tapahtumaan uuden prosessikuvausdokumentin avulla, joka kattaa esi-, mekaniikka-, ja sähkösuunnittelun: tällaista dokumenttia yrityksessä ei vielä ole ja sen todettiin olevan tärkeä esimerkiksi uusien ihmisten perehdyttämisessä. Lisäksi dokumentti voi olla tärkeä perehdytettäessä osastoja ristiin: dokumentin avulla voidaan tehdä paremmin selväksi, mitä muut osastot tekevät. Tätä kautta voidaan saada parannettua informaation kulkua, sillä suunnittelijat tietäisivät paremmin, mitkä asiat ovat merkityksellisiä ilmoittaa toisen osaston suunnittelijalle.

LÄHTEET

- Harju, J. 2019. Pääsuunnittelija, automaatio/sähkö. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 11.2.2019.
- Hautala, H. 2019. Sähkön suunnittelupäällikkö. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 21.3.2019.
- Hautala, M. 2019. Mekaniikkasuunnittelija. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 11.1.2019.
- Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. [Verkkokirja]. Helsinki: Edita. [Viitattu 18.3.2019]. Saatavana Ellibs Library -e-kirjakokoelmasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2015. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. [Verkkokirja]. Helsinki: Gaudeamus. [Viitattu 6.1.2019]. Saatavana Ellibs Library -e-kirjakokoelmasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Itä-Suomen yliopisto (UEF). Ei päiväystä. Benchmarking. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.4.2019]. Saatavana: <https://www.uef.fi/benchmarking>.
- Kaunismäki, S. 2019. Mekaniikkasuunnittelija. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 11.1.2019.
- Klasila, L. 2019. Henkilöstösuunnittelija. Pesmel Oy. Henkilökohtainen sähköpostikeskustelu 2.1.2019.
- Kousa, J. 2019. Mekaniikan suunnittelupäällikkö. Raute Oyj. Henkilöhaastattelu 18.2.2019.
- Laamanen, P. 2019. Mekaniikan suunnittelupäällikkö. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 21.3.2019.
- Lahtinen, J. 2019. Pääsuunnittelija, automaatio/sähkö. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 11.2.2019.
- Mannila, R. 2019. Mekaniikkasuunnittelija/Tuoteryhmän pääsuunnittelija. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 25.1.2019.
- Mattila, K. 2019. Pääsuunnittelija, mekaniikka. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 11.2.2019.
- Mäki-Jussila, T. 2019. Pneumatiikka- ja layoutsuunnittelija. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 11.3.2019.

- Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2009. Kehittämistyön menetelmät: uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki: WSOYpro.
- Pesmel. Ei päiväystä. Pesmel in Brief. [Verkkosivu]. [Viitattu 3.1.2019]. Saatavana: http://www.pesmel.com/pesmel_in_brief.
- Pesmel. Ei päiväystä. Pesmel Company. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.1.2019]. Saatavana: www.pesmel.com/sites/default/files/content_body_images/downloads/Pesmel_Company_S.pdf.
- Pesmel. 2018. Handling Systems for Tire Industry. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.1.2019]. Saatavana: http://www.pesmel.com/sites/default/files/content_body_images/downloads/Tire-brochure-rev1S.pdf.
- Pesmel. 2008. Pesmel Service. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.1.2019]. Saatavana: http://www.pesmel.com/sites/default/files/content_body_images/downloads/Service_Brochure_S.pdf.
- Pesmel. Ei päiväystä. Sheet packing lines to KUMZ. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.4.2019]. Saatavana: <http://www.pesmel.com/node/335>.
- Pesmel. 30.5.2016. Esisuunnittelu: TO303. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.1.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 14.9.2012. Tuotehallintaprosessi: PR3. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 1.4.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 1.9.2014. Pääsuunnitteluohjeet: TY303-01. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.1.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 26.6.2018. Mekaniikkasuunnitteluohjeita: TY304-01. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.1.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 20.11.2018. Mekaniikka- ja hydraulikkasuunnittelu: TO304. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.1.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 28.6.2012. Sähkösuunnittelu: TO305. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.1.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.

- Pesmel. 6.11.2014. Sähkösuunnittelun työohjeet: TY305-01. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.1.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 25.9.2017. I/O-List: AL303-10-01. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 25.9.2017. Motor- and Actuator List: AL303-09-01. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 29.3.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 12.9.2018. Suunnittelun lähtötiedot: SL303-03-01. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 1.4.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. Ei päiväystä. Laiteluokitus. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 25.3.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 12.1.2016. Suunnittelukatselmus: SL304-03. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.1.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. Ei päiväystä. Piirustusluettelo. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 8.3.2018. MCH-Test: SL403-03-01. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 1.4.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. 25.9.2017. Action Item List: SL209-01-02. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. Sähköpistelayout. Ei päiväystä. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Pesmel. Ei päiväystä. Anturointidokumentti. [Dokumentinhallintaohjelmisto]. [Viitattu 4.4.2019]. Saatavana M-files -dokumentinhallintaohjelmistosta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Raute. Ei päiväystä. Tietoa Rautesta. [Verkkosivu]. [Viitattu 9.4.2019]. Saatavana: <http://www.raute.fi/fi/tietoa-rautesta>.

Raute. Ei päiväystä. Tuotteet ja palvelut. [Verkkosivu]. [Viitattu 9.4.2019]. Saatavana: <http://www.raute.fi/fi/tuotteet-ja-palvelut>.

Ruusuvuori J. & Tiittula L. 2005. Haastattelu: Tutkimus, tilanteet ja vuorovaikutus. [Verkkokirja]. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. [Viitattu 6.1.2019]. Saatavana Ellibs Library -e-kirjakokoelmasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Siirilä, T. 2019. Sähkösuunnittelija. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 8.2.2019.

Tuokkola, K. 2019. Sähkösuunnittelija. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 8.2.2019.

Tähtinen, S. 2005. Järjestelmäintegraatio: tarve, vaihtoehdot, toteutus. Helsinki: Talentum Media Oy.

Viitala, M. 2019. Pääsuunnittelija, mekaniikka. Pesmel Oy. Henkilöhaastattelu 8.2.2019.

LIITTEET

Liite 1. Ryhmäkeskustelu

Liite 2. Henkilöhaastatteluiden kysymyslomake

Liite 3. Henkilöhaastattelu – Sampo Kaunismäki

Liite 4. Henkilöhaastattelu – Mikko Hautala

Liite 5. Henkilöhaastattelu – Rami Mannila

Liite 6. Henkilöhaastattelu – Marko Viitala

Liite 7. Henkilöhaastattelu – Kaisli Tuokkola

Liite 8. Henkilöhaastattelu – Tiina Siirilä

Liite 9. Henkilöhaastattelu – Jani Harju

Liite 10. Henkilöhaastattelu – Kari Mattila

Liite 11. Henkilöhaastattelu – Juha Lahtinen

Liite 12. Henkilöhaastattelu – Tapio Mäki-Jussila

Liite 13. Henkilöhaastattelu – Petteri Laamanen ja Harri Hautala

Liite 14. Benchmarking-kysymyslistaus

Liite 15. Benchmarking-haastattelu

Liite 1. Ryhmäkeskustelu

Mekaniikka- ja sähkösuunnittelun integraatiota käsiteltiin historian kautta: tilanne on parantunut menneeseen nähden huomattavasti, ja se ei ole missään nimessä huonolla mallilla, mutta aina löytyy kuitenkin parannettavaa. Kehitystä on tapahtunut esimerkiksi anturointien kanssa mekaniikkasuunnittelun suhteen: aikaisemmin antureita ei löytynyt juurikaan mekaniikkapiirustuksista, mutta nykyään ne löytyvät pitkälti jokaisen laitteen kohdalta kuvista. Opinnäytetyön tarkoitus tehtiin ryhmäkeskustelutilaisuuden osallistujille selväksi: työn tarkoituksena on etsiä yhteistyön haasteita sekä kehittää yhteistyöhön parannuksia, eikä esimerkiksi etsiä syyllisiä henkilöiden joukosta. Tätä työtä tehdään haastattelujen, nykyisen prosessin tutkimisen ja lomakkeiden läpikäynnin avulla. Haastattelujen kautta olisi hyvä löytää esimerkkitalanteita ongelmista, jolloin näiden ongelmien analysointi voi tuoda erilaisia ratkaisuehdotuksia paremman yhteistyön saavuttamiseksi. Samalla pyritään tutkimaan, johtuvatko haasteellisuudet esimerkiksi puutteista toimintaohjeissa ja lomakkeissa vai esimerkiksi siitä, että olemassa olevia, sovittuja asioita ei jostain syystä noudateta. Keskustelun aikana läpikäytiin esi-, mekaniikka- ja sähkösuunnitteluprosesseja. Samalla läpikäytiin lyhyesti syntyviä dokumentteja sekä niiden sisältöä. Ryhmäkeskustelussa ilmoitettiin tulevien henkilöhaastattelujen nauhoittamisesta myöhempää analyysia varten.

Ryhmäkeskustelutilanteen jälkeen siirryttiin tutkimaan sekä havainnoimaan varastohissin kääntöpöytää Kauhajoen halliin integraation näkökulmasta. Tutkimisen ja havainnoimisen avulla koitettiin selkeyttää ideaa siitä, missä kulkee mekaniikka- ja sähkösuunnittelun rajapinta fyysisessä laitteessa. Tutkimisen avulla oli myös helpompi ymmärtää mihin saakka mekaniikkasuunnittelu ulottuu ja mikä kuuluu taas sähkösuunnittelun alaisuuteen. Laitteiden tutkimisen aikana käytiin keskustelua muun muassa anturin sekä johtojen pääreitien välisestä sivureitistä. Keskustelussa kävi ilmi, että nämä sivureitit ovat usein merkkeamatta mekaniikan tekemissä kokoonpanokuvissa. Osassa kokoonpanokuvista sivureitit oli kuitenkin merkattu viite- nuolineen sekä ohjeistuksineen, ja tätä toivottiin noudatettavan kaikissa kokoonpanokuvissa. Oli ilmennyt myös tilanteita, joissa mekaniikkasuunnittelija oli suunnitellut jollekin tietylle sähkökomponentille kiinnityspaikan reikineen, mutta hän ei ollut

ohjeistanut sitä kuviin millään tasolla. Asentajat olivat tällaisessa tapauksessa voineet välttää kiinnittämästä sähkökomponenttia sille varattuun paikkaan, sillä he eivät olleet voineet tietää ohjeistuksen puuttuessa, mitä varattuun paikkaan on loppujen lopuksi suunniteltu kiinnitettävän. Tällöin sähkökomponentti on saattanut olla sille varatun kiinnityspaikan välittömässä läheisyydessä, mutta ei siis kuitenkaan oikeassa paikassa. Tällaiset tapaukset ovat vältettävissä esimerkiksi viitetekstien ja nuolien käytöllä, mitä osa mekaniikkasuunnittelijoista tekeekin.

Keskustelun aikana kävi myös ilmi, että loppupään kokoonpanoa tekevät asentajat käyttävät hyödyksi myös mekaniikan kokoonpanokuvia esimerkiksi antureita tai niiden johtoja asentaessaan. Kokoonpanokuvat voivat olla isojen laitteiden tapauksessa hyvin epäselviä pienten komponenttien kohdalla, eikä esimerkiksi yksittäisen anturin paikkaa tai asentoa voi välttämättä erottaa mitenkään. Tämä johtuu periaatteesta siitä, että laite on anturiin nähden niin suurikokoinen, että kuvissa, joissa kokonainen laite on kuvattu useasta eri suunnasta, on anturi häviävän pienikokoinen. Asentajat eivät myöskään välttämättä katso joka ikistä pääkokoonpanon alle kuuluvaa alikokoonpano- ja osakuvaa, jolloin jokin anturireitti voi jäädä huomaamatta, vaikka se olisikin merkitty piirustuksiin. Jos anturireittiä ei ole merkattu tai sitä ei löydy, joutuu asentaja selvittämään asiaa esimerkiksi vanhojen, vastaavia laitteita käsittelevien kuvien kautta tai sitten soittamalla esimerkiksi suunnittelijoille. Tämä on periaatteessa turhaa resurssien käyttöä, joka olisi vältettävissä paremmilla ohjeistuksilla.

Jos asentaja ei ota yhteyttä suunnittelijoihin ja asettaa reitit oman pohdintansa mukaisesti, on olemassa riski, että kaapeli ottaa mekaanista kontaktia laitteen erilaisten liikkeiden aikana ja voi tätä kautta vaurioitua. Tämän välttämiseksi asentajalla täytyisi olla hyvä ymmärrys laitteen liikesequensseistä, mitä ei voi automaattisesti olettaa. Laitteen suunnittelijoilla tietämys sen sijaan on olemassa, jonka takia heidän olisi hyvä merkitä sivureitit selkeästi näkyville. Tällä tavoin säästettäisiin aikaa asennusvaiheessa sekä pienennettäisiin periaatteessa turhien vaurioiden riskiä.

Tutkimisen aikana ilmeni myös, että usein merkitsemättömät tai epäselvät reitit esiintyvät uusien tai yksittäisten laitteiden tai niiden osien yhteydessä. Toistuvien, vähän muuntuvien laitteiden kanssa ongelma on vähäisempi, mikä voi johtua esi-

merkiksi kuvien lainaamisesta pohjalaitteelta. Pohjalaitteen kuvia on käsitelty jo aikaisemmin ja mahdolliset poikkeamat on havaittu ja tätä kautta myös korjattu, jolloin lainatuissa kuvissa pää- ja sivureitit ovat periaatteessa ainakin osittain valmiina, joskin mahdollisesti väärässä paikassa, jos laitteiden välillä on tapahtunut muutoksia esimerkiksi anturien sijainnin suhteen.

