



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Teemu Nurminen

Pienjännitesähkömoottoreiden arvokilpien laadun parantaminen

Tekniikka ja innovaatiojohtaminen
Sähkötekniikan diplomi-insinööri
Energia- ja informaatiotekniikka

Vaasa 2021

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

Tekijä:	Teemu Nurminen	
Tutkielman nimi:	Pienjännitesähkömoottoreiden arvokilpien laadun parantaminen	
Tutkinto:	Diplomi-insinööri	
Oppiaine:	Sähkötekniikka	
Valvoja:	Timo Vekara	
Ohjaaja:	Jani Torkko	
Tarkastaja:	Henrik Tarkkanen	
Valmistumisvuosi:	2021	Sivumäärä: 99

TIIVISTELMÄ:

Laadulliset virheet aiheuttavat yrityksille hukkatyötä sekä ylimääräisiä kustannuksia. Tämän työn tarkoituksena on selvittää ABB oy Motors & Generators -yksikön Vaasan toimipisteen sähkömoottoreiden arvokilpien laadullisia virheitä. Selvitetään syntyneiden virheiden laatu eli miten usein ja millaiset virheet sähkömoottoreiden arvokilvillä esiintyvät. Tämän tiedon avulla voidaan keskittyä usein ilmeneviin ja vaativiin virheisiin ja käydä läpi virheellisen informaation kulku yksikön tilaus-toimitusprosessissa. Tästä informaatioprosessista tarkastellaan kohtia, joissa virheitä tapahtuu, sekä tehdään ehdotuksia virheiden määrien vähentämiseksi.

Työhön tarvittava informaatio kerättiin Vaasan Motors & Generators -yksikön eri järjestelmistä ja sen perusteella tehdään ehdotuksia tilaus-toimitusprosessin sekä laadunvalvonnan parantamiseksi. Tätä informaatiota käsiteltäessä käytettiin Lean Six Sigman DMAIC-, Pareto-kaavio-, aivoriihi- sekä syuseuraus-menetelmää. Kerätystä informaatiosta saatiin selville, että eniten virheitä on tapahtunut sähkömoottoreiden pääarvokilvissä ja liittyivät suurimmaksi osaksi pääarvoarvokilven leimausriveihin. Tämän lisäksi havaittiin, että suunnittelijoilla on myös suuri vaikutus arvokilpien virheisiin liittyen juuri leimausrivien virheisiin. Sen sijaan sähkömoottorityypillä, runkokoolla tai asiakkaalla ei ollut suurta vaikutusta tarkasteltaviin reklamaatioihin. Syitä arvokilpien virheisiin löytyi tilaus-toimitusprosessin alkupään sekä suunnittelun väliltä.

Korjaavina toimenpiteinä ehdotetaan muun muassa arvokilpien suunnitteluohjeen uusimista, arvokilpien suunnitteluun automatisointia, muutoksia OMS-järjestelmän sisältöön ja datan siirtoon sekä muutoksia Elapp-suunnitteluohjelmaan. Lisäksi tehtiin ehdotuksia uusien työntekijöiden perehdyttämiseen sekä muihin työohjeisiin.

AVAINSANAT: Arvokilpi, laatu, sähkömoottori, virhe, tilaus-toimitusprosessi, pienjännite

UNIVERSITY OF VAASA**School of Technology and Innovations**

Author:	Teemu Nurminen		
Title of Thesis:	Quality improvement of the rating plates of low voltage electric motors		
Degree:	M. Sc. (Tech.)		
Major:	Electrical Engineering		
Supervisor:	Timo Vekara		
Instructor:	Jani Torkko		
Evaluator:	Henrik Tarkkanen		
Year:	2021	Pages:	99

ABSTRACT:

Quality errors cause companies extra work as well as additional costs. The purpose of this work is to find out the qualitative defects in the rating plates of low voltage electric motors produced by ABB oy Motors & Generators unit in Vaasa. The aim is to find out the reasons of the errors that occur and to find how often and what kind of errors occur on the rating plates of low voltage electric motors. With the help of this information, it is possible to focus on frequently occurring and demanding errors and to go through the flow of incorrect information in order-delivery process. From this information process, we find the points where errors occur and make suggestions to reduce the number of errors.

The information needed for the work was collected from various systems of Motors & Generators and based on this information, suggestions are made to improve the order-delivery process and quality control. We used in this study Lean Six Sigmas DMAIC, Pareto chart, brainstorming and cause-and-effect method. From the information collected, it was found that the most errors have occurred on the main rating plates of electric motors and they were mostly related to the stamping rows of the rating plate. In addition to this, designers also had a huge impact on rating plate errors related to stamping rows. However, type and size of electric motor and customer had no significant impact on the number of claims from customers. Reasons for the errors on the rating plates were found between the beginning of the order-delivery process all the way to the planning of the electric motor.

Remedial measures suggested include the renewal of the rating plate design guide, automation of the nameplate design, changes to the OMS in regards its content and data transfer, and changes to the Elapp design software. In addition, suggestions were made for the orientation of new employees and to some other work instructions.

KEYWORDS: Rating plate, quality, electric motor, error, order-to-delivery process, low voltage

Sisällys

1	Johdanto	9
2	Tilaus-toimitusprosessin kehittäminen	12
	2.1 ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä	15
	2.2 Scrum-malli	16
	2.3 Lean Six Sigma ja sen menetelmät	18
	2.3.1 DMAIC-menetelmä	20
	2.3.2 Pareto-kaavio	21
	2.3.3 Aivoriihimenetelmä	22
	2.3.4 Syyseurauskaavio	22
3	Hukka ja prosessivirheet	24
	3.1 Poka Yoke -järjestelmä	27
	3.2 Visual management -menetelmä	28
4	Tarkasteltavan yrityksen tilaus-toimitusprosessi	29
	4.1 Tilausten muutosten kulku	30
	4.2 Arvokilpien suunnitteluohjelma Elapp	32
5	Sähkömoottorin arvokilvet ja niiden merkinnät	34
	5.1 Pääarvokilpi	34
	5.1.1 Räjähdyksvaarallisten tilojen sähkömoottoreiden merkinnät	36
	5.1.2 Sertifikaatit ja MEPSit	37
	5.1.3 Asiakaskohtaiset kilvet	38
	5.2 Informaatiokilvet	39
	5.3 Voitelukilvet	39
	5.4 Taajuusmuuttajakäytön arvokilvet	40
6	Empiirinen tutkimus ja tutkimusdata	43
7	Tutkimusdatan rajausta ja tulokset	45
	7.1 Yleiskatsaus reklamaatiotapauksiin	45
	7.2 Yleiskatsaus laadunvalvontaan	47

7.3	Virheet arvokilven tyyppin mukaan	49
7.4	Varianttikoodien yleisyyden vaikutus virheiden jakaumaan	51
7.4.1	Reklamaatioiden varianttikoodien jakauma	51
7.4.2	Laadunvalvonnan ilmoitusten varianttikoodien jakauma	53
7.5	Sähkömoottorityypin vaikutus virheisiin	54
7.6	Runkokoon vaikutus virheisiin	55
7.7	Suunnitteluautomaatin ja suunnittelijoiden vaikutus virheisiin	57
8	Pohdintaa metodeista ja tuloksista	63
8.1	Tutkimuksen reliaabelius	65
8.2	Tutkimustulokseen ja virheisiin vaikuttavat tekijät	66
9	Kehityssuosituksset ja tulevaisuus	69
9.1	Varianttikoodit VC002, VC095 sekä VC209	70
9.2	Varianttikoodi VC163	74
9.3	Varianttikoodi VC999	79
9.4	Varianttikoodi VC135	80
9.5	Varianttikoodi VC126	82
9.6	VC000-tapaukset	83
9.7	Arvokilpien kielet	85
9.8	Suosituksset jatkoa varten	86
10	Yhteenveto	90
	Lähteet	94
	Liitteet	97
	Liite 1. Räjähdyssalttiiden ympäristöjen luokittelu.	97
	Liite 2. Kaasujen luokittelut.	98
	Liite 3. Esimerkkejä asennusasennoista.	99

Kuvat

Kuva 1.	Ulkoisen ja sisäisen asiakkaan ero (BMC 2020; Tennant 2001:53).	14
Kuva 2.	ISO 9001 -standardin PDCA-prosessimalli (SFS 2019: 10–11).	16
Kuva 3.	Scrum-prosessikaavio (Academic society for management and communication: Scrum 2020).	17
Kuva 4.	Vuokaavio DMAIC-syklin vaiheista (Singh 2016: 189).	20
Kuva 5.	Pareto-kaavio prosessivikojen esiintymistiheydestä viikoilla 1–10 (Singh 2016: 206).	21
Kuva 6.	Syyseurauskaavion rakenne (Karjalainen 2007).	23
Kuva 7.	Yrityksen tilaus-toimitusprosessi (ABB 2020e).	29
Kuva 8.	Tilauksen muutosprosessi (ABB 2020e).	31
Kuva 9.	Arvokilpien suunnittelun vuokaavio.	33
Kuva 10.	Esimerkki räjähdyspaineen kestäväen sähkömoottorin pääarvokilvestä (ABB 2020a: 33).	35
Kuva 11.	Esimerkki ATEX-merkinnästä. Sähkömoottori, joka on suojattu syttyviltä kaasuilta (ABB 2020a: 8).	36
Kuva 12.	Esimerkki IECEx-merkinnästä. Sähkömoottori, joka on suojattu syttyviltä kaasuilta (ABB 2020a: 8).	37
Kuva 13.	Voitelukilven tyhjä pohja. Kuva Elapp-suunnitteluohjelmasta.	40
Kuva 14.	Esimerkki VSDt-arvokilvestä. Räjähdyspaineen kestäväen sähkömoottorin taajuusmuuttajakäytön arvokilpi (ABB 2020a: 25).	41
Kuva 15.	Esimerkki VSD-arvokilvestä. Räjähdyspaineen kestäväen sähkömoottorin taajuusmuuttajakäytön arvokilpi (ABB 2020a: 25).	42
Kuva 16.	Arvokilpien reklamaatioiden jakauma arvokilven mukaan.	49
Kuva 17.	Laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma arvokilven mukaan.	50
Kuva 18.	Arvokilpien reklamaatioiden jakauma vaikuttavan varianttikoodin mukaan.	51
Kuva 19.	Laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma vaikuttavan varianttikoodin mukaan.	53
Kuva 20.	Reklamaatioiden jakauma sähkömoottorityypin mukaan.	54
Kuva 21.	Laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma sähkömoottorityypin mukaan.	54