Liite 2. Henkilöhaastattelujen kysymyslomake

Yksilöhaastattelut:

Henkilön esittäytyminen:

1. **Nimi ja titteli**
2. **Kuinka kauan olet työskennellyt yrityksessä?**
3. **Oletko työskennellyt muissa vastaavissa yrityksissä aikaisemmin?**

Nykytilanteen kartoitus:

4. Mitä **haasteita** kohdataan nykyään mekaniikan ja sähköön rajapinnassa?
 - a. Mikä on **merkittävin** näistä ongelmista?
 - b. Onko haasteet aina **samoihin asioihin liittyviä** vai **toisistaan eriäviä**?
5. Missä **tilanteissa** nämä haasteet ilmenevät?
 - a. e.: normaali suunnitteluprosessi vaiko jokin muutostilanne?
6. Missä työvaiheessa **ongelmat** yleensä ilmenevät?
 - a. Toistuuko joku tilanne useasti?
 - b. Onko tämä ilmenemismuoto kaukana vaihetta, jossa ongelma on varsinaisesti syntynyt?
7. Miten **ongelmat** tiedostetaan?
 - a. Kenen toimesta ja milloin tämä tapahtuu?
 - b. Onko laite edennyt jo kokoonpanoon asti?
8. Selitä **suunnitteluprosessi** lyhyesti omasta näkökulmasta:
 - a. Mitä toimenpiteitä teet rajapinnassa?
 - b. Mitä lomakkeita käytät työssäsi rajapinnan alueella?
9. Mitä kautta saat **suunnitteluvaiheen** sähköihin liittyvät **tiedot**?
 - a. e.: tiedot antureista ym.
10. Suunnitteletko **kaapelireitit** anturilta pääreittiin?
11. Mitä kautta saat tiedon syntyneestä **muutoksesta, mitä kautta tiedotat siitä**?
 - a. Meneekö tieto aina samaa reittiä, vai onko reittejä useampia?
 - b. Mikä on toimivin tapa käsitellä muutoksia?
 - c. Onko toimenpiteet/muutokset kuitattu tehdyiksi, vai jäävätkö ne tilaan, jossa ne uskotaan olevan tehty?
12. Mikä on paras tapa saada **puuttuvat tiedot** sähkösuunnittelun aloituspalaverin jälkeen ilmeneviin kysymyksiin mekaniikkaa koskien?
 - a. Eri kommunikaatioreitit
13. Mitä kautta **pidät yhteyttä** laitteen mekaniikka- tai sähkösuunnittelijaan?
 - a. Tapahtuuko yhteydenpito oma-aloitteisesti vai jonkun muun tekemän aloitteen takia?

14. Kerro esimerkkitalanteita:

- a. Tyypillisimmät poikkeamat?
- b. Mistä koette tämän poikkeaman johtuvan?
- c. Olisiko tilanne voitu välttää jotenkin?

15. Johtuvatko ongelmat mielestäsi huonoista ohjeista ja lomakkeista, kommunikaatiosta, ohjeiden noudattamatta jättämisestä vai jostain muusta?

Ehdotuksia:

16. Mitä voitaisiin tehdä tilanteen parantamiseksi?

- a. Nykyiset lomakkeet/dokumentit
 - i. Vaativatko muokkaamista?
 - ii. Hyvää palautetta?
 - iii. Huonoa palautetta?
- b. Laajemmin katselmoitavat muutokset
- c. Pienemmät muutokset, joissa ei katselmointia

17. Vaikuttaako toimistojen välimatka ja eri henkilöiden sijoittuminen eri toimistoihin nykyiseen tilanteeseen ja mahdollisten ongelmien hoitamiseen?

- a. Mihin tämä mielestänne vaikuttaa?

18. Vaikuttaako kokoonpanon ja testauksen sijaintiero suunnitteluun nähden tilanteeseen?**19. Tavoitteita uudelle PDM:lle** tämän asian suhteen:

- a. Mitä edellä käydyistä asioista voidaan välttää PDM:n avulla?

20. Muuta aiheeseen liittyvää kehittämisajatusta?

Henkilöhaastattelujen kysymyslomake

Liite 3. Henkilöhaastattelu – Sampo Kaunismäki

Kaunismäki toteaa yhteistyön sujuneen sähkösuunnittelun kanssa hyvin käyttäen muun muassa videoneuvotteluita ja sähköpostia viestintäkanavina. Hän haluaisi muutoksen laitteiden suunnittelun aloitukseen: hänen mukaansa laitteen suunnittelun aloituspalaverissa olisi hyvä olla mukana kolme suunnitteluosastoa, jotka olisivat tässä tapauksessa mekaniikka, sähkö sekä PLC. Tällä tavoin vältettäisiin tilanteet, joissa mekaniikkasuunnittelija suunnittelee mielestään valmiin laitteen, mutta se osoittautuu sähkön tai PLC:n näkökulmasta päinvastaiseksi toteutukseksi tavalla tai toisella. Tällöin laitteen suunnittelu olisi mahdollista saada aluilleen niin, että sen toteutustapa olisi mahdollisimman järkevä ja kustannustehokas. Tämän hetkinen aloitustapa on siis nähtävissä omalla tavallaan ongelmallisena. Lisäksi mekaniikkasuunnittelun ollessa vielä aluillaan olisi hyvä käydä palavereita vastaavan sähkösuunnittelun kanssa jo siitä syystä, että sähkösuunnittelijoilla voi olla laitteeseen liittyen hyviä ideoita. Nämä ideat voisivat koskea esimerkiksi paikoitusta, sillä useissa tapauksissa mekaanisen paikoituksen sijasta voitaisiin käyttää jotain fiksumpaa tapaa saman lopputuloksen aikaansaamiseksi. Kaunismäen mukaan laitteen toteutus on yleensä fiksumpi ja edullisempi heti alkuunsa, kun otetaan huomioon kaikkien osastojen ratkaisut. Esimerkiksi mekaniikkasuunnittelua ei hänen mukaansa tarvitse välttämättä tehdä joltain osin lainkaan, jos nämä osuudet voidaan toteuttaa sähköisesti ja ohjelmallisesti. Kaunismäen mukaan mekaniikkasuunnittelija ei aina tiedä, mihin muut osastot pystyvät. (Kaunismäki 2019.)

Kaunismäen mielestä kommunikoinnin kannalta olisi parasta, jos sähkösuunnittelija olisi lähellä. Samalla hän mainitsi, että työtiimit olisivat projektin kannalta hyvä ratkaisu: eri osastojen henkilöt pitäisivät näin yhtä koko projektin ajan. Tämän asian toteutumista kuitenkin haittaa olennaisesti suunnitteluosastojen välillä oleva paikkakuntaero. (Kaunismäki 2019.)

Kaunismäki on hankkinut tietoa rajapinnan ylitse esimerkiksi kaapelireitteihin ja käytettäviin kaapeleihin liittyen. Kaapeleista hän on itse esimerkiksi kysynyt millaista kaapelia mihinkäkin tullaan käyttämään, millaiset aukotukset käytettävät kaapelit tulevat vaatimaan, millaiset taivutussäteet kaapeleille on ja pitääkö käytettävät kaapelit erottaa jollain tapaa toisistaan niiden kulkiessa samassa kaapelipussissa. Samalla hän on selvittänyt tiedon käytettävistä anturoinneista. Hän on ollut yleensä

itse yhteydessä suoraan laitteen sähköpääsuunnittelijaan tehden itse aloitteen. Käytetyistä viestintäkanavista Kaunismäki mainitsee sähköpostin, puhelimen sekä videoneuvottelun käytön. Lisäksi joskus rajapinnan asioita keskustellaan kasvotusten. Hän kertoo mekaniikkasuunnittelun tehtäväksi saada laite toimimaan mekaanisella tasolla, jonka jälkeen sähkösuunnittelu aloittaa suunnittelun sähkökomponenttien puolesta. Jos sähkö ei pysty toteuttamaan jotain mekaniikan suunnittelemaa mekaanista asiaa suunnitellulla tavalla, muokkaa mekaniikkasuunnittelu tarvittaessa omaa rakennettaan niin, että sähkösuunnittelu kykenee suunnittelemaan kentälaitesähköt onnistuneesti. Kaunismäki kertoo, että kun mekaniikkasuunnittelu on siinä pisteessä, että sähkösuunnittelu voi aloittaa toiminnan, täytyy mekaniikkasuunnittelijan selostaa laitteen toiminta vastaavalle sähkösuunnittelijalle. Hän mainitsee, että tällä vaiheella ei ole mitään virallista reittiä, vaan se on suoritettu aiemmin aina omakohtaisista aloitteista mekaniikka- ja sähkösuunnittelijan välillä. Hän kertoo ottavansa itse yhteyttä sähköpääsuunnittelijaan esimerkiksi siinä vaiheessa, kun laitteen malleihin pitää asetella anturoinnit. Virallisen, selkeän reitin puuttuminen on nähtävissä ongelmana, ja Kaunismäki toivoisi tähän jonkinlaista selkeää tiedonsiirtoa edistävää rakennetta. (Kaunismäki 2019.)

Kaunismäki kertoo reaaliajassa käytävän keskustelun (verkkovälitteiset äänipuhelut) olevan rajapinnassa tehokkainta etäviestintää: esimerkiksi sähköpostikeskustelu on tähän nähden hidasta ja vaivalloista viestintää. Hän mainitsee, että sähköposteista jää toki jälki, mutta unohtaminen on silti mahdollista. Kaunismäki tekee usein äänipuheluiden aikana sovituista asioista yhteisen muistion dokumentinhallintajärjestelmään, jotta asiat pysyisivät kaikkien saatavilla. (Kaunismäki 2019.)

Rajapinnan lomakkeita Kaunismäki mainitsee käyttäneensä jonkin verran. Hän on ennemmin hakenut saman tiedon suoraan sähköpääsuunnittelijalta. Lomakkeista Kaunismäki mainitsee, että niiden käyttö vaatii aina hieman aikaa ja vaivan näköä mekaniikkasuunnittelijalta, mutta tarvittava tieto on kuitenkin löydettävissä asiaan syventymällä. Hän ei ollut käyttänyt kuitenkaan lähiaikoina rajapinnan lomakkeita, joten niihin ei ollut enempää palautetta annettavana. (Kaunismäki 2019.)

Kaunismäen mielestä uusi PLM-järjestelmä tuo paljon enemmän mahdollisuuksia rajapinnan toiminnan jouhevuuden lisäämiselle. Olisi hyvä, jos voitaisiin tehdä laite-

kohtaisia tehtäviä järjestelmän sisälle. Esimerkkinä Kaunismäki käyttää *Aras*-ohjelmistoa: siinä on nimikekohtainen keskustelukenttä, jossa voi valita suunnittelijoita mukaan keskustelemaan ongelmasta. Valitut suunnittelijat saavat myös automaattisen ilmoituksen ja nimikkeen alle jää keskusteluhistoria talteen. Suunnittelun aikaiset avoimet tehtävät näkyisivät aina laitetta tarkastelevalle henkilölle jonkinlaisessa näkymässä, ja valmiiksi tehdyt tehtävät kuitattaisiin suoritetuiksi. Hänen mielestään tällainen nopeuttaisi toimintaa ja helpottaisi tilannetta, sillä kaikki tiedot laitteesta olisi saatavilla yhdestä tietolähteestä verrattuna tämän hetkiseen tilaan, jossa tieto on hajautunut ympäriinsä erilaisiin tiedostoihin. Näkymässä olisi siis esillä laitetta koskevat poikkeamat sekä ongelman ratkaisuun liittyvät keskusteluketjut, ja ne pysyisivät näkyvillä niin kauan, kunnes ne olisi kuitattu ratkaistuiksi. Tämän laitekoh- taisen tarkastelunäkymän rakentuminen vaatisi ohjelmalta todennäköisesti yrityk- selle sopivaa räätälöintiä, mikä pitäisi sitten erikseen ostaa palveluntarjoajalta. Lait- teen näkymätilassa olisi nähtävillä laitteen suunnitteluelinkaari, jossa näkyisi juuri nämä olemassa olevat sekä selvitetty ongelmat ja mitä niille on tehty ratkaisun saa- vuttamiseksi. Tällöin ongelmista saisi nopean yleiskatsauksen, ja samalla pystyisi katsomaan, mitä kaikkia asioita suunnittelutoiminnassa on huomioituna. Näkymä- tila tulisi esille esimerkiksi malleja avatessa tai esimerkiksi sähkökuvia tarkastel- lessa. Tehtävän alkuperäinen asettaja voisi tarkastaa myöhemmin, miten valmiiksi merkattu tehtävä on todellisuudessa suoritettu ja kuka muutokset suoritti. Tällöin tehtävän antaja voi helposti todeta, onko korjaus hänen mielestään kelvollinen ja alkuperäisten, asetettujen vaatimuksen mukainen. (Kaunismäki 2019.)

PLM-järjestelmiin liittyen Kaunismäellä oli esimerkkiohjelmistona *Jira*-tehtävienhal- lintaohjelmisto. Tämän ohjelmiston avulla muutosprosessit olisivat paljon paremmin hallittavissa ja seurattavissa. Toteutus voitaisiin tehdä esimerkiksi seuraavalla ta- valla: ensin projektille luotaisiin puurakenteeseen oma haara, jonka päissä on sitten laiteluokituksen kaikki laitteet. Laite jakaantuisi projektin tavalla alikokoonpanoiksi ja osiksi. Jos nyt jokin anturi pitäisi vaihtaa, merkattaisiin ensin projekti, sitten laite ja vaihtamista vaativa osa ja sitten toimenpiteestä luotaisiin tehtävä. Tämä tehtävä näkyisi nyt suunnittelijoille, ja tiedot jäisivät näkyviin myös muutostoimenpiteiden suorittamisen jälkeen. Tehtävän alla olisi keskusteluketju aiheesta, ja se sisältäisi kaiken ratkaisuun johtaneen informaation, esimerkiksi tekstin sekä mahdolliset ku- vat. (Kaunismäki 2019.)