Kuva 22.	Reklamaatioiden jakauma sähkömoottorin runkokoon mukaan.	55
Kuva 23.	Laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma sähkömoottorin runkokoon mukaan.	56
Kuva 24.	Arvokilpivirheiden syyseurauskaavio.	65
Kuva 25.	Päivitetty arvokilpiensuunnittelun vuokaavio.	78
Kuva 26.	Saavutettava hyöty ppm-lukuina, kun tarkastellaan kaikkia suunnittelun reklamaatioita.	91
Kuva 27.	Saavutettava hyöty ppm-lukuina, kun tarkastellaan arvokilpien merkkivirheiden reklamaatioita.	92
Kuva 28.	Esimerkkejä tavallisista asennusasennoista (ABB 2014: 35).	99

Kuviot

Kuvio 1.	MoGe:ssa suunnitellut kauppojen positiot ja suunnittelulle reklamoidut positiot.	46
Kuvio 2.	Tarkasteluun otetut reklamaatiot sekä tarkastelun ulkopuolelle jätetyt reklamaatiot.	47
Kuvio 3.	Kaikki suunnittelun kautta kulkeneet kauppojen positiot ja positiot, joista tehtiin suunnittelulle laadunvalvonnassa ilmoitus.	48
Kuvio 4.	Tarkastelun ulkopuolelle jätetyt laadunvalvonnan ilmoitukset sekä tarkasteluun otetut laadunvalvonnan ilmoitukset.	48
Kuvio 5.	Suunnitteluautomaatin ja suunnittelijoiden suunnitteleminen kauppojen positioiden jakauma.	57
Kuvio 6.	Suunnittelijoiden jakauma työsuhteen tyyppin mukaan.	58
Kuvio 7.	Reklamaatioiden jakauma suunnittelijan tyyppin mukaan.	59
Kuvio 8.	Reklamaatioiden jakauma suunnittelijoiden lukumäärään suhteutettuna.	60
Kuvio 9.	Reklamaatioiden jakauma suunnittelijoiden tuntimäärään suhteutettuna.	61

Taulukot

Taulukko 1.	Six Sigman tuotannon laatutasot (Aberdeen Group 2006: 17).	19
Taulukko 2.	Suunnittelun työntekijöille kohdennetut reklamaatiot suhteutettuna heidän suunnittelemiensa positioiden määrään.	62
Taulukko 3.	Räjähdysalttiiden ympäristöjen luokittelu Cenelec- ja IEC-standardien mukaan (ABB 2020a: 7).	97
Taulukko 4.	Kaasuluokitus (ABB 2020a: 8).	98
Taulukko 5.	Kaasun osa-alue (ABB 2020a: 8).	98

Lyhenteet

3GAA	Oikosulkumoottori, alumiinirunko
3GAR	Jarrumoottori
3GBP	Oikosulkumoottori, valurautarunko
3GBJ	Kestomagneettimoottori
3GBL	Tahtireluktanssimoottori
3GEB	Oikosulkumoottori, HDP, servomoottori
3GGP	Oikosulkumoottori, pölyräjähdysuojattu rakenne, Ex ec
3GHP	Oikosulkumoottori, varmennettu rakenne, Ex e
3GJM	Oikosulkumoottori, räjähdyspaineen kestävä rakenne kaivosympäristöön, Ex d
3GJP	Oikosulkumoottori, räjähdyspaineen kestävä rakenne, Ex d
3GKP	Oikosulkumoottori, räjähdyspaineen kestävä rakenne, Ex de
3GLP	Oikosulkumoottori, vesijäähdytetty
CR Box	Tilausten käsittelijöiden yhteinen sähköposti
EPL	Equipment protection level, laitteiston suojaustaso
HDP	High dynamic performance, suuri dynaaminen suorituskyky
IMS	Integrated Management System, toimintajärjestelmä
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardointijärjestö
MASL	Meters above sea level, metriä meren pinnan yläpuolella
MEPS	Minimum energy performance standard, vähimmäisenergiatehokkuuden standardi
OMS	Order management system, tilausten hallintajärjestelmä
PU Request	Projektitiimin tekemä muutospyyntö tilausten käsittelyyn
ppm	Parts per million, miljoonasosa
SAP	Toiminnanohjausjärjestelmä
SU Request	Myyntiyhtiön projektitiimille tekemä muutospyyntö
TPS	Toyota Production System, Toyota-tuotantajärjestelmä
VC	Variant code, Varianttikoodi
VSD	Variable Speed Drive, Taajuusmuuttaja

1 Johdanto

ABB on kansainvälinen yhtiö, joka keskittyy toimimaan automaatio- ja sähkövoimatekniikan alueilla. ABB työllistää 100 maassa noin 147 000 henkilöä (ABB 2020c), joista noin 5100 on Suomessa. Toimintaa on noin 20 paikkakunnalla, joista tehdaskeskittymät sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa, Porvoossa ja Haminassa (ABB 2020d). Osan Vaasan toiminnasta muodostaa Motors & Generators -yksikkö, jossa valmistetaan pienjännitesähkömoottoreita. Näihin moottoreihin kiinnitetään tuotannossa sekä tuotannon jälkeen erilaisia arvokilpiä sähkömoottorin käyttöön sekä asiakkaan toiveisiin liittyen.

Sähkömoottorin arvokilvet suunnitellaan Motors & Generators -yksikössä Elapp-nimisellä verkkopohjaisella suunnitteluohjelmalla. Arvokilpivaihtoehtoja on tarjolla useita, joista osa määräytyy sähkömoottorityypin mukaan ja muut kilvet tilataan varianttikoodeilla. Arvokilpivaihtoehtoja ovat muun muassa pääarvokilvet, taajuusmuuttaja-, voitelusekä informaatiokilvet. Arvokilpien merkinnät, ulkomuoto sekä kieli määräytyvät asiakkaan toiveiden, eri MEPSien (vähimmäisenergiatehokkuuden standardi) sekä standardien mukaan.

Pääarvokilven merkintöihin vaikuttaa ensisijaisesti sähkömoottorin tuotekoodi. Tuotekoodi määrittelee sähkömoottorityypin, koon, napaisuuden, asennusasennon, jännitekoodin sekä sukupolven. Asennusasentoon sekä muihin sähkömoottorin rakenteeseen sekä arvokilpiin liittyvät muutokset tai lisäykset tilataan sähkömoottorin yhteydessä varianttikoodilla. Näiden lisäksi varianttikoodilla voidaan tilata muitakin arvokilpiä kiinnitettäväksi sähkömoottoriin. Näiden sisältämä tieto täydennetään joko asiakkaan toiveiden mukaan manuaalisesti tai automaattisesti suunnitteluohjelmassa.

Tämän työn tarkoituksena on tarkastella ABB oy:n Vaasan Motors & Generators -yksikön pienjännitesähkömoottoreiden arvokilpien mahdollisia virheellisiä merkintöjä ja leimauksia. Arvokilpien virheitä voi ilmetä sähkömoottorin suunnittelussa, tuotannossa tai vasta kun asiakas vastaanottaa ja tarkastaa sähkömoottorin. Informaatio tätä varten kerättiin ABB oy:n Vaasan Motor & Generators -yksikön järjestelmistä. Näihin kuuluivat muun muassa takuutiedot, reklamaatiot sekä tuotannon aikana tehtävät ilmoitukset

koskien laatua, joita sähkömoottorikaupoille on asetettu. Tutkittavien tietojen avulla voidaan rajata tämä tutkimus koskemaan useimmiten ilmeneviä virheellisiä arvokilpimerkintöjä sähkömoottorityypin, arvokilven tyypin sekä tapaukseen liittyvän varianttikoodin mukaan. Näin voidaan tapauskohtaisesti seurata informaation kulkua koko sähkömoottorin tilaus- ja tuotantoprosessin aikana ja keskittyä tilanteisiin, jossa virheitä useimmiten syntyy. Tässä pyritään hyödyntämään Lean Six Sigmaa (Laatujohtamisen työkalu, jolla pyritään poistamaan hukkaa ja kuvaamaan suorituskykyisen prosessin kykyä tuottaa laatua), eliminoimaan mahdollisia solmukohtia informaatioprosessissa ja vähentämään virheitä, joiden vuoksi virheellisiä leimuksia syntyy. Tutkitaan myös, onko virheellinen informaatio tullut asiakkaalta vai onko virheellinen tieto syntynyt myyntiyksikön tai ABB oy:n Vaasan Motors & Generators -yksikön käsittelyssä henkilön tai tietojärjestelmän kautta. Työn myöhemmissä vaiheissa Vaasan Motors & Generators -yksikköön viitataan nimellä MoGe.

Työ vastaa seuraaviin kolmeen kysymykseen:

1. Millaisia merkintävirheitä arvokilvissä ilmenee?
2. Mistä virheet johtuvat? Johtuuko virhe tietojärjestelmästä vai onko kyseessä inhimillinen virhe?
3. Mitä toimenpiteitä tulee tehdä virheiden vähentämiseksi?

Luku 2 koostuu tilaus-toimitusprosessista sekä sen kehittämisestä erilaisten työkalujen avulla. Näitä ovat muun muassa Lean Six Sigman DMAIC (Koostuu viidestä perusvaiheesta: määrittele (Define), mittaa (Measure), analysoi (Analyze), kehitä (Improve) ja valvo (Control)) ja pareto-kaavio sekä Scrum-malli. Luvussa 3 käsitellään prosessissa syntyvää ja esiintyvää hukkaa sekä virheitä. Tässä myös käsitellään keinoja, miten näitä voidaan poistaa prosessista. Luvussa 4 käsitellään tarkasteltavan yrityksen tilaus-toimitusprosessia, eli miten tilaus ja informaatio liikkuu MoGe:n tilaus-toimitusprosessin läpi. Luvussa 5 käsitellään sähkömoottoreiden arvokilpiä, niiden eri variaatioita, merkintöjä sekä käyttöä. Luvussa 6 käydään läpi, miten ja mistä työhön käytettävä data virheistä on kerätty. Luvussa 7 tarkastellaan, miten löydetty virheet jakautuvat eri parametrien suhteen ja luvussa 8 pohditaan, onko tutkimus luotettava sekä mitkä asiat vaikuttavat tutkimuksen

tuloksiin. Luvussa 9 perustellaan kerätystä datasta tehdyt johtopäätökset ja tehdään niiden pohjalta kehityssuosituksia ja suosituksia muutoksille prosessissa. Lisäksi käydään läpi ehdotuksia mahdollisia jatkotutkimuksia varten. Luvussa 10 on tutkimuksen yhteenveto.