Kaunismäki näkee yhtenä ratkaisuideana rajapinnan haasteisiin uudenlaisen sähkömekaniikkasuunnittelijan toimen perustamisen. Sähkömekaniikkasuunnittelija sijoittuisi mekaniikka- ja sähkösuunnittelijan välimaastoon, ja toteuttaisi esimerkiksi kaapelireittien sivureitit mekaniikkasuunnittelijoiden kokoonpanoihin. Hän tekisi siis esimerkiksi anturien sijoittelua, kaapelien reititystä ja kiinnitystä sekä laitteiden aukotusta. Tämä toimi toki vaatisi perehdytyksen työstettävän laitteen toiminnasta, jotta kaapeleita ei esimerkiksi asetettaisi liikeratojen tielle tai kaapeliauukotuksia tehtäisi sellaisiin rakenteisiin, jotka eivät sitä salli lujuusopillisesti. Perehdyttäminen olisi tuttujen laitteiden kanssa vähempää, ja usein saman tyyppisiä laitteita esiintyy eri projekteissa pienillä muutoksilla. Sähkömekaniikkasuunnittelijan ansiosta mekaniikkasuunnittelija saisi siirtyä eteenpäin ja suorittaa varsinaista mekaniikkasuunnittelua. Toinen rajapintaa auttava ratkaisu olisi sähkömekaniikkasuunnittelijan tekemä kuva kokoonpanosta, jossa nykyiset referenssisuhteet olisivat ikään kuin päinvas-toin: mekaniikan osat olisivat referenssinä ja sähkön osat taas varsinaisina osina. Tämä kuva olisi ikään kuin negatiivikuva nykyisestä mekaniikan pääkokoonpanokuvasta ja se toimisi periaatteessa antureita ja muita komponentteja varten olevana ”karttakuvana”, josta selviäisi komponenttien sijainti helposti. Tällöin kuvasta saisi hyvin selvää missä sijaitsee mikin anturi, ja ne positioisi vielä erikseen sähkömekaniikkasuunnittelija. Tähän kuvaan tulisi vielä erikseen osalistan tyyppinen listaus komponenteista, joiden positiot täyttäisi sähkömekaniikkasuunnittelija. Listauksessa olisi lisäksi komponentteja koskevia tarkentavia tietoja, kuten tyyppi ja valmistaja, ja nämä tiedot täyttäisi sitten sähkösuunnittelija, kun sähkömekaniikkasuunnittelija on ensin saanut toimensa tehtyä. (Kaunismäki 2019.)

Liite 4. Henkilöhaastattelu – Mikko Hautala

Hautalan mukaan osastojen välistä keskustelua aletaan käydä runsaammin yleensä vasta siinä vaiheessa, kun kaikki on mekaniikkaosastolla pitkälti tehtynä. Suunniteluosastot eivät siis lähde suunnittelutoimiin samasta pisteestä ajallisesti tarkastellen, vaan mekaniikkaosasto kulkee sähköä edellä: tämä on yksi rajapinnassa oleva haaste. Tämä voi johtaa esimerkiksi siihen, että sähkösuunnittelun vaatimalle komponentille ei ole tilaa mekaanisessa rakenteessa siinä kohdassa, missä sen olisi hyvä olla sijoitettuna. Hautala kertoo, että ongelma havaitaan jommassakummassa kahdesta vaihtoehdosta: joko mekaniikkasuunnittelija huomaa sopimattomuuden mallia tarkastellessaan ja yrittäessään sijoitella tarvittavia osia kokoonpanoihinsa, tai sitten ongelma huomataan vasta varsinaisessa kokoonpanovaiheessa, kun osat ovat jo valmistettuna. Molemmat vaihtoehdot aiheuttavat turhaa työtä ja resurssien kulumista, mutta ongelman havaitseminen tietokoneella 3D-mallin kautta on vaihtoehdoista huomattavasti vähemmän resursseja kuluttava. Nämä kokoonpanoon asti edenneet ongelmat aiheuttavat kallista lisätyötä, johon verrattuna 3D-mallin korjausajoissa on huomattavasti edullisempaa. Toisaalta on olemassa myös tämän suhteen onnistuneita projekteja, joissa sähkökomponenteista on saanut hyvin tietoa jo varhain mekaniikkasuunnittelun aikana muun muassa palaverien muodossa tiettyjen suunnittelijoiden kohdalla. (Hautala, M. 2019.)

Hautalan mukaan nykyään sähkökomponentteihin liittyen antureita sovitettaessa niiden mallit ovat yleensä aina kunnossa, eikä ongelmia seuraa siitä, että anturin nimike ja malli olisivatkin ristiriitaiset ja todellisuudessa anturi ei sopisi kokoonpan- taessa paikalleen, sillä teline olisi suunniteltu alkuunsa väärälle anturille ristiriitaisten tietojen takia. (Hautala, M. 2019.)

Hautala mainitsee käyttävänsä rajapinnan lomakkeista jonkin verran I/O-listaa anturitietojen saamiseksi. Pääosin tieto saadaan kuitenkin suoraan sähköpääsuunnittelijoilta: he tulevat kertomaan tarvittavat asiat oma-aloitteisesti ja tietoa saa tarvittaessa kysymällä. Hän toivoisi tiedonhakuprosessiin enemmän selkeyttä, sillä nykyinen I/O-lista sisältää mekaniikkasuunnittelijalle paljon vaikeaselkoista tietoa. Sen käyttö vaatii usein keskustelua sähköpääsuunnittelijan kanssa tiedon varmistamiseksi, eli toisin sanoen mekaniikkasuunnittelijalla ei ole välttämättä tarpeeksi selkeää kanavaa rajapinnan tietojen keräämiseksi: tämäkin on nähtävissä rajapinnan

yhtenä haasteena. Lisäksi Hautala mainitsee tiedostojen sijainnin olevan osittain sekavaa, sillä suunnittelussa tarvittavat lomakkeet eivät sijaitse yhdessä paikassa vaan lukuisissa erilaisissa kansioissa. Hautala käyttää tässä sähköpääsuunnittelijaa kohtaan tapahtuvassa viestinnässä apunaan sähköpostia, puheluita sekä kasvokkain keskustelua. Kasvokkain käytävää keskustelua harjoitetaan Seinäjoen toimistolla, mutta Kauhajoella olevaa suunnittelijaa täytyy tavoitella esimerkiksi sähköpostin tai puhelun avulla. (Hautala, M. 2019.)

Hautalan mielestä olisi hyvä, jos suunnitteluosastot olisivat samassa sijainnissa. Tällöin tiedonsiirto olisi nopeampaa, koska toisen suunnitteluosaston henkilöltä pääsisi kysymään asioita suoraan kasvotusten. Sama koskee myös kokoonpanon ja tuotannon sijaintia suhteessa suunnitteluosastoihin. Hautala mainitsee aikaisemman yrityksen eduksi juuri tämän yhdessä sijainnissa toimimisen. Tätä kautta asiat oli hoidettavissa huomattavasti nopeammin, ja esimerkiksi kokoonpanossa esiintyneet ongelmat pääsi itse toteamaan pienellä vaivalla paikanpäältä. Hautalan mielestä ulkomailla sijaitseva kokoonpano ja tuotanto tuo haasteita myös kieliongelmien suhteen. Suunnittelun ja kokoonpanon välinen kommunikaatio tulee helposti monimutkaisemmaksi ja enemmän aikaa vieväksi, kun molemmat osastot eivät voi toimia esimerkiksi omalla äidinkielellään. (Hautala, M. 2019.)

Hautala tiedostaa nykyisten kommunikaatioreittien heikkouksia. Hänen mielestään esimerkiksi sähköpostille ominainen epävarmuus voi aiheuttaa muun muassa lisätilauksen unohtamisen, jolloin muutosprosessi pysähtyy hetkellisesti, sillä tarvittavia osia muutokseen ei voida valmistaa, koska tietoa valmistustarpeesta ei ole lähetty eteenpäin. Tämä voi tapahtua inhimillisen unohtamisen vuoksi sähköpostin hukkouksessa uusien viestien joukkoon. Hautalan mukaan muutoksia koskevat tiedonkulureitit ovat pääosin palaverit sekä sähköpostiviestit. Näitä reittejä pitkin tapahtuva tiedonsiirto ja tehtävänanto on loppujen lopuksi tehtävän antajan luottamuksen varassa, sillä muutoksesta ei välttämättä tarvitse tehdä revisioita, jolloin tehdyistäkään toimenpiteistä ei luoda kuittausta. Tällöin tehtävän antajalle muutoksen toteuttaminen näyttää samalta, on se sitten tehty tai jätetty tekemättä. (Hautala, M. 2019.)

Hautala mainitsee, että yleisesti ottaen anturoinnit ovat dokumentoituna hyvin. Tästä kuitenkin poikkeaa asiakkaan luona tehdyt muutokset, joista tieto ei välttämättä koskaan kulje takaisin suunnitteluosastolle saakka. Omassa kokoonpanossa

ja valmistuksessa tehdyistä muutoksista jokin osa tiedosta kulkeutuu takaisin suunnitteluun asti, mutta ei kuitenkaan kaikki. Tämän taustalla voi olla muun muassa aikaisemmin mainittu ero käytettävissä kielissä, mikä voi luoda jonkinasteisen kieli-kynnyksen toimia ja ilmoittaa havaituista ongelmista suunnitteluosastoille. (Hautala, M. 2019.)

Hautalan mukaan anturireiteistä pääreitit suunnitellaan yleisesti ottaen hyvin, mutta sivureitit jäävät pienemmälle huomiolle, jolloin niitä koskeva piirustuksissa oleva informaatio on usein puutteellista. Hänen mielestensä uutta PLM-järjestelmää voisi hyödyntää juuri työsuoritusten seurantaan esimerkiksi rajapinnan alueella. Tällöin käytössä olisi kuitattavat työsuoritukset, jonka avulla seuranta olisi mahdollista. Kaikkiin työtehtäviin seuranta ei kuitenkaan välttämättä olisi hyvä käyttää, sillä se voi tehdä seurantajärjestelmän käytöstä liian raskasta ja aikaa vievää. Lisäksi nykyistä dokumentinhallintajärjestelmää voisi hyödyntää paremmin seurantaan. Hautala mainitsee, että järjestelmän laiteluokitukseen ilmoitetaan kyllä edistymistaso normaalissa suunnitteluprosessissa, mutta tämä seuranta loppuu, kun laite on valmis eli edistystaso on saavuttanut 100 prosenttia. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että laiteluokitustakaan ei käytetä hyödyksi muutostilanteissa, sillä laitteille tapahtuvat muutokset mekaniikkasuunnittelun valmistumisen jälkeen eivät näy täällä mitenkään. (Hautala, M. 2019.)

Liite 5. Henkilöhaastattelu – Rami Mannila

Mannilan mukaan rajapinnan yhteistyöhön tuo haastetta suunnitteluosastojen eriaikainen toiminta, jossa mekaniikkasuunnittelu kulkee sähkösuunnittelun edellä. Tähdän hän kuitenkin mainitsee, että usein ehtiessään sähköns esisuunnittelu on kuitenkin kartoittanut esimerkiksi käytettävät anturit dokumentaatioon. Hän mainitsee tilanteen parantuneen verrattuna historiaan samassa yrityksessä. (Mannila 2019.)

Mannilan mukaan kommunikaatio sähköpääsuunnitteluun mekaniikkasuunnittelun aikana tapahtuu yleensä kasvotusten, jolloin käytettävät anturoinnit käydään yhdessä lävitse. Aloite tähän keskusteluun tapahtuu yleensä mekaniikan puolelta, ja tämä tarkastelu on yleensä henkilöiden oman muistin varassa, eikä se ole mikään varsinainen, vaadittu prosessi. Hänen mukaansa kommunikaatioreittejä mekaniikka- ja sähkösuunnittelun välillä kasvokkain käydyn keskustelun lisäksi ovat muun muassa sähköposti ja puhelut. Esimerkiksi antureita koskevat tiedot, jotka tulevat ilmi mekaniikan suunnittelukatselmoinnin aikana, pitäisi kirjata erilliseen katselmointilomakkeeseen ylös. Tämä tiedosto pitäisi sitten tallentaa sille varattuun paikkaan dokumentinhallintajärjestelmässä, jolloin sen sisältämä tieto olisi kaikkien saatavilla. Mannilan mukaan käytäntöä ei kuitenkaan aina seurata, vaan joskus yhteisen, kaikille tarkoitetun lomakkeen sijaan katselmoinnissa olevat henkilöt ovat tehneet itselle omat muistiinpanonsa ja toimineet niiden mukaisesti. (Mannila 2019.)

Lomakkeista Mannila mainitsee mekaniikkasuunnittelun katselmointilomakkeen lisäksi I/O-listan. Hän käyttää listaa lähinnä tutkiessaan jäljellä olevien tuloporttien määrää laitteidensa kohdalla. Hän mainitsee, että listan tutkiminen vaatii yleensä sähköns esisuunnittelijan apua, sillä lista on mekaniikkasuunnittelijan käyttöön liian sekava. Mannilan mukaan sekavuuden taustalla on se, että koko projektia käsittelee vain yksi lista, eikä se erottele projektin laitteita tarpeeksi selkeällä tavalla. Tällöin listauksesta on vaikea löytää omia laitteita koskevia tietoja. Mannilan mukaan lista olisi paljon parempi, jos siihen saataisiin laitekohtaiset positionumeroinnit, jolloin aikaa ei kuluisi turhaan etsimiseen vaan laitteen löytäisi suoraan positionumeron avulla listauksesta. Sähkösuunnittelulta tulevat muutospyynnöt tulevat Mannilan mukaan yleensä sähköpostin tai kasvokkain käytävän keskustelun kautta. Tällä hetkellä paras tiedonsiirtoreitti on hänen mielestään kasvotusten käytävä keskustelu. Mannila kertoo käyttävänsä sähköpostissa vastaanotettujen tehtävien liputtamista

eli merkkäamista. Mannilan mielestä dokumentinhallintajärjestelmään luotava tehtävä olisi hyvä ainoastaan silloin, kun sen saa tehtyä samalla vaivalla kuin sähköpostin kirjoittamisen. Dokumentinhallintajärjestelmän kautta annettavien tehtävien luominen ja kuittaaminen ei saisi siis olla liian työlästä, sillä tämä voi johtaa siihen, että niitä ei esimerkiksi käytetä ollenkaan. Sähköpostin eduksi Mannila mainitsee sen, että tieto on todella helppo jakaa muuttumattomana monelle ihmiselle kerralla. Töiden listauksessa olisi Mannilan mukaan hyvää se, että sen avulla saisi annettua toiselle tehtäviä niin, että ne ilmestyvät työn suorittajan omaan näkymään ja samalla ohjelma huomauttelisi aikarajoista tehtävään merkityille henkilöille. Tällöin työ ei voisi kadota muiden viestien sekaan kuten sähköpostin kanssa on mahdollisuus tapahtua. Mannila mainitsee myös sen, että kun hän on saanut liputetun tehtävän suoritetuksi, hän poistaa liputusmerkinnän, jolloin viesti katoaa muiden liputtamattomien sähköpostien sekaan, eikä sähköpostin kautta pidettävällä tehtävälistauksella ole kunnolla toimivaa historian seuranta. (Mannila 2019.)