2 Tilaus-toimitusprosessin kehittäminen

Kilpailun kiristyessä ja paremman asiakaspalvelun edistämiseksi, prosessinäkökulma on noussut hyvin tärkeään rooliin yritysten toimintojen kehityksessä. Prosessi on sarja suoritettavia toimenpiteitä tai tapahtumia, joiden tarkoituksena on kasvattaa siihen lisätyn panoksen arvoa ja tuottaa tuotos joko sisäiselle tai ulkoiselle asiakkaalle. Useimmiten sana ”prosessi” kuvaa tapahtuman tai toimenpiteen olevan muuttumattomana toistuvaa (Sakki 2009: 13–15).

Tilaus-toimitusprosessi on prosessi, johon voi osallistua eri vaiheissa yrityksen sisällä monia henkilöitä eri vastuualueista. Tämä prosessi alkaa loppuasiakkaasta, joka välittää tietoa myyjäyritykselle. Myyjäyritykseltä tieto välitetään tavarantoimittajalle. Tavara taas kulkee vastakkaiseen suuntaan kuin tieto, tavarantoimittajalta myyjäyritykselle ja edelleen asiakkaalle (Sakki 2003: 11). Tässä työssä tarkastelun kohteeksi rajataan pienjännitesähkömoottorien tilaus-toimitusprosessi.

Yrityksen tehtävänä on tuottaa voittoa. Voitto on perimmäinen syy sille, miksi yrityksiä yleensä perustetaan (Yritystoiminta). Logistiikan maailman (2020) mukaan ”Tyypillisessä liiketoiminnassa hyvin pieni osa ajasta tuottaa lisäarvoa: arvoa tuottavan ajan osuus kokonaisajasta on usein alle 10 % ajasta, jopa alle 1 %. Läpäisyajan tarkastelu on tärkeä osa prosessien kehittämistä, sillä läpäisyajan tarkastelu johtaa väistämättä kysymykseen, miten voidaan poistaa turhaa tekemistä, hukkaa, sekä odottamista eri prosesseista. Läpäisyajan tarkastelu auttaa fokuosoimaan kehittämistoimia (Logistiikan maailma, 2020).”

Yrityksen tilaus-toimitusprosessin tehokkuuden selvittämiseksi yritykset käyttävät erilaisia mittareita määrittämään, kuinka hyvin yritys pärjää markkinoilla. Bradleyn (2012: 13–14) mukaan erilaisia mittareita ovat esimerkiksi seuraavat:

1. Voitto
2. Kustannukset
3. Myynnin volyyymi

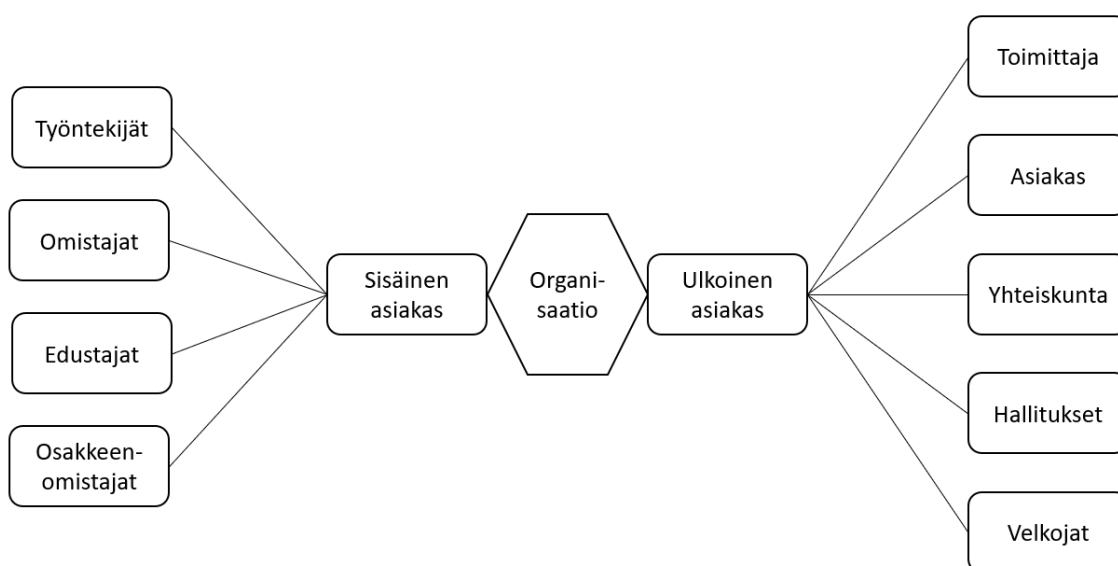
4. Takaisintuotto sijoituksista
5. Käyttöpääoman taso
6. Tuotteen tai palvelun laatu
7. Takuu- ja reklamaatiokustannukset
8. Toimitusketjun varmuus
9. Toimitustarkkuus
10. Varastotasot ja kiertonopeus
11. Työn tuottavuustaso
12. Tapausten käsittelynopeus per työntekijä per tunti
13. Tilaus-toimitusnopeus
14. Tuotteen tai palvelun kehittämiseen ja julkaisuun vaadittava aika.

Käytettävät mittarit vaihtelevat yrityksen, toimialan, tutkittavan kohteen ja haluttujen tavoitteiden mukaan.

Tilaus-toimitusprosessissa on kahdenlaisia asiakkaita: ulkoinen ja sisäinen asiakas. Ulkoinen asiakas on taho tai henkilö, joka maksaa yrityksen tuotteista tai palveluista. Kun ratkotaan ongelmia tai kehitetään ratkaisuja, ulkoinen asiakas on näiden parannusten kohteena. Ulkoinen asiakas ei ole suorassa yhteydessä yritykseen, muuten kuin ostamalla tuotteita tai palveluita. Nämä ostokset voivat olla kertaluontoisia tai pitkäaikaisia, joille on tarjottu mukautusvaihtoehtoja (BMC 2020).

Tarkoituksena on saattaa yrityksen ja asiakkaan välinen suhde tilaan, jossa asiakas on riippuvainen tuotteesta tai palvelusta, eli esimerkiksi toistaa ostoksen, jättää positiivisia arvosteluja ja muillakin tavoin tukee yrityksen toimintaa. ”Asiakas on aina oikeassa” on yleensä pääperiaate, kun palvellaan ulkoista asiakasta, sillä asiakkaalta saatu tulo on yrityksen elinehto. Ilman tätä yritys ei voi toimia (BMC 2020).

Sisäinen asiakas on kuka tahansa organisaatiossa, joka tarvitsee toisen apua tai vuorovai-
kutusta oman työtehtävänsä täyttämiseksi. Tätä voi tapahtua organisaatiossa mihin suun-
taan tahansa. BMC (2020) kuvaa sisäistä asiakasta sellaiseksi tahoksi, jolla on suhde yri-
tykseen ja sen sisällä joko työllisyyden kautta tai kumppaneina, jotka toimittavat tuotteen
tai palvelun loppukäyttäjälle, ulkoiselle asiakkaalle. Tämän lisäksi osakkaat ja osakkeen-
omistajat ovat myös sisäisiä asiakkaita. Jokainen näistä edellä mainituista asiakkaista voi
ostaa yrityksen palveluita tai tuotteita (BMC 2020; CTS 2020). Kuvassa 1 on esitettyä
ulkoisen ja sisäisen asiakkaan eroja.



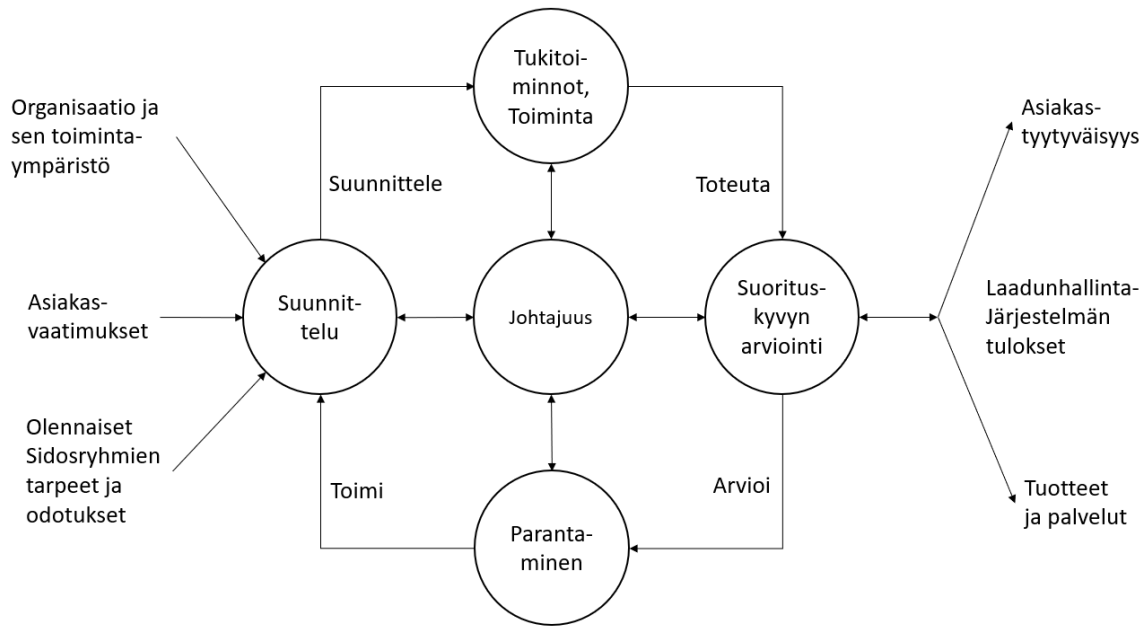
Kuva 1. Ulkoisen ja sisäisen asiakkaan ero (BMC 2020; Tennant 2001:53).