Mannilan mukaan rajapintaan tuo ongelmia lisäksi muun muassa johtojen määrittely: mekaniikkasuunnittelijan pitäisi tietää, kuinka paljon johtoja tullaan vetämään laitteen eri osiin, sillä tämä vaikuttaa suoraan käytettäviin reitteihin ja kiinnityskomponentteihin. Hänen mukaansa on olemassa myös tilanteita, joissa mekaniikkakuvaan on erikseen ilmoitettu viittauksella komponentin tyyppi (sillä sähkökomponentit ovat mekaniikkakuviissa pääosin referenssiosina), mutta oikeaa komponenttia ei olla kuitenkaan loppujen lopuksi saatu asennettua kokoonpanossa. Tällaisessa tilanteessa mekaniikkakuviissa on siis ollut oikea komponentti ja sille on suunniteltu myös kiinnitykset laitteeseen, mutta koska mekaniikan listaus ei yleensä tilaa sähköosia, ei tässä tapauksessa oikeaa komponenttia oltu edes tilattu. Jostain syystä sähköosasto ei ollut tilannut tarvittavaa komponenttia ollenkaan, jolloin se oli korvattu kokoonpanossa jollain muulla komponentilla ilmoittamatta tästä takaisin suunnitteluosastoille. Mannilan mukaan valmistuksessa ja kokoonpanossa ratkotaan paljon ongelmia itsenäisesti, eikä niistä välttämättä koskaan ilmoiteta suunnitteluosastoille. Tässä esimerkkitapauksessa valmistus oli Mannilan mukaan tilannut itsenäisesti ja tietoisesti korvaavan, väärän osan, koska oikeaa osaa ei oltu tilattu ja täten toimitettu kokoonpantavaksi. (Mannila 2019.)

Yhden haasteen luo Mannilan mukaan ahtaat kokoonpanot, joissa pneumatiikan ja sähkön komponenttien täytyy olla tarkasti sijoiteltuna, jotta ne mahtuvat niille tarkoitettuihin paikkoihin. Nämä ahtaassa tilassa olevat komponentit sijoitellaan referenssiosina mekaniikan 3D-malliin, jotta varmistutaan niiden sopivuudesta rakenteseen. Joskus pneumatiikan tai sähkön listalla olevat liittimet ovatkin olleet eri liittimiä, kuin mitä mekaniikkakuvaan on referenssinä sommiteltu ja joidenka sopivuus on tällä tavoin varmistettu. Mannilan mukaan tällainen tilanne voi ilmetä käytännössä esimerkiksi niin, että mekaniikkasuunnittelija on sovittanut tiettyä anturia ja todennut sen sopivaksi, mutta sähköosina onkin tilattu esimerkiksi ulkomitoiltaan eroava anturi, joka ei kaikissa tapauksissa sovi paikalleen ahtauden vuoksi. Lisäksi antureiden johtoja on tilattu väärin, eli esimerkiksi ahtaan tilan takia tarvittaisiin kulmamallin liitoksella oleva johto, mutta sähkölista onkin tilannut suoralla liitoksella olevan johdon. Mannila toteaa, että jos mekaniikkakuvan laittaa nykytilanteessa tilaamaan joitain tiettyjä sähköosia, tulevat ne helposti tilatuksi kahteen kertaan, sillä samat tavarat löytyvät tällöin vielä myös sähkön listauksesta, vaikka tarvetta ei tässä tilanteessa olisikaan. Ratkaisuna tähän sopivuusongelmaan voisi Mannilan mukaan olla mekaniikkamallille tehtävän rakenteen tallennuksen kautta kulkeva tieto, josta olisi nähtävillä mitä anturia paikalle on sovitettu. Tämä ei tällä hetkellä toteudu, sillä sähkö- ja pneumatiikkaosat ovat yleisesti ottaen referenssiosina, jolloin ne eivät näy myöskään rakenteen tallennuksen jälkeen mekaniikan osalistoilla. (Mannila 2019.)

Mannilan mukaan rajapinnan haasteita esiintyy myös lisätilausten suhteen. Hänen mukaansa lisätilaukset ovat kriittisiä jälkitoimituksia, joilla on yleensä lyhyempi toimitusaika ja joissa mekaniikka- ja sähkösuunnittelu kulkevat enemmän rinnakkain samassa vaiheessa kuin normaalissa suunnitteluprosessissa. Tällaisissa lisätilauksissa suunniteltavat, olemassa olevaan laitteeseen tulevat lisäosat ovat useasti sellaisia, joihin Mannila on itse sijoitellut myös kaikki sähkön osat, sillä hän on tiennyt tarkasti mitä lisäosaan tarvitaan toiminnan mahdollistamiseksi. Tilanne olisi Mannilan mukaan toimivampi, jos mekaniikan lista tilaisi myös malliin sijoitellut sähkökomponentit, eikä sähkön tarvitsisi tehdä lisälaitteesta omaa listaustaan, niin kuin nykyään tehdään. Lisäksi on havaittu ongelmia, joissa komponentit joudutaan tilaamaan moneen kertaan, jotta ne saataisiin kokoonpanoon saakka. Lisätilauksen suhteen mekaniikka tilaa poikkeuksellisesti pneumatiikkakomponentit, muttei kuitenkaan sähkökomponentteja. Mannila muistuttaa, että muutoksista pitäisi aina ilmoittaa

sähkösuunnitteluun, mutta virallista reittiä muutoksen ilmoittamiselle ei ole. Mannilan mukaan revision aikana päivitettävässä piirustusluettelossa mainitaan kyllä asia muistutuksen muodossa, mutta tieto jää silti useasti etenemättä sähkösuunnitteluun saakka. Tämä muutosprosessin tiedonsiirtoreitin puuttuminen on nähtävissä yhtenä rajapinnan ongelmana. (Mannila 2019.)

Mannila ei näe toimistojen välimatkaa ylivoimaisena esteenä rajapinnan yhteistyön suhteen. Hänen mielestään suunnittelu toimii muun muassa siksi, että sähkön esisuunnittelija on tavoitettavissa Seinäjoen toimistolla, kun mekaniikkasuunnittelu on vielä keskeneräinen. Hänen mukaansa merkittävämpi ongelma on valmistuksen ja kokoonpanon sijainti ulkomailla. Mannilan tarkastamat, hänen itse suunnittelemansa laitteet ovat usein sisältäneet erilaisia virheitä, joista hän ei ole ollenkaan kuullut raportoinnin muodossa. Hän mainitsee, että laitteet, joiden suunnittelija ei käy niitä tarkastamassa, sisältävät todennäköisesti erilaisia virheitä asiakkaille tehdyn toimituksenkin jälkeen. Mannilan mukaan virheistä ei välttämättä kerrota suunnitteluosastoille, vaan ne menevät suunnittelulta pimennossa eteenpäin. Hänen mukaansa valmistuksen ja kokoonpanon sijainti kohtuullisen matkan päässä suunnittelusta on laatutekijä, joka näkyisi kohentuneena laatuna: esimerkiksi muutoksien toteuttaminen sekä valmistuksen ja kokoonpanon seuranta olisi huomattavasti helpompaa, jos suunnittelija pääsisi sitä itse suhteellisen pienellä vaivalla seuraamaan. (Mannila 2019.)

Mannilan mukaan sivureittien suunnittelu on pitkälti tapauskohtainen asia. Yksinkertaisemmissa, toistuvissa laitteissa reittejä ei juuri suunnitella, mutta liikkuvissa ja ahtaissa sijainneissa oleville antureille tehdään enemmän anturireittisuunnittelua. Tällöin kaapelireitit voidaan piirtää mekaniikkakuviin näkyville, ja ne suunnitellaan kiinnityksineen. Mannilan mukaan esimerkiksi toistuvien kuljettimien tapauksessa suunnittelua ei juuri tehdä, ja kaapelireitit ovat kokoonpanijan harkinnan mukaiset. Hänen mukaansa kuitenkin kaikkien laitteiden kohdalla hyödynnetään rakenteellisia reittejä, mutta niitä ei merkitä niin hyvin yksinkertaisten laitteiden tapauksessa. (Mannila 2019.)

Liite 6. Henkilöhaastattelu – Marko Viitala

Viitalan mukaan suurimman haasteen luo mekaniikka- ja sähkösuunnitteluprosessien eriaikaisuus. Mekaniikkasuunnittelun mennessä edeltä sille voi syntyä tarve saada jokin tieto sähkösuunnittelulta, mutta sähkösuunnittelu ei ole välttämättä edes vielä aloittanut kyseisen projektin parissa. Tarvittava tieto voi olla esimerkiksi hissien kyytiin tulevien sähkökaappien fyysinen koko. Tällöin on myös mahdollista, että mekaniikkasuunnittelu pysähtyy siksi aikaa, kunnes tarvittu tieto saadaan sähkösuunnittelusta. Viitala toteaa, että sähkösuunnittelun tuleminen mekaniikkasuunnittelun perässä on kuitenkin aivan luonnollista, mutta sähkösuunnitteluun olisi ehkä hyvä saada parempaa ennakointia. Viitalan mukaan on hyvin kriittistä, että asiat katsottaisiin mahdollisimman hyvään kuntoon jo alussa yhdessä sähkösuunnittelun kanssa. Tällöin ongelmia ei välttämättä syntyisi. Lisäksi Viitalan mukaan on olemassa tilanteita, joissa mekaniikkasuunnittelija ei edes tiedä, kuka henkilö sähkösuunnitteluosastolla vastaa saman laitteen sähköpuolesta. (Viitala 2019.)

Viitalan mukaan hissipuolella toiminta on kuitenkin jo niin rutiininomaista, että muita ongelmia ei juuri ilmene. Yleisesti ottaen hissit eivät muutu radikaalisti projektien välissä, jolloin prosessi kulkee suurin piirtein samalla tavalla. Esisuunnittelun päättämiä antureita 3D-malliin sovitettaessa Viitala on ottanut mukaan myös anturiin tulevan liittimen, jos kyseessä on ahdas kokoonpano. Tällä tavoin hän on pyrkinyt eliminoimaan anturin sopimattomuuden mahdollisuuden. I/O-listaan liittyen Viitala on yleensä käynyt listan lävitse sähköpääsuunnittelijan kanssa, jolloin vältetään turhilta tulkintavirheiltä. Lista on Viitalan mukaan osittain hankalakäyttöinen. I/O-listaan liittyen Viitala mainitsee hisseihin liittyneen esimerkkitapauksen: saman hissikäytävän hissien suhteen anturimerkintä on saattanut mennä toisen kohdalla ristiin. Hissit ja sähköt valmistetaan samojen kuvien perusteella, mutta toinen hissi on ikään kuin peilikuva toiselle hissille. Tämä ongelma voisi olla Viitalan mukaan vältettävissä esimerkiksi sähköpääsuunnittelijan tekemällä lopputarkastuksella. (Viitala 2019.)

Viitala näkee toimistojen välimatkan ongelmaksi. Hänen mielestään haasteiden ratkaisu on helpointa kasvotusten, eikä esimerkiksi kirjallisella selvittelyllä sähköpostin välityksellä. Samaa mieltä hän on valmistuksen ja kokoonpanon sijainnista ulkomailla. (Viitala 2019.)

Liite 7. Henkilöhaastattelu – Kaisli Tuokkola

Tuokkola on ottanut mekaniikkasuunnittelijaan yhteyden, jos kaikkia antureita ei löydy mekaniikan kokoonpanokuvista: tällöin tiedonsiirtoreittinä on pääosin sähköposti. Samalla yhteyttä on pitänyt ottaa, jos I/O-listan ja kokoonpanokuvan kanssa syntyy epävarmuus, mikä listauksen antureista on mikin kokoonpanokuvassa. Tuokkola kertoo, että tässä prosessissa on virheen mahdollisuus: jos anturit laittaa sähköpistelayoutiin väärin, asentaa asentajakin ne virheellisesti noudattaessaan sähköpistelayoutia. Automaatiosuunnittelija on kuitenkin tehnyt ohjelman I/O-listan mukaisesti, jolloin syntyy ristiriitatilanne ja laite ei toimikkaan kuten sen kuuluisi, koska anturit ovat väärillä paikoilla eivätkä lue tietoja suunnitellulla tavalla. Tuokkolan mukaan sähkösuunnitteluprosessia helpottaisi paljon, jos mekaniikan kuviin saataisiin näkyviin jokin yhdistävä tieto, joka yhdistää kuvan I/O-listaan. Tällöin anturien merkitsemisestä esimerkiksi sähköpistelayouttiin katoaa kokonaan sähkösuunnittelijan tulkinnanvaran luoma epävarmuus. (Tuokkola 2019.)

Tuokkolan mukaan sekä sähkösuunnittelua että mekaniikkasuunnittelua tehostaisi, jos dokumenteista järjestettäisiin puolin ja toisin koulutusta: mekaniikan kokoonpanokuvien suhteen voitaisiin kouluttaa esimerkiksi yleistä kokoonpanokuvien lukemista. Tästä olisi apua uusille sähkösuunnittelijoille, mutta myös kauemmin työskennelleet henkilöt voisivat saada työtään tehostettua. Mekaniikkasuunnittelijoille voisi pitää koulutusta esimerkiksi I/O-listan lukemisesta. (Tuokkola 2019.)

Kaapeleiden liittimet ovat oletuksena kulmamallisia ja suoria liittimiä käytetään tarvittaessa. Joissain tapauksissa ainoastaan suoralla liittimellä varustettu kaapeli käy, jolloin tieto pitäisi saada sähkösuunnitteluun saakka. Tämä sopivuusongelma ei ole Tuokkolan mukaan suuri, sillä yleensä varastossa on molempia kaapelimalleja. Toisaalta ongelma myös poistuisi, jos tieto saataisiin mekaniikkasuunnittelusta sähkösuunnitteluun. (Tuokkola 2019.)