Seuraavaksi tarkastellaan keinoja ja metodeja, joilla voidaan parantaa tilaus-toimituspro-
sessia. Aluksi esitetään ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä, jonka pääkohteena on ulkoi-
nen asiakas ja tämän jälkeen Scrum sekä Lean Six Sigma, joiden pääkohteena on sisäinen
asiakas.

2.1 ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä

ISO (International Organization for Standardization) on kansainvälinen standardointijärjestö, joka on perustettu 1947 tuottamaan kansainvälisiä standardeja. ISO 9001 -laadunhallintastandardi on laadunmittaustyökalu, joka on luotu vuonna 1987 luomaan yhtenäisen laatua koskeva käsitteistö ja keskustelukieli. Kyseinen standardi on luotu, sillä ennen sitä olleet laadunvarmistamiseen tarkoitetut käytännöt olivat ristiriitaisia, eikä niiden tulosten vertailu sen vuoksi ollut tehokasta. ISO 9001 sisältää ohjeistukset ja vaatimukset laatujärjestelmän kehitykseen yrityskohtaisesti (Nykänen 1995: 5).

”Standardissa on seitsemän kohtaa, joissa määritellään järjestelmää toteutettaessa huomiioon otettavia toimintoja: organisaation toimintaympäristö, johtajuus, suunnittelu, tukitoiminnot, operatiivinen toiminta, suorituskyvyn arviointi sekä parantaminen (SFS 2019: 4–5).” Näiden sisältö on määritelty tarkemmin standardin käyttöoppaassa. Standardissa määritellään, miten organisaatio voi toimittaa johdonmukaisesti tuotteita tai palveluita niin, että ne täyttävät asiakkaiden sekä lainsäädännön ja viranomaisten asettamat vaatimukset. Lisäksi olennaisena osana on asiakastyytyväisyyden parantaminen kehittämällä laadunhallintajärjestelmää jatkuvasti. Kaiken tämän tarkoituksena on osoittaa yrityksen luotettavuus asiakkaiden tarpeiden ja odotusten mukaisten tuotteiden ja palveluiden tuottamisessa. Tätä varten standardissa on määritetty vaatimuksia, joiden perusteella ulkopuolinen sertifiointiorganisaatio voi sertifioida laadunhallintajärjestelmän. Kuvassa 2 on esiteltyä ISO 9001 -standardin prosessikaavio (SFS 2019: 4–5).

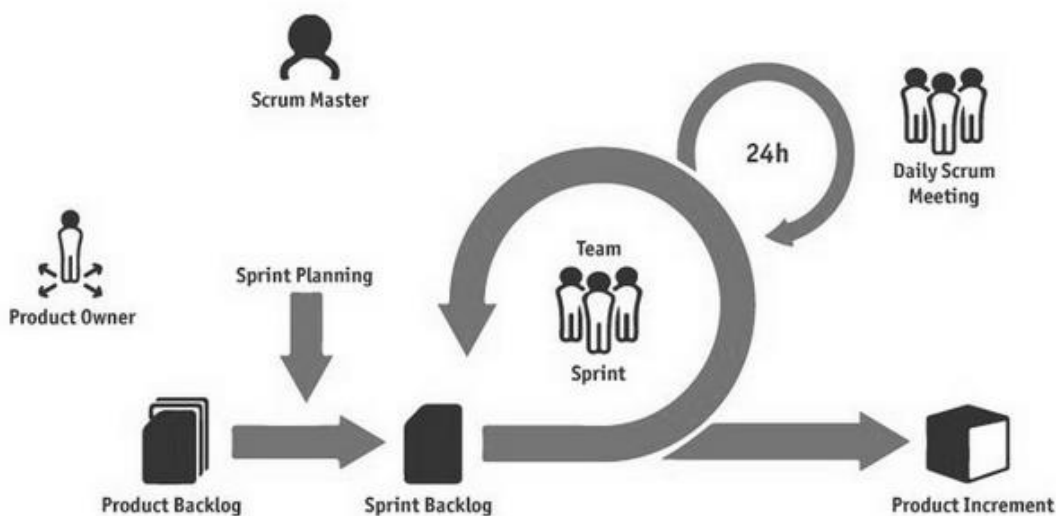


Kuva 2. ISO 9001 -standardin PDCA-prosessimalli (SFS 2019: 10–11).

ISO 9001 -standardin prosessimalli on PDCA-prosessimallin (Suunnittele, Tee, Tarkasta, Korjaa) mukainen, joka on tullut tunnetuksi Lean-ajattelumallista. PDCA-mallista on johdettu DMAIC-malli, joka esitellään myöhemmin työssä (Bicheno & Holweg 2016: 53–54).

2.2 Scrum-malli

Scrum on kehityksen malli, jonka mukaan projekteja ja toimintoja ohjataan. Scrum on alun perin kehitetty ohjelmistokehitystä varten tapana saada tuotteita ja tuloksia tehokkaasti, mutta sen toimintaperiaatetta voidaan soveltaa myös muiden alojen projekteihin. Scrum keskittyy projektin vaiheistamiseen, kehitykseen ja jatkuvaan kontrolliin projektin edetessä. Normaalisti Scrum-projektit kestävät kuukauden, mutta ne voivat vaihdella kahden viikon ja kahden kuukauden välillä projektin laajuuden mukaan (Academic society for management and communication: Scrum 2020) (Sininen meteoriitti 2020). Kuvassa 3 on kuvattuna yksinkertaistettu malli Scrum-mallin mukaisesta prosessikehityksestä.



Kuva 3. Scrum-prosessikaavio (Academic society for management and communication: Scrum 2020).

Scrum-projektin osallisina ovat tiimi (Team), Scrum-mestari (Scrum master) ja tuotteen omistaja (Product Owner). Tuotteen omistaja on tyypillisesti tuotepäällikkö. Asiakasprojekteissa se voi olla asiakkaan edustaja tai toimittajan tekninen projektipäällikkö. Hän vastaa päätöksistä koskien tuotteen ominaisuuksia ja toiminnallisia seikkoja. Scrum-mestari huolehtii siitä, että tiimi voi työskennellä projektin parissa mahdollisimman optimaalisesti. Scrum-mestarille raportoidaan päivittäin mahdollisista ongelmista, jotka vaikuttavat projektin etenemiseen ja jotka hänen tulee ratkaista. Mestari vetää tämän lisäksi päivittäiset palaverit ja vastaa Scrumin-mallin noudattamisesta oikein. Tiimiin kuuluvat kaikki ne henkilöt, jotka ovat projektissa mukana. Heidän tehtävänsä on varmistaa projektin onnistuminen omalla panoksellaan tuomalla individuaalista osaamistaan ja kokemustaan projektin hyödynnettäväksi. Projektin liittyvä tehtävä- ja vastuujako jaetaan tiimiläisten kesken yhdessä (Sininen meteoriitti 2020).

Scrum-projektin vaiheisiin kuuluvat työlistan muodostaminen (Product Backlog), sprintin suunnittelu (Sprint Planning), tehtävälista (Sprint Backlog), sprintti (Sprint), päiväpalaverit (Daily Scrum Meetings) ja sprintin jälkikatselu (Product Increment). Scrum-prosessin alussa muodostetaan työlista, jossa koostetaan projektin tavoitteet. Näitä voivat olla esimerkiksi tarvittavat ominaisuudet uuteen tuotteeseen tai palveluun ja miten montaa erilaista tuotetta halutaan kaiken kaikkiaan (Sininen meteoriitti 2020).

Sprintin suunnitteluvaiheessa työlistaa työstetään ja sprintin ajaksi määritellään toiminnallisuuksia ja vaatimuksia, jotka suoritetaan sprintin aikana ja joilla haluttuun tavoitteeseen on mahdollista päästä. Näistä poikkeaminen on kiellettyä, mutta tiimin jäsenillä on täysi vapaus tehdä tarpeellisia toimenpiteitä, jotta sovittu sprintin päämäärä saavutetaan (Academic society for management and communication: Scrum 2020; Sininen meteoriitti 2020).

Tehtävälista on kooste sprintin työlistan ja sprintin suunnitteluvaiheen lopputuloksesta. Tehtävälissä eritellään ne tehtävät ja toiminnot, joita käytetään uusien ominaisuuksien määrittelyssä sekä yksittäisten sprinttien tekemisessä. Itse sprintin aikana toteutetaan tehtäväläus. Tämän listan toiminnot ja tehtävät jaetaan tiimin kesken. Sprintin aikana pidettävät päiväpalaverit järjestetään päivittäin. Näissä palavereissa käydään läpi tehdyt ja tulevat tehtävät sekä niiden työnjako, mitä haasteita tai esteitä on havaittu ja miten ne voidaan voittaa, jotta sprintin tavoitteet voitaisiin saavuttaa. Palavereihin osallistuvat kaikki tiimin jäsenet sekä Scrum-mestari (Sininen meteoriitti 2020).

Sprintin katselmoinnissa valmis tuote tai palvelu esitellään tuotteen omistajalle. Lopputuotoksen pitäisi olla sprintin lopuksi käyttöönottavissa, eli se on esimerkiksi testattu. Katselmoinnissa tuotteen omistaja päättää, tehdäänkö jatkokehitystä uuden sprintin suunnitelman ja sprinttikierroksen muodossa vai onko tuote tai palvelu valmis käytettäväksi (Academic society for management and communication: Scrum 2020; Sininen meteoriitti 2020).

2.3 Lean Six Sigma ja sen menetelmät

Lean Six Sigma on prosessin kehittämisen työkalu, joka on japanilaisen Toyotan tuotantjärjestelmään (TPS, Toyota Production System) perustuvan Leanin ja amerikkalaisen Motorolan Six Sigman -laadunvalvontajärjestelmän yhdistelmä (Singh 2016: 184–186).

Lean irtautui omaksi alueekseen TPS:stä, joka kehitettiin Japanissa toisen maailmansodan jälkeen Toyotan alkaessa valmistamaan autoja. Sodanjälkeisessä Japanissa resurssien puute vaati valmistajilta kevyitä operaatioita pienellä inventaariolla, tuotantotiloilla ja

työvoimalla. TPS:n tarkoituksena oli maksimoida ajoneuvojen tuotanto minimiresursseilla, mutta se vaikutti myös Toyotan jatkuvaan laadun parantamiseen ja näin ollen kilpailukykyyn (Bradley 2012).

Motorola oli ensimmäinen amerikkalainen yhtiö, joka otti Six Sigman käyttöön kokonaislaadunhallintajärjestelmän muodossa pystyäkseen kilpailemaan korkealaatuisten Japanilaistuotteiden kanssa. Six Sigman tavoitteena on jatkuva prosessin parantaminen vähentämällä hukkaa, eli virheitä prosessissa. Tämän lisäksi pyritään jatkuvaan liiketoimintaprosessien laadun ja tehokkuuden parantamiseen virtaviivaistamisella (Singh 2016:186).

Lean Six Sigma pyrkii nopeuttamaan edistystä asiakastyytyväisyydessä, kustannuksissa, laadussa sekä prosessin nopeudessa. Lean ei yksin pysty saattamaan prosessia tilastolliseen valvontaan, eikä Six Sigma pysty yksin nopeuttamaan prosessia tai vähentämään sijoitettua pääomaa. Yhdessä Lean ja Six Sigma pyrkivät erilaisten työkalujen avulla kasvattamaan yrityksen säästöjä enemmän, kuin vain käyttämällä toista yksinään (George 2003: 6–10).

Lean Six Sigma itsessään sisältää työkaluja, joiden avulla tuotantoprosessia voidaan kehittää. Nämä ovat muun muassa DMAIC, histogrammi ja Pareto-menetelmä ja aivoriihi (Singh 2016:194–207) (Sixsigma 2016).

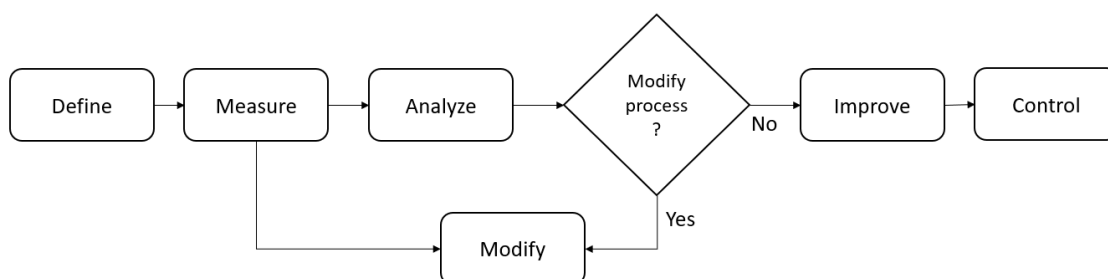
Six Sigma määrittelee myös tuotannon eri laatutasoja mittauksen kautta. Taulukossa 1 on esitettyinä laatutasot sekä ppm- että prosenttilukuina, eli kuinka suuri osa tuotetuista koh-teista on virheellisiä.

Taulukko 1. Six Sigman tuotannon laatutasot (Aberdeen Group 2006: 17).

Laatutaso	Virheellisiä tuotteita tuotannossa	
	(ppm)	(%)
2	308 537	30,9
3	66 807	6,7
4	6 210	0,6
5	233	0,02
6	3,4	0,0003

2.3.1 DMAIC-menetelmä

DMAIC on Lean Six Sigman datavetoinen työkalu, joka on muunnelma PDCA-työkalusta, jota käytetään myös prosessien, tuotteiden tai palveluiden parantamiseen. Näiden kahden erona on, että DMAIC työkalussa PDCA työkalun kriittistä Plan vaihetta on laajennettu (Bicheno & Holweg 2016: 53–54). DMAIC:n vuokaavio on esitettyä kuvassa 4.



Kuva 4. Vuokaavio DMAIC-syklin vaiheista (Singh 2016: 189).

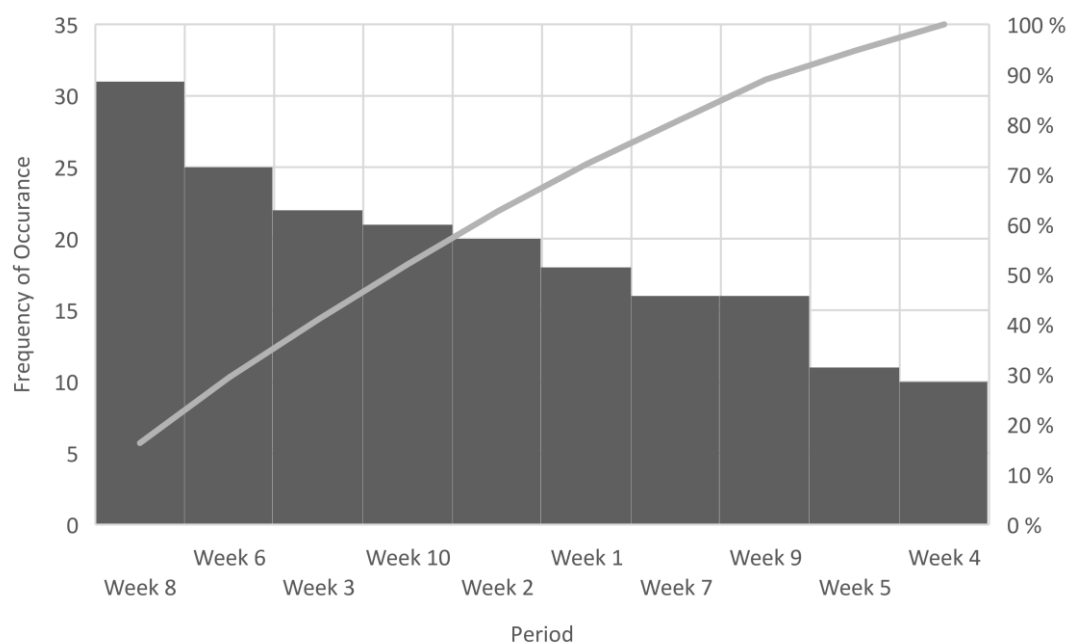
Määrittelyvaiheen tarkoituksena on määrittellä ongelma ja sen laajuus. Tämän lisäksi tarvitaan todisteita tuotannon johdon tuesta, jotta projektiin saadaan sitoutettua tarvittavat resurssit sen ratkaisemiseksi. Mittauksessa tarkoituksena on kerätä perustietoa prosessista, jota halutaan parantaa. Näiden tietojen avulla pyritään ymmärtämään mitä prosessissa tapahtuu, asiakkaiden odotukset sekä missä ongelmat ovat (Shankar 2009).

Analyysivaiheessa tarkastellaan prosessin syuseuraussuhdetta tavoitteena ymmärtää, mitkä kaikki tekijät vaikuttavat prosessiin ja mitkä tekijät yhtälöstä voidaan karsia pois. Tässä vaiheessa käytetään 5 kertaa miksi -tekniikkaa. Sen tarkoituksena on selvittää ongelman juurisyy tai ainakin nopeuttaa prosessia juurisyyn löytymiseksi. Ongelma kirjoitetaan ylös, kysytään kysymys miksi ja kirjoitetaan vastaus ylös. Jos tämä vastaus ei ole juurisyy, kysytään kysymys miksi uudelleen. Miksi kysymys kysytään jopa viisi kertaa tai niin kauan, kunnes juurisyy on löytynyt (Singh 2016: 208) (Shankar 2009).

Kehityksessä luodaan toteutuskelpoinen ratkaisu ja toimenpiteet prosessin kehittämistä varten, minkä jälkeen kyseinen ratkaisu toteutetaan. Valvonnassa tarkastetaan, onko onnistumisen vaatimukset täyttyneet ja varmistetaan uuden prosessin kestävyys (Shankar 2009).

2.3.2 Pareto-kaavio

Pareto-kaavio on palkkikaaviomalli, jonka avulla voidaan analysoida prosessin ongelmien esiintymistiheyttä. Kaaviossa lajitellaan ongelmien tai vikojen suhteellinen esiintyminen laskevassa järjestyksessä (Singh 2016: 205). Kaavion vaaka-akselille on sijoitettuna mittausarvot ja pystyakselille esiintymistiheydet. Näiden lisäksi kaaviossa esitetään viivakaavio, joka kuvaa kertymän kunkin mittausarvon osuuden kokonaismäärästä. Esimerkki Pareto-kaaviosta kuvassa 5 (Singh 2016: 206).



Kuva 5. Pareto-kaavio prosessivikojen esiintymistiheydestä viikoilla 1–10 (Singh 2016: 206).

Pareto-kaavioissa esiintymistiheydet noudattavat usein 20/80-sääntöä. Esimerkiksi Jouni Sakin (2009: 90) mukaan ”Kun tuotteet on järjestetty myynnin suuruuden mukaiseen järjestykseen vaaka-akselilla, toivat alkupäästä 20 % tuotteista jo 84 % koko myynnistä”. Tämä sääntö ei ole kuitenkaan ehdollista, vaan enemmänkin suuntaa antavaa. On myös ymmärrettävä, että suhdeluku 20/80 on lähempänä todellisuutta kuin 50/50-suhdeluku (Sakki 2009: 91).

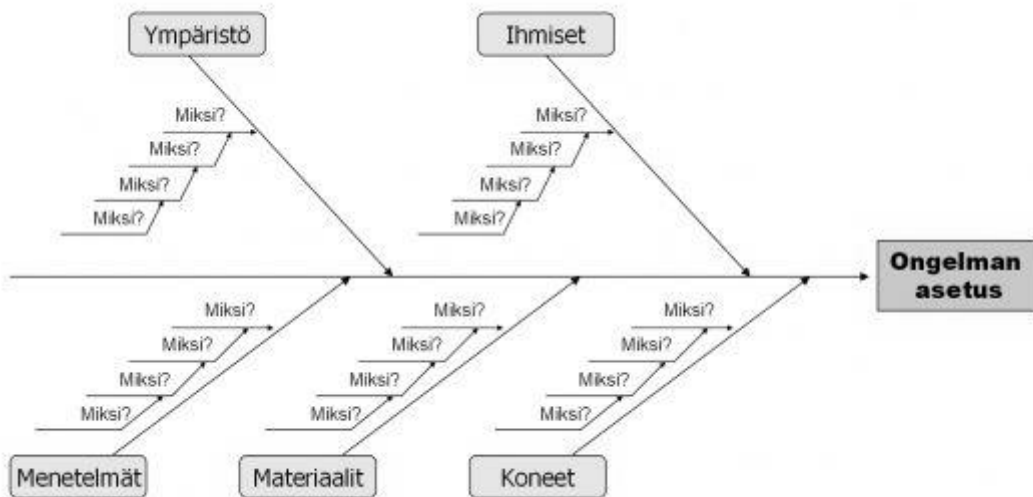
2.3.3 Aivoriihimenetelmä

Aivoriihi on yksinkertainen sekä tehokas tapa saada suuri määrä ratkaisuja ongelmaan työskentelyryhmältä. Perusajatuksena on, että kaikki ideat ovat tervetulleita ilman arviointia ja kritiikkiä. Kaikki aivoriihen jäsenet osallistuvat ideoillaan tasapuolisesti ja pyrittään välttämään päätöksentekoa vain muutaman henkilön toimesta.