Tuokkolan mukaan on mahdollista, että kaikista kokoonpanossa huomatuista ongelmista ei raportoida suunnitteluun. Hänen mielestään toiminta olisi helpompaa samassa sijainnissa. Lisäksi Tuokkola arvio, että tiedonsiirtoon vaikuttaa kielikynnys. Sama koskee myös suunnitteluosastoja: asiat olisi helpompi selvittää kasvotusten. (Tuokkola 2019.)

Liite 8. Henkilöhaastattelu – Tiina Siirilä

Siirilän mukaan ensimmäinen haaste on tiedonsiirto muutostilanteissa: hän mainitsee, että tieto muutoksista ei aina saavuta sähkösuunnittelua ollenkaan. Tämä koskee esimerkiksi suunnitteluprosessin aikana laitteeseen lisättyjä antureita, joista tieto ei kulje sähkösuunnitteluun asti, eikä tule tätä kautta dokumentoiduksi. Tällaisessa tilanteessa muutos on tehty usein suunnittelun aikana laitteen mekaniikkasuunnittelijan ja sähköpääsuunnittelijan toimesta. Tällaiset ongelmat voi huomata sähkösuunnittelija sähköpistelayoutia koostaessa, jos mekaniikkakuvat on päivitetty, mutta I/O-lista on jäänyt päivittämättä ja tämä ristiriita tulee havaituksi. Sen sijaan, jos sähköpistelayout on jo tehty ja muutos tapahtuu tämän jälkeen, ei ongelmaa välttämättä huomata sähkösuunnittelussa. Tällöin tiedonsiirrosta peräisin oleva ongelma voi edetä kokoonpanoon saakka ja ongelma havaitaan sähkösuunnittelussa vasta kokoonpanosta saatavassa palautteessa: sähköt eivät täsmää kaikilta osin esimerkiksi antureiden tarpeeseen. Jos tilanne on sujunut ilman ongelmia, niin tieto muutoksesta on tullut sähköpääsuunnittelijalta, joka on päivittänyt I/O-listan. Tämän jälkeen tarvittavat muutokset on tehty sähkösuunnittelussa I/O-listan muuttumisen vuoksi. (Siirilä 2019.)

Lisäksi haastetta luo anturitietojen sijoittelu sähkön omiin dokumentteihin, joka on sähkösuunnittelijan tehtävänä. Anturit ovat toki olemassa 3D-malleissa sekä kokoonpanopiirustuksissa, ja ne ovat kirjattuna I/O-listaan, mutta listaus ei ota suoraan kantaa anturin sijaintiin laitteessa. Listauksessa kerrotaan lyhyesti ainoastaan kuvaus, mihin liikkeeseen se liittyy. Sähkösuunnittelijan on siis ymmärrettävä mihin asentoon mekaniikkasuunnittelija ja sähköpääsuunnittelija (joka on tehnyt I/O-listan) ovat ajatelleet laitteen ja samalla pääteltävä itse kuvauksen perusteella mistä anturista on oikein kyse. Tässä vaiheessa on mahdollisuus tehdä Siirilän mukaan virhe, sillä esimerkiksi I/O-listan kuvauksessa lukeva ”alkupää” tai ”loppupää” voidaan itse tulkita ristiin sähköpistelayoutia ja muita dokumentteja tehdessä. Mitä monimutkaisemmasta laitteesta on kyse, sitä suurempi riski on ymmärtää väärin. Tämä huomataan yleensä kokoonpanossa (kokenut asentaja voi tuntea laitteen ja huomaa siinä ristiriidan I/O-listaan verrattuna), laitteen koeajossa tai sitten vasta käyttönottaja asiakkaan luona. Tähän olisi hyvä saada Siirilän mukaan parannusta. Mekaniikkasuunnittelija ja sähköpääsuunnittelija voisivat yhdessä esimerkiksi nimetä anturit

mekaniikkakuviin. Sama tunnus olisi käytössä sitten sekä mekaniikkakuvassa että sähköpistelayoutissa, mikä helpottaisi sähkösuunnittelijan toimia: esimerkiksi sähköpistelayoutin tekeminen helpottuisi ja siitä poistuisi tulkinnanvaran luoma epävarmuustekijä. (Siirilä 2019.)

Lisäksi anturit on löydettävä laitteesta manuaalisesti, jotta ne voidaan sijoittaa sähköpistelayouttiin. Anturien löytäminen muodostuu Siirilän mukaan ongelmaksi isoissa ja monimutkaisissa kokoonpanoissa, mutta ongelmaa on helpottanut *Navisworks*-mallien olemassaolo. Tällöin myös sähkösuunnittelija pääsee tutkimaan laitetta 3D-maailmassa, eikä pelkästään mekaniikkapiirustusten välityksellä (Siirilä 2019.)

Mekaniikkasuunnittelijaan otetaan yleensä yhteyttä antureihin liittyen, jos olemassa olevista dokumenteista ei ole löydettävissä kaikkia I/O-listaan merkittyjä antureita. Tällöin mekaniikkasuunnittelijalta on esimerkiksi pyydetty anturin sijaintia tai laitteesta on pyydetty *Navisworks*-mallia. Kommunikaatioreiteiksi Siirilä mainitsee sähköpostin sekä *Teams*-palvelun. Tilanteeseen tuo lisähaastetta mekaniikan alihankintasuunnittelu, mutta varsinaisesta ongelmasta ei ole Siirilän mukaan kyse. Usein on sen sijaan ilmennyt tilanteita, joissa ei tiedetä, kuka laitteen mekaniikkasuunnittelija on. Mekaniikkakuvista saa kyllä selville mekaniikkasuunnittelijan puumerkin, mutta esimerkiksi alihankintasuunnittelun tapauksessa ei välttämättä tiedetä kehen yhteyttä pitäisi ottaa. Siirilän mukaan tilannetta voisi parantaa esimerkiksi mekaniikkasuunnittelijan osallistuminen sähkösuunnittelun aloituspalaveriin. (Siirilä 2019.)

Siirilä muistuttaa, että sähköön osalistat eivät mene samalla periaatteella kuin mekaniikan osalistat: mekaniikan listaukset ovat laitekohtaisia, mutta sähköön listaukset voivat olla esimerkiksi yhdelle ohjauspulpetille, jonka alle voi kuulua useampi kokonainen laite. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jos yhden laitteen sähkökomponentit halutaan selvittää, joudutaan tekemään manuaalista työtä. (Siirilä 2019.)

Siirilä on itse lisännyt anturin tyyppin sähköpistelayoutkuviin, jolloin muutostapahtumissa lista on helpompi tarkastaa: yleensä sähköpistelayoutissa on vain anturin koodi, jolloin tarkastamiseen tarvitaan rinnalle myös esimerkiksi I/O-lista, josta sitten selvitetään anturin tyyppi ja tämän jälkeen voidaan vasta todeta, onko se oikea vai

väärä. Siirilä mainitsee, että sama toimenpide nopeuttaa todennäköisesti myös kokoonpanon asennustyötä, sillä asentaja näkee suoraan yhdestä dokumentista (sähköpistelayout) anturin tyypin, eikä hänen tarvitse välttämättä tässä vaiheessa käyttää useampaa dokumenttia rinnakkain. (Siirilä 2019.)

Siirilän mukaan välimatka tuo jonkin verran haastetta toimintaan. Hän käy mieluummin paikan päällä keskustelemassa esimerkiksi laitteen mekaniikkasuunnittelijan kanssa antureiden paikoista, sillä asia on paikan päällä helpompi selvittää. Samaa mieltä Siirilä on kokoonpanon sijainnista: ongelmatilanteet olisivat ratkaistavissa nopeammin. Nykyään sähkösuunnittelijat ovat samassa huoneessa, joka on parantanut sähkösuunnittelun sisäistä kommunikointia entisestään. (Siirilä 2019.)

Liite 9. Henkilöhaastattelu – Jani Harju

Harjun mukaan haasteita esiintyy eniten muutostilanteissa: tilanne voi syntyä suunnitteluprosessin aikana, kokoonpanon aikana tai vasta asiakkaan luona. Hänen mukaansa on mahdollista, että kokoonpanossa tai asiakkaan luona oleva tieto ei saavuta suunnittelua. Pahimmillaan tilanne on silloin, jos kyseinen laite tulee uuden laitteen pohjalaitteeksi: tällöin samat virheet tulevat toistetuksi, koska korjausta ei ole tehty suunnitteluosastoilla. Korjaus on saatettu tehdä kokoonpanossa oleviin laitteisiin paikan päällä, mutta siitä ei ole tiedotettu suunnitteluosastoja ollenkaan. Lisätilausprosessien suhteen tilanne ei ole välttämättä yhtä selkeä kuin mekaniikkasuunnittelussa: listaus joudutaan joko tekemään käsin tai käyttämään erillistä suodatinta sähkösuunnitteluohjelmassa, sillä sähköpiirikaavio ei ole laitekohtainen dokumentti, vaan se saattaa sisältää useampia laitteita kerralla. Lisäksi Harjun mukaan pitää muistaa, että vaikka esimerkiksi anturit voidaan lukita tiettyyn mekaniikan position, on olemassa myös paljon sähkökomponentteja, joita ei voi samalla tavalla ajatella positiokohtaisina. Jos muutos on tapahtunut jo suunnittelussa ja tieto ei ole koskaan saavuttanut sähkösuunnittelua, ilmenevät puuttuvat sähkökomponentit yleensä vasta kokoonpanon aikana, vaikka varsinainen ristiriita dokumenteissa onkin tapahtunut jo suunnitteluvaiheessa. (Harju 2019.)

Harjun mukaan esiintyy myös tilanteita, joissa tietoa ei osata etsiä oikeasta paikasta ja sitä ei osata tulkita tarpeeksi: tieto on siis olemassa, mutta sitä ei vain löydetä ja/tai sitä ei ymmärretä tarpeeksi. Tämä ongelma esiintyy suunnitteluosastojen lisäksi myös kokoonpanossa: ihmiset eivät täysin tunne, mitä dokumentteja muut osastot tuottavat ja mistä ne ovat löydettävissä, eivätkä osaa tulkita niitä riittävällä, oman osaston toimintaan liittyvällä tasolla. (Harju 2019.)

Lisähaastetta tuo Harjun mukaan alihankintasuunnittelun käyttö: mekaniikkasuunnitteluosastolla ollut alihankintasuunnittelija ei ole sähköpistelayoutia koostettaessa enää välttämättä talossa, jolloin anturien sijainnin selvittäminen vaikeutuu. (Harju 2019.)

Harju kävi yleensä paikan päällä mekaniikkasuunnittelijan luona koostaessaan sähköpistelayoutia, jos kaikkia antureita ei ollut löydettävissä mekaniikkakuvista ja *Navisworks*-mallista tai, jos niiden funktio ei ole täysin selvä I/O-listan kuvaukseen viitaten. Harjun mielestä sähköpistelayoutin koostamiseen sisältyy riski tehdä väärin, mikä johtuu I/O-listan kuvauksen tulkinnanvaraisuudesta. Tiettyjen termien käyttö on Harjun mukaan erittäin kriittistä: näitä termejä ovat esimerkiksi ”etupää” ja ”takapää”. Sähkösuunnittelija ei välttämättä tiedä, kumpi laitteesta on etupää, jolloin anturit voidaan tulkita ristiin. (Harju 2019.)

Harjun mukaan rajapinnan tilanne on kuitenkin parantanut aikaisemmasta: aikaisemmin esimerkiksi mekaniikan kuvissa ei ollut ollenkaan anturointeja. Lisäksi *Navisworks*-mallit ovat helpottaneet työtä. Kokoonpanonkin tilanne on parantunut sähköpistelayoutkuvien avulla: ennen laitteeseen tulevat anturit saattoivat olla pelkästään listanomaisessa muodossa, jolloin niiden sijoittelu vaati huomattavasti enemmän työtä. (Harju 2019.)

Harjun mukaan kokoonpanon sijainti lähellä olisi etuna: suunnittelusta tulevat päivitykset sekä kokoonpanosta tulevat muutokset pääsisivät varmemmin perille. Lisäksi laitteiden näkeminen todellisuudessa auttaisi suunnittelemista jatkossa, koska ymmärrys laitteista olisi parempi. (Harju 2019.)

Harju kommentoi liikkuvien laitteiden kyytiin tulevien sähkökaappien kokoon liittyen, että komponenttivalmistajien komponentit eroavat ulkomitoiltaan, mikä vaikeuttaa ennakoitua kokotiedon antoa mekaniikkasuunnitteluosastolle. Jos toisen valmistajan komponentit mahtuvat rajatun kokoiseen sähkökaappiin, eivät taas toisen valmistajan vastaavat komponentit sinne välttämättä mahdu. Asiakas voi määrätä käyttämään eri komponenttivalmistajaa kuin, mitä pohjalaitteen aikana on käytetty, ja lisäksi asiakas voi vaatia muitakin komponenttilisäyksiä, jotka vievät tilaa kaapista: tällaisesta esimerkkinä on vaatimus, että jokaisella anturilla on oma plusjohtimensa, koska jaettua liitäntää ei asiakkaan puolesta haluta käyttää. (Harju 2019.)

Harjulla on I/O-listaan liittyen kehitysehdotus: sinne olisi hyvä saada merkintä liikkuvista kokonaisuuksista, koska liikkeeseen joutuvan kaapelin pitää olla erikoiskaapeli. Tämä merkintä voisi Harjun mukaan olla esimerkiksi erillisessä sarakkeessa dokumentin loppupäässä. (Harju 2019.)

Liite 10. Henkilöhaastattelu – Kari Mattila

Mattilan mielestä rajapinnan alueella parannettavaa löytyy muun muassa esisuunnittelun aikaisten prosessien limittäytymisessä: on olemassa tilanteita, joissa sähkösuunnittelu ei ole valmistautunut mekaniikan perustuskuvien suhteen tarpeeksi hyvin. Tällaisessa tilanteessa mekaniikan esisuunnittelun tiedustellessa mihin kaikkialle sähkösuunnittelu tarvitsee perustuksissa esimerkiksi lattiaan upotettavat kaapeliputket, ei suunnittelua ole välttämättä edes aloitettu. Mattila mainitsee, että perustuskuvien suhteen tilanne olisi parempi, jos sähkösuunnittelu kykenisi valmistautumaan tilanteeseen perehtymällä projektin layoutiin ja samalla hahmottelemalla siihen, mihin kaikkialle sähköä tarvitsee saada. Sama ongelma koskee myös kaapelien pääreittejä yleisesti mekaniikan layoutkuvia tehdessä. Tämä vähentäisi Mattilan mukaan muun muassa turhaa palaveriaikaa, sillä osa asioista olisi hoidettuna jo valmiiksi. Hänen mielestään yhteistyö on kuitenkin parantunut suhteessa historiaan muun muassa tuoteryhmäorganisaation takia (eli samat suunnittelijat toimivat yhden tuoteryhmän, kuten metallin, sisällä). (Mattila 2019.)

Ongelmia ilmenee Mattilan mukaan myös muutostilanteissa. Esimerkiksi kerran sähkön kanssa valmiiksi tehty reititys pitää päivittää, koska sähkösuunnittelussa on selvinnyt uuden kaapelin tarve, ja se halutaan kulkemaan putkeen. Tällöin tilanne voi olla kuitenkin sen suhteen huono, että lattia on saatettu jo valaa, eli muutostieto tulee suhteessa tekemiseen liian myöhään, jolloin muutoksen käytäntöön suorittamisesta tulee huomattavasti vaikeampaa. Tämän muutoksen taustalla on Mattilan mukaan todennäköisesti se fakta, että kokonaisuus ei ole ollut vielä selvillä sähkösuunnittelussa, kun perustuskuvia on katsottu yhdessä ja ne on laitettu eteenpäin. (Mattila 2019.)

Lisäksi sähköjä tehdaslayouttiin miettiessä ongelmia tuottaa se tosiasia, että kaikki tehdään 2D-suunnitteluna, jolloin jotain asioita voi jäädä helposti hahmottamatta: esimerkiksi sähkökaappien ovien aukeamistilaa ei välttämättä muisteta huomioida 2D-tarkastelussa. Suurten sähkökomponenttien tarve muuttuu yleensä projektin edetessä, kun kokonaisuutta hahmotetaan jatkuvasti paremmin: tämän tosiasian aiheuttamat muutokset ovat yksi ongelma. Projektin alussa oletetut määrät, kuten esi-

merkiksi sähkökaappien lukumäärä, muuttuu helposti projektin aikana sähkösuunnittelun edetessä, toteaa Mattila. Ongelmat ilmenevät siis yleensä sähkösuunnittelun edetessä ja hahmottaessa tarpeita paremmin: tällöin ne havaitaan yleensä jo suunnitteluvaiheen aikana, eivätkä ne pääse etenemään valmistukseen. Lisäksi tilannetta on parantanut *Navisworks*-mallien teko mahdollisimman varhaisessa projektin vaiheessa. Tällä tavoin layoutin tarkastelu saadaan 3D-tasolle, jolloin tilanne on paljon helpompi hahmottaa ja mahdolliset ongelmakohdat muun muassa korkeussuunnassa käyvät ilmi. 3D-mallia pitäisi sitten päivittää tietojen muuttuessa jatkuvasti, jolloin siitä saataisiin täysi hyöty irti. (Mattila 2019.)

Mattilan mukaan pääkaapelireittien tilanne on nykyään hyvä johtuen uudesta periferiasuunnittelusta. Nykyään pääkaapelireitit ovat erillisen suunnittelijan alaisuudessa, ja hän tekee niistä myös *Navisworks*-mallit. Näitä 3D-malleja voidaan Mattilan mukaan sovitella sitten tehtaan 3D-malliin ja havaita mahdolliset törmäykset jo hyvin aikaisessa vaiheessa. Tätä ennen suunnittelu oli esisuunnittelun tehtävänä, ja se tarkoitti yleensä 2D-tasolla tehtävää hahmottelua: layout-kuviin piirrettiin reittiä kuvastavat viivat ja viivoihin lisättiin viitetekstinä esimerkiksi hyllyn koko. (Mattila 2019.)

Mattilan mukaan hyödynnettäviä kommunikaatioreittejä ovat kasvokkain käyty keskustelu, sähköposti, *Skype*- ja *Teams*-palvelut sekä puhelu. Mattilan mukaan erilaisia viestintävälineitä on liikaa ja hän on joskus tehnyt tämän takia aloitteen sisäiseen viestintään liittyen. Aloitteen ideana oli yhden viestintävälineen hyödyntäminen sisäisessä viestinnässä. Hänen mukaansa usean viestintävälineen käyttö lisää unohtamisen riskiä, ja tietoa voi joskus joutua kaivamaan monesta eri lähteestä, jos ei muista mihin lähteeseen sen on alun perin vastaanottanut. Lisäksi useassa viestintäpalvelussa on ongelmana se, että tehtävänantoja ei voi merkata mitenkään järkevästi itselleen ylös ja lisäksi usea palvelu alkaa poistamaan itsenäisesti viestejä vanhemmasta päästä, jolloin viestit ja niiden sisältämät asiat kadottavat jossain kohtaa seurattavuuden. (Mattila 2019.)

Mattilan mukaan hajallaan oleva sijainti vaikuttaa asioiden hoitoon. Hän työskentelee samassa toimistossa sähköpääsuunnittelijan kanssa, jolloin yhteistyö on paljon tehokkaampaa, sillä toisen luona voi käydä pienellä vaivalla. Samalla asioita on hel-

pompi havainnollistaa toiselle, jolloin asian käsittelyyn kuluu huomattavasti vähemmän aikaa. Samojen asioiden saaminen pelkäksi tekstiksi on todella vaikeaa, jos haluaa, että asia vielä ymmärretään samalla tasolla. Valmistuksen ja kokoonpanon sijainti ulkomailla tekee varsinkin ongelmatilanteiden hoidosta huomattavasti hitaampaa: ensiksi ongelmasta pitää raportoida kirjallisesti, ja tätä ongelmaa voidaan usein sähköpostin välityksellä jonkin aikaa. Tämän jälkeen ensiksi piirustukset pitää korjata ja uudet lähettää ulkomaille, jolloin muutostoimet saadaan niiden mukaan suoritetuksi. Mattilan mukaan prosessi oli ennen paljon helpompi, sillä asentaja pystyi hakemaan suunnittelijan paikan päälle, jolloin asia käsiteltiin samalla kasvatusten ja usein ratkaisu ongelmaan keksittiin yhdessä. Tällöin asentaja sai aloittaa muutoksen tekemisen heti ilman revisioituja piirustuksia. Suunnittelija toki päivitti uudet kuvat järjestelmään, mutta itse tekemisen ei tarvinnut odottaa niitä vaan toiminta pysyi jatkuvasti käynnissä. Lisäksi informaatiota ongelmista ei aina tule suunniteluun, mutta tilanne on kuitenkin Mattilan mukaan parantunut viime aikoina. (Mattila 2019.)

Liite 11. Henkilöhaastattelu – Juha Lahtinen

Lahtisen mukaan haasteita rajapinnan alueelle tuo tällä hetkellä muun muassa alihankintasuunnittelu. Alihankintasuunnittelijoiden kanssa on ilmennyt tilanteita, joissa alihankintasuunnittelija ei tiedä, keltä asioista voisi kysellä. Hankaluuksia ilmenee myös toiseen suuntaan: esisuunnittelua tekevän pääsuunnittelijan on vaikea saada yhteys mekaniikkasuunnittelijaan, jos hän ei tunne ihmistä ollenkaan. Sama tilanne ilmenee myös uusien työntekijöiden kanssa, sillä aluksi kumpikaan osapuoli ei tiedä toisistaan ja lisäksi uusi tekijä ei välttämättä tiedä, mitä muiden työtehtävät yrityksessä ovat ja tätä kautta hän ei osaa kysyä apua esiintyneisiin ongelmiin oikealta henkilöltä. (Lahtinen 2019.)

Lahtisen mukaan useissa tapauksissa tiedonsiirto-ongelmat ovat toisaalta riippuvaisia henkilöiden omasta aktiivisuudesta: aktiivinen mekaniikkasuunnittelija kyselee itsenäisesti mekaniikkamalleja tehdessään jo tulevista antureista, mutta epäaktiivisen mekaniikkasuunnittelijan tapauksessa sähköpääsuunnittelijan on itse toistuvasti tiedusteltava mekaniikkasuunnittelun tilannetta, jotta hän tietäisi koska antureita ja niiden sijoittelua voidaan alkaa pohtimaan syntyvään rakenteeseen yhteistyönä. Epäaktiivisuus siis kuormittaa sähköpääsuunnittelijaa. Samaan ongelmaan liittyen on esiintynyt myös tilanteita, joissa esisuunnittelija on antanut mekaniikkasuunnittelijalle tiedot anturista ja sen halutusta sijainnista mekaanisessa laitteessa, mutta mekaniikkasuunnittelusta ei saavuteta mitään tiedonsiirtoa takaisin esisuunnitteluun päin. Tällöin esisuunnittelija on jatkuvassa epävarmuudessa siitä, tapahtuuko mekaniikkasuunnittelussa ollenkaan haluttuja asioita. (Lahtinen 2019.)

Lisäksi Lahtisen mukaan on esiintynyt sopivuusongelmia muun muassa sähkökoteloiden ja -kaappien suhteen. Tämä johtuu hänen mukaansa pääosin siitä faktasta, että sähkösuunnittelu tulee aina mekaniikkasuunnittelun jäljessä: mekaniikkasuunnittelu tarvitsee mekaanista rakennetta suunnitellessaan tiedon esimerkiksi tulevien sähkökaappien koosta, jotta rakenteisiin voidaan jättää tarpeeksi tilaa. Kaappien koko voi kuitenkin sähkösuunnittelun edetessä vielä muuttua esimerkiksi, jos kaappeihin joudutaan sijoittamaan huomattavasti enemmän komponentteja. Tällöin ulkomitoiltaan kasvanut kaappi ei mahdu sille aikaisemmin varattuun tilaan. Ongelmat tiedostetaan Lahtisen mukaan yleensä vasta kokoonpanovaiheessa tai sitten asiakkaan luona. (Lahtinen 2019.)

Ongelmia esiintyy myös esimerkiksi harvemmin tilattavien ostolaitteiden kanssa: ne voivat aiheuttaa hämmennystä tilaavaan osaston suhteen. Uusien työntekijöiden kohdalla tilanne ilmenee Lahtisen mukaan useammin. Tällaisten ostolaitteiden suhteen ei siis välttämättä tiedetä, minkä osaston ne kuuluisi tilata. Tästä seuraa helposti joko kokonaan tilaamatta jääminen tai sitten kahden erillisen osaston suorittama ”tuplatilaus”. Esimerkiksi mekaniikan lisäämä tulostin on yleisesti ottaen mekaniikkakuvissa referenssinä, jolloin Lahtisen mukaan on tärkeää ilmoittaa sen tilaustarpeesta sähkösuunnitteluun: jos kommunikaatiota ei ole, eivät tarvittavat osat tule tilatuksi. Saman tapaisia ”tuplatilauksia” on Lahtisen mukaan tapahtunut myös silloin, kun mekaniikkakuvissa on esimerkiksi valokennoja normaaleina osina (eli ei referenssinä), milloin ne tulevat tilatuksi kahteen kertaan. Lahtinen huomauttaa lopuksi, että nykyisestä lähtötietolomakkeesta käy kyllä ilmi minkä osaston on tilattava mitkään komponentit. (Lahtinen 2019.)

Lahtisen mukaan ongelmia ilmenee normaalin suunnitteluprosessin lisäksi muutosprosesseissa. Yleensä ongelmia esiintyy silloin, kun laite on jo asennettuna asiakkaalle ja muutos halutaan suoritettavaksi. Tällöin ongelmat liittyvät pääosin muutosten (eli esimerkiksi anturien) saamiseen asiakkaalle ja tiedon välittämiseen muutostyön toteuttajalle sekä ohjelmoijalle. Osien saaminen asiakkaan luokse on usein työläs prosessi, sillä laite voi sijaita toisella puolella maapalloa. Lisäksi osat olisi vielä saatava laitteeseen halutulla tavalla kiinni, ja ohjelmamiehen on huomiotava nämä muutokset laitteen käyttöönotossa. Lisäksi Lahtinen huomaa nykyisen moottori- ja toimilaiteluettelon käytössä puutteita muutostilanteiden suhteen. Jos jonkun laitteen moottori muuttuu kesken mekaniikkasuunnitteluprosessin, on mekaniikkasuunnittelijan korjattava tai ilmoitettava muutoksesta, jolloin lista voidaan päivittää. Jos muutostyötä ei tehdä, tilaa sähkön hankinta esimerkiksi väärät taajuusmuuttajat vanhentuneen tiedon pohjalta. Myös lopussa tulevat päivitykset on saatava listalle, sillä laite voi toimia jollekin muulle laitteelle pohjalaitteen muodossa, ja ongelma ilmenee ehkä jopa toistamiseen. Lahtisen mielestä ongelma olisi vältettävissä muun muassa kaksinkertaisella tarkastamisella, eli mekaniikkasuunnittelija varmistaisi suunnittelun lopuksi listan olevan ajantasainen. (Lahtinen 2019.)

Lahtisen mielestä katselmointilomakkeiden pitäisi olla yleisesti sellaisia, jotka vaativat täyttäjältään aktiivisuutta. Pelkästään kysymysruudukoiden täyttäminen esimerkiksi rukseilla ei hänen mielestään palvele tarkoitusta, vaan lomakkeissa pitäisi olla myös enemmän kirjoitettavan tekstin osuutta. (Lahtinen 2019.)

Lahtinen kertoo tiedonsiirtoreiteikseen kasvokkain käytävät keskustelut, sähköpostin, *Teams*-viestintäpalvelun sekä puhelut. Eniten hän hyödyntää puheluita sekä sähköpostia. Hänen mukaansa omalla toimistolla paras tiedonsiirtoreitti on kasvokkain käytävä keskustelu, mutta se ei aina onnistu hajonneisuuden takia. Hän mainitsee myös lyhyesti *Teams*-palvelun ongelmasta: usein viestejä tulee paljon lukuisiin viestiketjuihin, jolloin jostakin ketjusta jää helposti viestejä kokonaan lukematta. Lisäksi Lahtisen mukaan useat sähköpostit jaetaan isoille vastaanottajajoukoille, mikä johtaa usein siihen, että työtehtävää ei osoiteta oikeille henkilöille tarpeeksi tarkasti. (Lahtinen 2019.)