Aivoriihen jäsenet ehdottelevat ideoita järjestyksessä vuorotellen, kunnes kenelläkään ryhmän jäsenellä ei ole enää ehdotuksia jäljellä. Ehdotetut ratkaisut lajitellaan sekä kategorioidaan tyyppin sekä ominaisuuksien mukaan. Näin saadaan ongelmalle myös erilaisia juurisyitä, mikä ongelman on voinut aiheuttaa. Ratkaisuja voidaan tässä kohtaa hylätä, yhdistää tai muokata. Hyvän aivoriihen tuloksena voidaan saada useita toteutuskelpoisia ratkaisuja (Singh 2016: 201–202).

2.3.4 Syyseurauskaavio

Syyseurauskaavio on Kaoru Ishikawan kehittämä kaaviomalli, jota kutsutaan myös kalanruotomalliksi. Tätä mallia käytetään ongelmakohtien juurisyiden selvittämisessä yhdessä 5 kertaa miksi -tekniikan kanssa, jota hyödynnetään myös DMAIC-mallissa. Syyseurauskaavio on esitettyä kuvassa 6.



Kuva 6. Syyseurauskaavion rakenne (Karjalainen 2007).

Syyseurauskaaviossa alkuperäinen ongelma sijoitetaan oikealle puolelle. Ongelman aiheuttajat (perussyyt) sijoitellaan kaavion haarojen päihin, joita on yleensä 4–6 kappaletta. Yleisimmät tekijät ovat: materiaalit, koneet, työvoima tai ihmiset ja menetelmät. Näiden lisäksi voidaan myös käyttää ympäristöä ja mittausta ongelman aiheuttajina. Kuhunkin perussyyhyn yhdistetään myös tekijään liittyvät mahdolliset syyt, jotka saadaan aivoriihen avulla tai ratkaisemalla ongelman synty ja siihen vaikuttavat tekijät (Karjalainen 2007).

3 Hukka ja prosessivirheet

Lean ajattelumallissa hukaksi määritellään kaikki sellainen prosessin toiminta, joka ei kasvata tuotteen arvoa asiakkaalle. Hukan muotoja Lean-ajattelussa ovat:

1. Ylituotanto
2. Odottelu
3. Kuljettaminen
4. Tarpeeton käsittely
5. Varastointi
6. Tarpeeton liikkuminen
7. Viat
8. Työntekijöiden ideoiden ja luovuuden käyttämättä jättäminen

(Arrow 2020; Ceriffi 2020).

Ylituotanto on tuotteiden valmistamista ilman tilausta tai varmuuden vuoksi varastoon. Tämä sitoo turhia resursseja, kuten pääomaa ja henkilöstöä, jolloin syntyy hukkaa. Odottelua syntyy, kun prosessissa joudutaan seuraamaan automatisoitujen koneiden työskentelyä tai odottamalla seuraavaa käsittelyvaihetta, työkalua tms. Keskeneräisen työn kuljettaminen ja materiaalin siirtely varastoihin tai prosessin muihin osiin on arvoa tuottamatonta työtä. Kuljetustapojen parantaminen sekä layout-suunnitelmat auttavat vähentämään tätä (Arrow 2020; Ceriffi 2020).

Tarpeeton käsittely voi olla seurausta esimerkiksi huonosta suunnittelusta, kunnossapidosta, väärin tai kehnoin työkalojen käytöstä tai laadukkaampien tuotteiden valmistamisesta kuin on tarpeen. Ylimääriset materiaalit, komponenttien ylisuuret tilaukset, keskeneräinen tuotanto ja tuotettujen tuotteiden pitkäaikainen varastointi aiheuttavat yritykselle lisäkustannuksia, kasvattavat läpimenoaikaa sekä haittaavat ongelmien

havaitsemista. Tarpeetonta liikkumista on kaikki ylimääräinen liike työvaiheiden aikana. Tällaista voi olla esimerkiksi työkalujen hakemisen ja etsimisen lisäksi myös kävely. Viat tai laatuvirheet aiheutuvat ylimääräistä työskentelyä, lisäävät materiaalien kulutusta, kuluttavat tuotannon kapasiteettia sekä aiheuttavat reklamaatioita (Arrow 2020; Ceriffi 2020).

Prosessin työntekijöillä on usein ideoita, miten työskentelyä voitaisiin parantaa. Huonon työilmapiirin tai luottamuksen puutteen vuoksi näitä ideoita ei joko kerrota tai oteta puheeksi yrityksen sisällä. Joissain yrityskulttuureissa työntekijöiden ehdotuksia ei myöskään oteta huomioon tai harkita, vaikka niitä uskallettaisiin antaa. Tällaisissa tilanteissa menetetään valtavasti potentiaalisia parannusehdotuksia, joiden avulla prosessista saataisiin pienilläkin muutoksilla helpompi ja tehokkaampi (Arrow 2020; Ceriffi 2020).

Hukan muotona vikoja, eli virheitä ja reklamaatioita tilaus-toimitusprosessin aikana, tulee tutkia, mikäli virheistä johtuva ylikuormitus on huomattavaa, toistuvaa ja se vaikuttaa vahvasti toimitusvarmuuteen. Virhe itsessään on väärää tietoa prosessissa, joka johtaa ei-toivottuun lopputulokseen. Mikäli virhe huomataan prosessin aikana, voi se hidastaa tai jopa pysäyttää prosessin etenemisen. Jos prosessi pysähtyy, se ei voi jatkua, ennen kuin virhe on korjattu. Tämä voi näkyä muun muassa prosessin läpimenoaikojen venymisenä, joka edelleen voi vaikuttaa yrityksen toimitusvarmuuteen. Joissain tapauksissa virhe voi edetä koko prosessin läpi ja tulla ilmi vasta kun asiakas vastaanottaa tuotteen. Tällöin virheet ilmenevät reklamaatioina ja näin aiheuttavat mm. lisäkuluja ja lisätöitä yritykselle. Tilanteet, joissa työ ei suju suunnitelman mukaisesti, asiat eivät mene niin kuin halutaan ja sattuu virheitä, vedotaan usein inhimilliseen virheeseen. (Työterveyslaitos 2014).

Arvioiden mukaan jopa 80–90 prosentissa syntyneiden virheiden ja tapaturmien taustalla on inhimillinen virhe. Inhimillisiä virheitä on monenlaisia ja niille on erilaisia syitä, kuten esimerkiksi jonkin tiedon huomaamatta jättäminen tai jonkin säännön unohtaminen. Ihmisellä on rajallinen kyky käsitellä tietoa, ja fyysiset rajoitteet ovatkin paljon helpompia havaita kuin kognitiiviset. Rajoitteita ovat Työterveyslaitoksen (2014) mukaan:

1. Havaitsemme ja huomaamme vain murto-osan ympäristöstä.

2. Voimme tarkkailla vain yhtä asiaa kerrallaan ja aivan ilmeisiä tekijöitä saattaa jäädä huomaamatta.
3. Huomion siirtäminen asiasta toiseen vie aikaa ja altistaa virheille.
4. Muisti kuormittuu herkästi ja on altis virheille.
5. Oppiminen on hidasta ja unohtaminen nopeaa.
6. Päätöksenteko ja ongelmanratkaisu on vaativaa ja ajatteluvirheet arkipäivää.
7. Asioita ja tilanteita voi tulkita ja ymmärtää useilla eri tavoilla.

(Työterveyslaitos, 2014).

Inhimillisiä virheitä voi sattua monenlaisissa eri työtilanteissa; osa voi tapahtua rutiinitilanteissa ja osa tilanteissa, jotka poikkeavat normaalista tai niitä suoritetaan harvoin. Rutiiinitilanteissa virheet voivat tapahtua, kun joudutaan hoitamaan asioita ei-totutulla tavalla tai joudutaan toimimaan vastoin automaattisia tapoja. Puolitutuissa tilanteissa automaattisia rutiineja ei vielä ole eikä työn toimintasäännöt välttämättä ole riittäviä tai sopivia. Täysin uusissa tilanteissa virheet voivat sattua väärän menettelytavan vuoksi, sillä tilanne kuormittaa ihmisen tiedonkäsittelyä ja automaattisia rutiineja ei ole lainkaan (Työterveyslaitos 2015: 18).

Työolosuhteet, -välineet sekä toimintatavat sisältävät useita seikkoja, jotka vähentävät työntekijän kykyä toimia työn vaatimalla tavalla ja näin ollen altistavat inhimillisille virheille. Nykyaikainen työ vaatii osaamista ja uuden oppimista. Työssä tulee havaita, huomata ja muistaa asioita ja tehdä päätöksiä itsenäisesti. Työympäristössä käytetään jatkuvasti useita tietojärjestelmiä sekä tietotekniikkaa. Kaikki tämä kuormittaa aivokapasiteettia ja mahdollistaa virheiden syntymisen. Aivojen kuormitusta ja virheiden mahdollisuuden kasvua ilmenee myös, kun useita asioita tehdään yhtä aikaa, vuorotellaan tehtäviä, työskennellään monien tietolähteiden kanssa ja käytetään useita näyttölaitteita (Työterveyslaitos 2015: 18–19).

Lisäksi työtä tehdään usein tilanteissa, jotka ovat aivojen kannalta vaativia. Keskeytykset, poikkeamat ja häiriöt vaikeuttavat tietojenkäsittelyä ja sitovat aikaa määräämättömästi.