Lahtisen mielestä parannuskeinona aikaisemmin mainittuihin ongelmiin voisi toimia muun muassa aktiivisuus ja oma-aloitteisuus: tällöin työskentely on molemmilla rajapinnan osapuolilla paljon helpompaa, eikä perään tarvitsisi jatkuvasti kysellä työtilannetta. Hänen mukaansa asioiden hoitamista sähköpääsuunnittelun ja mekaniikan välillä helpottavat huomattavasti katselmointitapahtumat, joissa täytetään mekaniikan katselmointilomake. Lisäksi hän ehdottaa myös eräänlaista loppukatselmointia, joka käytäisiin sähköpääsuunnittelijan ja mekaniikkasuunnittelijan välillä, kun mekaniikkasuunnittelu on saatu päätökseensä. Tässä tilanteessa henkilöt kävisivät yhdessä lävitse kaikki laitteen anturoinnit ja sijainnit ja täten varmistaisivat esimerkiksi niiden sopivuuden kyseiseen sijaintiin. Tällöin ongelmat eivät pääsisi suunnitteluvaiheesta eteenpäin. Hän huomauttaa, että jos esimerkiksi *M-files* -dokumentinhallintajärjestelmää hyödynnettäisiin aikaisemmissa haastatteluisissa esiintyneiden ehdotusten mukaisesti, on käytön oltava helppoa: liian vaikea prosessi johtaa sen käyttämättömyyteen. (Lahtinen 2019.)

Lahtisen mukaan toimistojen sijaintiero vaikeuttaa toimintaa. Samalla toimistolla olevan suunnittelijan työtä on helpompi tarkastella ja samalla pysyy paremmin tietoisena toisen henkilön työtilanteesta. Jos vastahenkilö, joka sijaitsee toisella toimistolla, on tyypiltään epäaktiivinen, työllistää ylimääräinen kysely jatkuvasti turhaan. Lahtisen mukaan kommunikaatio olisi paljon tehokkaampaa, jos suunnittelu

sijaitisi yhdessä pisteessä. Kokoonpanon ja valmistuksen sijaintiero suhteessa suunnitteluun luo Lahtisen mielestä samalla tavalla haasteita. Aikaisemmin laitteita oli helpompi tarkkailla ja niistä olisi myös mahdollista oppia uutta. (Lahtinen 2019.)

Liite 12. Henkilöhaastattelu – Tapio Mäki-Jussila

Mäki-Jussilan mukaan mekaniikka- ja sähkösuunnittelun rajapinnan yhtenä ongelmana on (paineilmasuunnittelu huomioiden) suunnitteluosastojen välisen tiedonsiirron ongelmat. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että tieto muutoksista ei saavuta jokaista suunnitteluosastoa. Tätä esiintyy Mäki-Jussilan mukaan pääosin, kun muutoksia tehdään suunnitteluprosessin aikana tai sen jälkeen. Esimerkiksi viimeisen mekaniikkasuunnittelun laitekatselmoinnin aikana lisätty anturi voi kyllä saada mekaniikasta telineen ja muut kiinnitystarpeet, mutta sähkösuunnitteluun tieto ei välttämättä kulje. Tämä tarkoittaa tällaisessa tilanteessa helposti sitä, että sähkösuunnittelu ei ole huomionut lisättyä anturia, eikä sille ole tämän takia vedetty sähköjä ollenkaan. Jos tehdyistä muutoksista tuleva tieto saapuu kokoonpanosta tai jo suunnittelun aikana, on asia yleensä hyvin hoidettavissa. Enemmän epävarmuutta muutosprosessiin tuo se, jos muutos tehdään vasta asiakkaan luona. Mäki-Jussilan mukaan tästä muutostiedonsiirrosta puuttuu selkeä, virallinen prosessi. Jossain tapauksissa tieto lisäystä toimilaitteesta on tullut paineilmasuunnitteluun asiakkaan luota vasta kun laiteasentaja on alkanut kyselemään päivitettyä laitekaaviota: tieto päivityksestä ei ole näissä tapauksissa saavuttanut ollenkaan paineilmasuunnittelua, joten myöskään päivitettyjä laitekaavioita ei ole tehtynä. Päivitykset ovat kuitenkin usein tehtynä mekaniikkakuviin, eli tieto on saavuttanut ainakin yhden osaston onnistuneesti niin, että muutokset on tehty 3D-malleihin ja piirustuksiin asti. Tästä seuraa usein viivästyksiä, sillä ensin puuttuva osuus täytyy suunnitella ja sitten osat vielä tilata. Lisäksi Mäki-Jussila mainitsee pienemmän ongelman: mekaniikkakuvisa olevat referenssipneumatiikkaosat voivat aiheuttaa hämmennystä asennuksen yhteydessä, sillä ne ovat usein vanhentuneita projektin edetessä ja muutosten tapahtuessa. Lisäksi hän tiedostaa, että tällä hetkellä kokoonpanossa havaituista ongelmista kaikki eivät saavuta suunnittelua: tällöin sama ongelma ilmenee todennäköisesti taas seuraavassa laitteessa, sillä impulssia korjaukselle ei ole koskaan tullut. (Mäki-Jussila 2019.)

Ratkaisuehdotuksena Mäki-Jussilalla on tähän selkeämpi prosessitiedosto, josta jokainen suunnittelija täyttää oman suunnittelun vaiheen. Samasta tiedostosta kävisi ilmi myös muut laitteeseen liittyvät suunnittelijat, jolloin jokainen tietäisi ketä muita laitteen ympärillä toimii: tämä helpottaisi kommunikaatiota. Tiedostoon tehtäisiin

kuittaus oman suunnittelun valmistuttua, ja tästä lähtisi automaattinen tieto aina ketjussa olevalle seuraavan osaston suunnittelijalle. Lisäksi tehdyistä päivityksistä tulisi automaattinen ilmoitus: jos esimerkiksi sähkösuunnittelija tekisi jonkun muutoksen, tulisi tästä muutosilmoitus ja selitys myös mekaniikka- ja PLC -suunnittelijalle. Tällöin suunnittelussa tapahtuneet muutokset saavuttaisivat kaikki osastot. Lisäksi yhden osaston saavuttava muualta (kokoonpanosta tai asiakkaalta) tullut tieto päätyisi muillekin osastoille, sillä viimeistään saavutetulla osastolla tehty muutos näkyisi muillakin osastoilla. Samaa tiedostoa käyttäisivät myös asentajat, jolloin asennuksen aikana havaitut ongelmat tulisivat kaikille ilmi ja myös varmemmin korjatuiksi. Tähän tiedostoon olisi hyvä saada myös revisiohistoria, jolloin tehtyihin muutoksiin olisi myös mahdollisuus palata. Prosessin olisi hyvä olla nopea käyttöinen sekä osittain automatisoitu (ilmoitusten kohdalla), jolloin sitä myös hyödynnettäisiin varmemmin. Nykyään uusia laitteita suunniteltaessa paineilmasuunnittelija saa kyllä tiedon *M-files* -dokumentinkäsittelyjärjestelmän kautta, jos laitteen tietoihin on merkattu sen sisältävän paineilmatekniikkaa. Kesken suunnittelua tapahtuvilla muutoksilla ei sen sijaan ole automaattista huomautusta. Asiakkaan luona tapahtuvista toimenpiteistä pitää kuvapäiväkirjaa työnjohtaja (*site manager*) ja tällainen käytäntö olisi Mäki-Jussilan mukaan hyvä kehitys nykyiseen tiedonsiirron vaikeuteen, jos se saataisiin ohjattua automaattisesti suunnitteluun palautteen muodossa. Lisäksi muutosprosessille voisi olla selkeä pääohje, joka määrää miten prosessin kuuluu mennä: tällöin vaihtelevuutta esimerkiksi tiedonsiirtoreiteissä ei välttämättä olisi niin paljon. (Mäki-Jussila 2019.)

Myös kommunikaatioon liittyen Mäki-Jussilalla on ehdotuksia: muutoksiin liittyvän kommunikaation pitäisi tapahtua aina samalla tavalla, jolloin muutosprosessi olisi todennäköisesti helpommin hallittavissa. Nykyään muutoksesta suunnitteluun tuleva tieto tulee lukuisia erilaisia viestintäreittejä pitkin, mikä on myös nähtävissä ongelmana. Lisäksi eteenpäin seuraaville suunnitteluosastoille välitetyillä tehtävillä, jotka liittyvät muutoksiin, ei ole yleensä jäljitettävyyttä: tämä tarkoittaa epävarmuutta sen suhteen, että onko tehtävä ylipäänsä suoritettu. (Mäki-Jussila 2019.)

Mäki-Jussilan mukaan viimeiset laitetta koskevat tiedot tulevat usein käyttöönottajilta. Jos käyttöönottajien tekemät muutokset esimerkiksi laitteen ohjauksessa eivät saavuta suunnittelua, tehdään samat virheet seuraavienkin, samaa pohjalaitetta

hyödyntävien, laitteiden kanssa. Tämä sama asia koskee myös kaikkia muita ongelmia: jos niitä ei korjata, ne tulevat todennäköisesti esiintymään myös seuraavissa laitteissa. Mäki-Jussila kuitenkin huomauttaa, että revisiokäytännön mukainen muutosprosessi sisältää myös piirustusluettelon päivittämisen, jolloin luettelossa oleva tarkastuslista tulee käydä lävitse. Lista sisältää muun muassa huomautuksen I/O-listaan liittyvien muutosten ilmoittamisesta, mutta Mäki-Jussilan mukaan lista voidaan usein täyttää vain nopeasti ruudut raksittamalla, jotta asiat saataisiin eteenpäin. Tällöin listan kohtia ei mietitä kovinkaan kattavasti. Lisäksi piirustusluettelon päivittäminen on täysin manuaalista, joten se sisältää aina virheen mahdollisuuden. Luettelon päivittäminen ei myöskään lähetä mitään tietoa automaattisesti muille osastoille. Sama ongelma koskee myös lisätilausten listaa: sekään ei lähetä tietoja automaattisesti eteenpäin, joten tiedonsiirto on muutoksen tekijän vastuulla. (Mäki-Jussila 2019.)

Kommunikaatioreiteiksi Mäki-Jussila mainitsee kasvokkain käytävän keskustelun, *Teams*- ja *Skype*-viestintäpalvelut, puhelut sekä sähköpostin. Mäki-Jussilan mukaan kaikista tehokkainta on asian käsittely fyysisesti samassa pisteessä. Näihin viestintävälineisiin liittyy Mäki-Jussilan mukaan tietty epävarmuus unohtamisen riskin takia: tehtävä on voitu vastaanottaa, mutta sitten se on unohdettu ja tätä kautta jäänyt suorittamatta. Mäki-Jussilan mielestä yksi syy kommunikaation ajoittaiseen vähyyteen johtuu ihmisten omasta aloituskynnyksestä: hoidettava asia kyllä tiedostetaan, mutta kysymistä vieroksutaan silti. Yhdessä sijainnissa toiminen tehostaisi hänen mukaansa kaikkien osastojen välistä tiedonsiirtoa, sillä toisen luo olisi helppo mennä hoitamaan asiat kasvotusten. (Mäki-Jussila 2019.)

Liite 13. Henkilöhaastattelu – Petteri Laamanen ja Harri Hautala

Hautalan mukaan normaalisti kulkevan suunnitteluprosessin taso on hyvä. Haasteita syntyy siinä vaiheessa, kun projektiin tehdään muutoksia joko kokoonpanossa tai asiakkaan luona: muutosprosessit eivät ole niin hyvin hallittuja, jolloin ongelmia alkaa ilmentyä. Muutostapahtumissa on ilmennyt tilanteita, joissa kaikki osastot, joille tieto pitäisi saada, eivät ole sitä saaneet. Hautalan mukaan samanlaisia haasteita esimerkiksi tiedonsiirron kanssa esiintyy myös lisätilausten yhteydessä. (Hautala, H. 2019.)

Laamasen mukaan muutoksenhallinnan toteuttamisen suhteen on kuitenkin huomioitava, että muutokset eivät ole säännönmukaisia ja samanlaisia, joten yhden toimintatavan luominen voi olla mahdotonta. Muutostenhallinnasta voidaan lisäksi vielä todeta, että mitä pienemmästä muutoksesta on kyse, sitä herkemmin se jää huomioimatta ja tätä kautta pienempien muutosten kanssa virheitä tapahtuu todennäköisesti eniten: pienet asiat eivät saa riittävästi huomiota, sillä ne jäävät helposti suurempien asioiden varjoon. Laamanen kuitenkin huomauttaa, että tilanne on parantunut huomattavasti muun muassa tuoteryhmäkohtaisten pääsuunnittelijoiden nimeämisen jälkeen: heidän kauttaan asiat kulkevat paremmin ja rajapinnan asioista keskustelevat aina samat henkilöt. (Laamanen 2019.)

Laamasen mukaan suurten projektien aloitus suunnittelun näkökulmasta on usein mekaniikkavetoinen: muita osastoja ei saada samalla tavalla mukaan heti aloituksesta asti. Tällöin käy helposti niin, että muut osastot eivät ole tietoisia projektin asioista juuri millään tasolla, kun se saapuu mekaniikkasuunnittelusta omalle osastolle. Lisäksi suunnitteluosastot eivät välttämättä tue toisiaan tarpeeksi projektin alkuvaiheissa: muut osastot eivät ole mukana vaikuttamassa kovinkaan paljon ensimmäisiin uusiin luonnoksiin, kun suunnitellaan jotain täysin uutta. Osastot haluavat ikään kuin ensin nähdä jotain, ennen kuin ne ilmaisevat omat mielipiteensä. Taustalla kuitenkin vaikuttaa ainakin se tosiasia, että muut osastot ovat pitkälti kiinni edellisissä projekteissa, kun mekaniikkasuunnittelu tekee jo seuraavan projektin toimia. Tapa on omalla tavallaan toimiva, mutta joissain tapauksissa esimerkiksi PLC-suunnittelun osaamista voitaisiin käyttää heti alkuvaiheissa: kun projekti on edennyt jo

mekaniikka- ja sähkösuunnittelun lävitse, eivät PLC-suunnitteluosaston tässä vaiheessa antamat muutosehdotukset enää voi käytännössä toteutua. (Laamanen 2019.)