Suomessa työtä haittaavia keskeytyksiä tapahtuu 45 prosentille työssäkäyvistä melko usein tai jatkuvasti. Muun muassa ohjelmistoinfektioille ja toimistotyöntekijöille tästä aiheutuu työstä suoriutumisen heikentymistä, kiireen tuntua ja kasvava riski tehdä virheitä (Työterveyslaitos 2015: 18–19).

3.1 Poka Yoke -järjestelmä

Poka Yoke (Vahinko-Estää) on Shigeo Shingon 1960-luvulla kehittämä menetelmä hänen työskennellessään Toyotalla. Poka Yoken tavoitteena on poistaa virheiden syy jo syntyvaiheessa, havaita virhe, kun sitä ollaan tekemässä sekä havaita virhe pian sen jälkeen, kun virhe on syntynyt, mutta ennen seuraavaa vaihetta.

Poka Yokelle on tyypillistä, että se on yksinkertainen ja edullinen osa prosessia, jota käytetään siellä, missä virheitä voi syntyä. Tarkoituksena on estää virheiden ulos pääsy prosessista. Poka Yoke -menetelmiä on kahdenlaisia; estäviä ja havaitsevia. Estävät menetelmät pyrkivät tekemään virheen syntymisen mahdottomaksi. Jos virhemahdollisuutta ei voida kokonaan poistaa, pyritään vääristä toimenpiteistä tekemään vaikeampia. Havaitsevat menetelmät ovat toimenpiteitä, joita tehdään, kun virhe on jo syntynyt. Näitä ovat: prosessin pysäyttäminen, prosessin säätäminen ja muiden käyttäjien varoittaminen ja prosessin jatkaminen (ABB 2020g).

3.2 Visual management -menetelmä

Visual management -menetelmä käytetään luomaan parannelulle prosessille visuaalisia ärsykeitä. Näiden avulla käyttäjä voi tietää minkä tahansa prosessin tilan, tehokkuuden ja toiminnan rajat visuaalisesti (Singh 2016: 212).

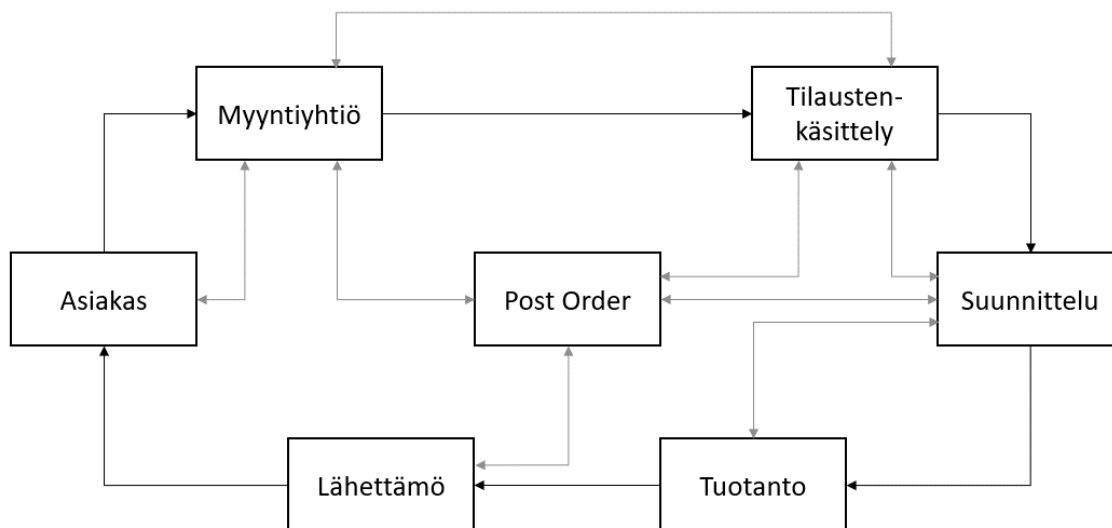
Bradleyn mukaan (2012: 91) tämä metodi voi tehdä seuraavat asiat ilmeiseksi käyttäjälle:

1. Kun prosessissa menee jotakin väärin, niin missä se menee väärin ja mitä menee väärin. Esimerkiksi visuaalinen laite voi ilmaista, kun prosessin osa on vikaantunut tai käy hitaasti.
2. Kun prosessia suoritetaan suunnitelman mukaisesti.
3. Mitä työntekijän tulee tehdä seuraavaksi. Esimiesten työtaakkaa vähenee, kun työntekijöiden jokaista tekemistä ei tarvitse ohjata. Tämä helpottaa työntekijän ohjaamaa prosessia vähentämällä johdon väliintuloja.
4. Mihin laitteisto tai prosessissa olevan osa tulisi sijoittaa? Tämä voi vähentää hukattua aikaa, kun sitä osaa etsitään, jonka sijaintia ei tiedetä.
5. Kun virheitä tehdään. Nämä voivat myös ehkäistä virheitä ja vikoja syntymästä.

Mahdollisia käytettäviä visuaalisia ärsykeitä tietokoneohjelmistoissa ovat muun muassa erilaiset värit sekä ponnahdusikkunat. Väreinä voidaan käyttää esimerkiksi liikennevaloissa käytettäviä värejä kuvaamaan prosessin tai informaation tilaa. Vihrein värjätyt tilat ovat kunnossa, keltaiset vaativat huomiota ja punaisella merkityt ovat joko väärin tai vaativat välitöntä huomiota työntekijältä. Ponnahdusikkunoiden avulla saadaan keskeytettyä työntekijän toimet. Avautuneen ikkunan sisältämällä tiedolla saadaan välitettyä tietoa työntekijälle, että esimerkiksi prosessissa on jotain huomioitavaa tai jotain on pielessä. Lisäksi se, että ponnahdusikkuna joudutaan manuaalisesti sulkemaan, estää työntekijää etenemästä työssään, kunnes ikkuna on suljettu. Tällöin työntekijällä on suuri todennäköisyys huomioida ponnahdusikkunan sisältö ja toimia sen mukaisesti tai tehdä korjaavia toimenpiteitä.

4 Tarkasteltavan yrityksen tilaus-toimitusprosessi

Sähkömoottoreiden tilauksia käsitellään MoGe:ssä SAP-toiminnanohjausjärjestelmällä sekä Order Management Systemillä (OMS). MoGe:n tilaus-toimitusprosessia on havainnollistettu kuvassa 7. Kuvassa 7 mustat nuolet kuvaavat prosessin kulkua ja harmaat nuolet informaation kulkua.



Kuva 7. Yrityksen tilaus-toimitusprosessi (ABB 2020e).

Tilaus alkaa loppuasiakkaan ottaessa yhteyttä paikalliseen myyntiyhtiöön. Myyntiyhtiö syöttää tilauksen tiedot OMS-järjestelmään, josta tiedot siirtyvät eteenpäin SAPIin. Mikäli myyntiyhtiön käytössä ei ole OMS-järjestelmää, voidaan tiedot syöttää OMSiin MoGe:n asiakkaan vaatimuksen mukaan. Tämän jälkeen tilausten käsittely tarkastaa tilauksen puutteiden ja virheiden varalta. Mikäli näitä on, loppuasiakkaaseen otetaan yhteyttä myyntiyhtiön kautta tietojen korjaamista ja täydentämistä varten (ABB 2020e).

Kun tilaus on tarkastettu ja tarvittavat tiedot täydennetty, tilaus siirtyy tilausten käsittelyn kautta suunnitteluun. Tilausten käsittelyn tehtävänä on toimia tilauksen etenemisen ja tietojen muutosten käsittelijänä. Mikäli suunnittelun tai tuotannon aikana huomataan mahdollisia vikoja tai tiedon puuttumista tilauksessa, luodaan tilaukselle notifikaatio. Tämän tarkoituksena on saada puuttuvat tiedot täydennettyä asiakkaalta, jotta tilaus voidaan suunnitella ja saattaa loppuun tuotannossa. Tässä tilanteessa tilaus ohjataan takaisin tilausten käsittelyyn, joka ottaa yhteyttä asiakkaaseen. Myös tilaustenmuutoksissa, jossa

asiakas haluaa muuttaa tilauksen tietoja, tilaukset siirtyvät tilausten käsittelyn hoidettavaksi (ABB 2020e; Harju 2020).

Tämän jälkeen tilaus suunnitellaan sähköisesti ja mekaanisesti tilauksen mukaan. Tässä vaiheessa sähkömoottoreiden arvokilvet suunnitellaan sähkösuunnittelijan toimesta Elapp-suunnitteluohjelmalla SAP- ja OMS-järjestelmistä saatavien tietojen mukaan. Kun sähkömoottori on suunniteltu, siirtyy tilaus tuotannon kautta testaukseen ja tästä lähettämön kautta loppuasiakkaalle (ABB 2020e; Harju 2020).