Laamasen mukaan yhtenä haasteena on toimintojen oleminen hajallaan eri sijainnissa. Hajallaan oleminen aiheuttaa erilaisia seurauksia, joista yksi on kommunikation vaikeutuminen, minkä takia joudutaan käyttämään esimerkiksi sähköpostia ja erillisiä viestintäohjelmia. Asioiden käsittelystä tulee osittain tätä kautta vaikeaa, sillä eri sijainneissa olevien ihmisten täytyy ensin saada asian hoitaminen sovitettua molempien virtuaalikalentereihin, mikä tuo lisähaastetta. Jos henkilöt sijaitisivat lähellä toisiaan, olisi toisen luona helppo käydä kysymässä hoidettavasta asiasta, eikä siitä erikseen tarvitsisi varata kalenteriin tapaamisia. Tällöin myös pienten asioiden hoitaminen käy nopeasti sekä tehokkaasti. (Laamanen 2019.)

Hautalan mukaan kommunikaatio toimii erittäin hyvin joissain tapauksissa: esimerkiksi hissisuunnittelun kohdalla mekaniikka- ja sähkösuunnittelijat istuvat lähellä toisiaan sekä tuntevat toisensa, jolloin viestintä on tehokasta. He pääsevät kysymään pienellä vaivalla paikan päällä erilaisista asioista, joihin täytyy saada selvyys. (Hautala, H. 2019.)

Ongelmat ilmenevät yleensä joko kokoonpanossa, testauksessa tai asiakkaan luona käyttöönotossa. Yleensä ongelma on ilmenemishetkellä ollut jo useamman kuukauden olemassa, sillä se on lähtökohtaisesti syntynyt suunnittelussa: esimerkiksi tiedonsiirtokatkoksesta johtuen joku osasto ei ole välttämättä tehnyt omia toimiaan, mitä projektin aikainen muutostapahtuma olisi vaatinut, ja tämä ilmenee sitten esimerkiksi kokoonpanossa tai testauksessa riippuen poisjääneestä suunnitteluosastosta. Tyypillisiä kokoonpanossa ilmeneviä ongelmia ovat muun muassa anturilta puuttuva teline ja kiinnitystarvikkeet sekä jarruton vaihdemoottori, vaikka tarve olisi ollut jarrulla varustetulle komponentille. Lisäksi haastetta voi syntyä pohjalaitteen käytöstä, jonka anturit eivät olekaan samat kuin suunniteltavassa laitteessa: jos tieto ei kulje tässä vaiheessa, on anturointi kuten pohjalaitteessa, vaikka sen pitikin olla erilainen. (Hautala, H. 2019.)

Muutosprosessista tuleva tieto tulee Hautalan mukaan erilaisia tiedonsiirtoreittejä pitkin: muun muassa puhelimen, tekstiviestin, sähköpostin, *Teams*-viestintäpalvelun

tai kasvokkain käydyn keskustelun välityksellä (Hautala, H. 2019). Laamanen arvioi, että sähköpostin kautta viestitään muutosta tarvitsevista asioista eniten. Samalla hän kuitenkin muistuttaa, että tällä hetkellä suunnitteluosastoille muualta tuleva tieto tulee mitä reittejä pitkin tahansa. Muutosprosesseihin liittyen Laamanen myös huomauttaa, että tällä hetkellä ainoastaan suunnitteluosastot pystyvät tekemään hankinnalle toimeksiantoja laitteiden rakenteissa olevista osista ja komponenteista: ilman suunnitteluosastojen kautta menevää prosessia tilaaminen ei ole yksinkertaisesti mahdollista. Pientarvikkeiden tilaaminen onnistuu, mutta projekteille tilattavat ja jälkitoimitettavat tavarat kulkevat lähes aina suunnitteluosaston kautta: suunnittelun on tällöin tehtävä lisätilaus. Jos asiakas tilaa varaosia nimikkeen kautta on tehtävä myös *service*-toiminnan hoidettavissa. Tavaroiden eteenpäin saaminen on siis tällaisissa lisätarvetilanteissa liian suunnitteluosastoon keskittynyttä. (Laamanen 2019.)

Valmistuksella ei ole erikseen työnjohtoporrasta tätä nykyä, joten ongelmatilanteista tuleva informaatio kuormittaa suoraan suunnitteluosastoja. Ennen työnjohto ratkaisi itse suurimman osan ongelmista. Tilanne muuttui, kun valmistus siirrettiin ulkomaille. (Hautala, H. 2019.)

Laamanen huomauttaa, että monen haasteen taustalla on yksi asia, joka mahdollistaa poikkeamien olemassaolon: yritys tuottaa jatkuvasti erilaisia laitteita asiakkaille, jolloin laitteet vaativat lukemattomia muutoksia esimerkiksi juuri suunnittelu-prosessin aikana, koska niitä ei ole aikaisemmin tehty ja prosessin aikana on täten mahdollisuus ilmetä erilaisia vaikeuksia, jotka vaativat näitä muutosprosesseja. Moni ongelma todennäköisesti katoaisi, jos toiminta olisi enemmän vakiota, koska muutoksia ei välttämättä tapahtuisi ollenkaan tai niitä vaadittaisiin huomattavasti vähemmän. Toimintaa ei voi verrata sellaisiin yrityksiin, jotka tuottavat sarjana muuttumattomia tuotteita. (Laamanen 2019.)

Hautala muistuttaa, että ihmisten väliseen kommunikaatioon vaikuttaa ihmisen persoona: joillekin on helpompaa kirjoittaa sähköposti toiselle, vaikka molemmat suunnittelijat olisivatkin samassa rakennuksessa. Tähän asiaan on pystytty vaikuttamaan valitsemalla erilaisia työpareja erilaisiin töihin: valitut parit kykenevät hyvin yhteistyöhön, mikä tehostaa toimintaa. (Hautala, H. 2019.)

Hautala mainitsee rajapinnan haasteiden ratkaisuun yhtenä ehdotuksena muutosprosessin selkeyttämistä niin, että sen vetää lävitse aina projektipäällikkö. Tällöin muutosprosessit olisivat paremmin hallinnassa, koska yksi ihminen on tietoinen kokonaisuudesta ja on kykeneväinen lajittelemaan tehtävät osastokohtaisesti. Samalla kaikki ongelmatilanteet, jotka tulevat suunnitteluosastoille päin, tulisivat hänen kauttaan ja menisivät lajiteltuina eteenpäin. Projektipäällikkö olisi kartalla kaikista muutoksista ja samalla seuraisi niiden tilaa tarvittaessa kyselemällä sitä vastuunalaisilta henkilöiltä. Kuittaukset tehtäisiin projektipäällikölle muutostyön valmistuttua, jolloin hän näkisi, että tieto on mennyt kaikille osastoille ja kaikki osastot ovat suorittaneet toimenpiteensä muutokseen liittyen. (Hautala, H. 2019.)

Hautala esittelee toisena ehdotuksena eräänlaista työmääräintä, jollainen luotaisiin aina jokaiselle muutostarpeelle. Tällöin muutoksien suorittaminen ei olisi enää riippuvainen kirjavasta joukosta viestintävälineitä. Työmääräimen käyttö parantaisi muutostenhallintaa, ja sen käyttöä on mietitty jo jonkin aikaa. Työmääräin voitaisiin tehdä esimerkiksi kokoonpanossa havaitusta virheestä, ja tällä tavoin tieto muutostarpeesta tulisi suunnitteluun ainoastaan yhtä reittiä pitkin. (Hautala, H. 2019.)

Laamasen mukaan rajapintaan liittyen on olemassa jo *Product Owner* -toimija, jonka tarkoitus on toimia jo heti projektin alusta saakka vaikuttaen suunnitteluun tuoden mukaan PLC:n ja ICT:n näkökulmia: tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi PLC:n ideat pääsevät vaikuttamaan jo mekaniikan suunnitteluvaiheessa. (Laamanen 2019.)

Liite 14. Benchmarking-kysymyslista

Benchmarking-kysymykset

1. Miten yrityksenne suunnitteluprosessi kulkee pääpiirteittäin?
 - a. Mitä vaiheita prosessissa on?
 - b. Mitä suunnitteluosastoja toiminnassa on mukana?
2. Kuinka mekaniikka- ja sähkösuunnittelu ovat sijoittuneena toisiinsa nähden?
 - a. Kuinka suunnitteluprosessit kulkevat ajallisesti toisiinsa nähden?
 - b. Ovatko ne sijoittuneet samaan rakennukseen tms.?
3. Kuinka valmistus on sijoittunut suunnitteluun nähden?
 - a. Onko se samassa rakennuksessa tms.?
4. Mitä reittejä pitkin mekaniikka- ja sähkösuunnittelijat kommunikoivat toisilleen?
5. Onko mekaniikka- ja sähkösuunnittelun yhteistyössä mielestänne jotain puutteita?
6. Onko yhteistyössä jotain erityisen hyvää?
7. Toimiiko yrityksenne mekaniikka- ja sähkösuunnitteluohjelmistot integroidusti?
8. Onko oman suunnittelun ja alihankintasuunnittelun välillä rajapintaan vaikuttavia toimintaeroja?
9. Kuinka muutosprosessi kulkee pääpiirteittäin?
 - a. mitkä ovat tällaisessa tapauksessa eri osastojen toimet?

Liite 15. Benchmarking-haastattelu

Kousan mukaan Raute Oyj:ssä varsinainen suunnitteluprosessi on mekaniikkave-
toinen: sähkö- ja automaatio suunnittelu tulevat mekaniikan perässä. Mekaniikka-
suunnittelua ja sähkösuunnittelua tehdään myös alihankintana. Erona *Pesmel Oy:n*
toimintaan on muun muassa erilliset tuotekehitys- ja projektisuunnitteluosastot. Uu-
sien laitteiden kohdalla pyritään saamaan heti mekaniikkasuunnittelun aloitukseen
mukaan automaatio suunnittelija. Mekaniikka- ja sähkösuunnittelu sijaitsevat sa-
massa rakennuksessa ja kokoonpanoa tapahtuu samalla tontilla. Valmistusta ta-
pahtuu alihankintana muissa sijainneissa. (Kousa 2019.)

Kousa luettelee mekaniikka- ja sähkösuunnittelun viestintävälineiksi sähköpostin,
Skypen, kasvokkain käytävän keskustelun ja puhelun. Hänen mielestään sähköpos-
tin käyttö osastojen välillä on tehotonta, sillä osastot sijaitsevat samassa rakennuk-
sessa. Kousan mukaan sähköpostin käyttämiseen kommunikoinnissa kuluu paljon
aikaa, mutta silti ihmiset kirjoittavat mieluummin sähköposteja eivätkä välttämättä
halua mennä toisen luokse: suoran keskustelun kynnyks on välillä liian suuri, vaikka
ihmiset olisivatkin samassa rakennuksessa. Kousan mielestä kommunikaatio toimii
paremmin silloin, kun henkilöt tuntevat toisensa ja heillä on säännöllisesti kasvok-
kain käytävää viestintää. Jos henkilöt sijaitsevat jonkinlaisen välimatkan päässä toi-
sistaan ja toinen on vielä alihankintasuunnittelija, on kasvokkain käytävälle keskus-
telulle huomattavasti suurempi kynnyks. Tällöin esimiehet voivat joutua järjestämään
erillisiä palavereita, jotta ihmiset saataisiin keskustelemaan yhdessä. (Kousa 2019.)

Kousa kertoo, että historiassa sähkö- ja automaatio suunnittelu sijaitsevat muutaman
kilometrin päässä mekaniikkasuunnittelun sijainnista. Tällöin ristiin tapahtuvia vie-
railuja ei juuri ollut, vaan ihmiset kirjoittivat mieluummin sähköpostiviesteillä asioista,
jotka olisi voinut käydä toisella toimistolla hoitamassa. (Kousa 2019.)

Kousan mukaan yrityksessä ei ole käytössä ohjelmistojen välistä integraatiota, eikä
sille ole hänen mielestään ollut tähän mennessä tarvetta. Hänen mukaansa integ-
raatiosta voisi olla enemmän hyötyä, jos yritys tuottaisi suuria sarjatuotantoeriä sa-
maa tuotetta, eikä räätälöintiä olisi niin paljoa. (Kousa 2019.)

Kousan mielestä esimerkiksi kerran viikossa järjestetty keskustelutilaisuus voisi toimia tehostavana tekijä informaatiokulkuun: tällöin ihmiset saataisiin samaan tilaan, jolloin keskustelua voisi syntyä helpommin. Kousa mainitsee myös idean projekti-ryhmäkohtaisista työsijainneista, eli saman projektin eri osastojen suunnittelijat istuisivat toistensa läheisyydessä. (Kousa 2019.)

Kousan mukaan muutostenhallinnassa esiintyy silloin tällöin haasteita: tällöin integraatiosta voisi olla enemmän hyötyä verrattuna normaaliin suunnitteluprosessiin. Integraation tuoma apu voisi olla komponentteihin liittyvä linkitys, jolloin muutoksista saataisiin menemään tieto myös muille suunnitteluosastoille. (Kousa 2019.)

Kousan mukaan heidän projektinsa sisältävät useita erilaisia katselmointitilaisuuksia. Systemikatselmointi liittyy näistä eniten rajapinnan alueelle: siinä tarkastellaan toimitettavassa linjassa olevia laitteita mekaniikka-, automaatio- ja sähköpääsuunnittelijoiden voimin esimerkiksi anturoinnin riittävyyden ja toimivuuden suhteen. (Kousa 2019.)

Kousan mukaan suunnittelusta lähtevät muutokset viestitään sähköpostilla. Hän mainitsee, että viestin lähettäjä päättää itse viestin jakelun laajuuden. Tähän liittyen Kousa toteaa, että jakelun pitää mennä tarvittaville toimijoille, jotta muutos saadaan suoritetuksi. Suunnitteluun päin tuleva palaute tulee yhtä kanavaa pitkin: sitä varten on rakennettu erillinen palautejärjestelmä. (Kousa 2019.)