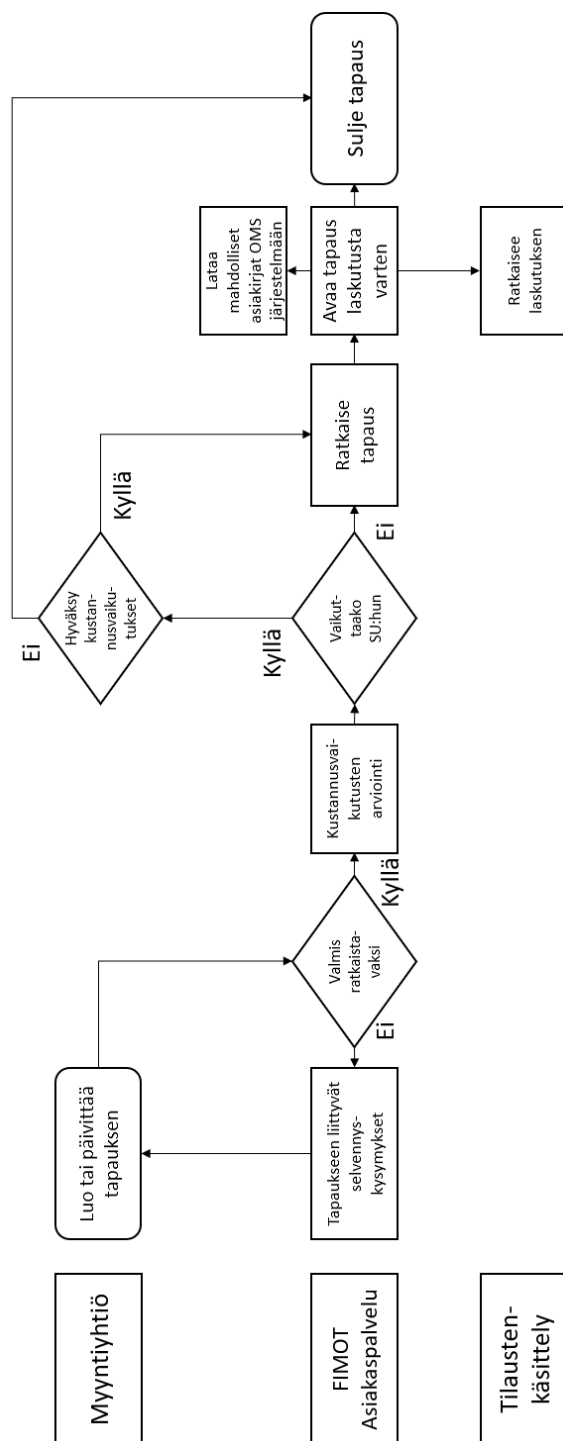
4.1 Tilausten muutosten kulku

Tilauksenmuutoksissa asiakas tekee tilaamilleen sähkömoottoreille muutoksia alkuperäisen tilauksen jälkeen. Se, missä tilanteessa tilauksenmuutos tehdään, vaikuttaa tilauksen kustannuksiin ja toimitusaikaan. Nämä tilanteet ovat:

1. Asiakas tekee muutokset ennen kuin tilaus on vahvistettu.
2. Asiakas tekee muutoksen tilausvahvistuksen jälkeen mutta ennen suunnittelun aloitusta.
3. Asiakas tekee muutoksen sen jälkeen, kun suunnittelu on jo aloitettu.
4. Asiakas tekee muutoksen, kun suunnittelu on jo valmis mutta ei vielä vapautettu tuotantoon.
5. Asiakas tekee muutoksen sen jälkeen, kun tilaus on vapautettu tuotantoon.
6. Modifikaatiokaupat ja moottorin palautus takaisin Vaasaan koestettavaksi.

(ABB 2020e).

Kun tilauksia tarvitsee muuttaa, seurataan kuvan 8 tilauksen muutosprosessia. Tilauksen muutoksissa Post Order -tiimi saa tilausmuutoksesta tiedon myyntiyhtiöltä, jonka projektipäällikkö tarkastaa. Tämän jälkeen tilauksen muutos siirtyy tilausten käsittelyn tarkastettavaksi ja hyväksyttäväksi.



Kuva 8. Tilauksen muutosprosessi (ABB 2020e).

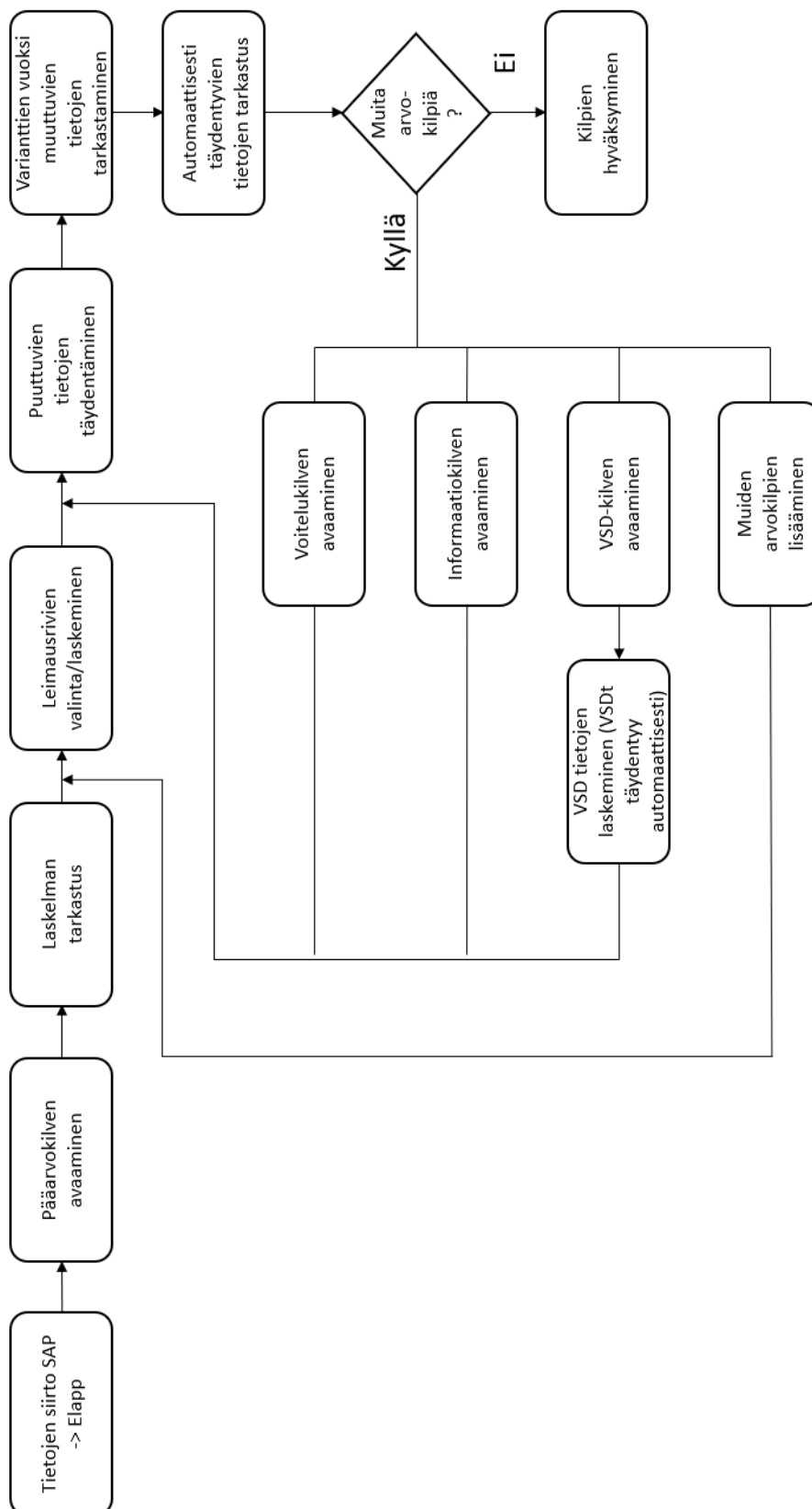
Monissa tilanteissa tilauksen muutos ei johda muuhun kuin muutoksen dokumentointiin, mutta joissain tilanteissa muutos voi vaatia uutta suunnittelua ja lähetyksen muutosta (ABB 2020e).

4.2 Arvokilpien suunnitteluohjelma Elapp

Elapp on MoGe:n käyttämä verkkopohjainen suunnitteluohjelma arvokilpien suunnittelua varten. Suunnitteluohjelmasta löytyvät kaikkien mahdollisten arvokilpien pohjat sekä valmista tietoa koskien arvokilpien leimauksia. Nämä tiedot täydentyvät arvokilville automaattisesti sähkömoottorin tuotekoodin ja varianttikoodien mukaan. Nämä tiedot suunnitteluohjelma saa SAP-järjestelmästä. Suunnitteluohjelmassa on myös useita sääntöjä ja ohjeita, joiden mukaan arvokilvet, niiden merkinnät ja leimaukset täydentyvät eri tilanteissa. Suunnittelijalla on myös mahdollisuus lisätä manuaalisesti tietoa kilville tai muuttaa kilven merkintöjä tilauksen mukaan (ABB 2020e).

Joidenkin varianttikoodien tuodessa kaupalle uuden arvokilven asiakkaat antavat myös tiedon mitä kilvelle leimataan. Näissä suunnitteluohjelma pyrkii parhaansa mukaan täydentämään arvokilvet itsenäisesti, mutta joskus suunnittelija joutuu korjaamaan tai syöttämään tiedon itse (ABB 2020e).

Arvokilpien ollessa tarkastettuja ja suunnittelijan hyväksymiä ne siirtyvät tulostukseen ja sitä kautta tuotantolinjalle. Kaikki muut arvokilvet paitsi voitelukilpi on merkitty sähkömoottorikohtaisella sarjanumerolla, jotta kilvet kiinnitetään oikean sähkömoottoriin ja että niitä on oikea määrä. Kaupan positiolla kaikki sähkömoottorit ovat rakenteeltaan identtisiä, joten voitelukilvet ovat myös identtisiä, täten sarjanumeroa ei näissä vaadita. Arvokilpiä voidaan myös asiakkaan toiveesta toimittaa irrallisina ja mahdollisesti tyhjinä (ABB 2020e). Kuvassa 9 on esitetty arvokilpien suunnittelun vuokaavio. Tätä kaaviota ei vielä suunnittelussa ole ollut aiemmin olemassa, joten tämä on ensimmäinen vedos.



Kuva 9. Arvokilpien suunnittelun vuokaavio.

5 Sähkömoottorin arvokilvet ja niiden merkinnät

Sähkömoottoreihin kiinnitetään erilaisia arvokilpiä, joiden merkitys vaihtelee niiden sisältämän tiedon puolesta. Sähkömoottorityyppi ja runkokoko vaikuttavat siihen, millaisia arvokilpiä sähkömoottoriin kiinnitetään. Näiden lisäksi varianttikoodilla asiakkaat voivat tilata lisää arvokilpiä sähkömoottorin mukana koskien esimerkiksi laakereiden voitelua tai taajuusmuuttajan tietoja (IEC 2017: 60–61).

5.1 Pääarvokilpi

Pääarvokilpi on ainut MoGe:n tarjoamista arvokilpivaihtoehdoista, joka kiinnitetään vakiona sähkömoottoriin. Kilven asettelu, koko ja sisältö vaihtelevat hieman moottorityypistä, rakenteesta ja koosta riippuen. Lisäksi monet muut seikat vaikuttavat pääarvokilven sisältämään tietoon ja ulkomuotoon. Standardi IEC60034-1 (Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance) määrittelee pääarvokilven merkinnät sekä mitä kilvelle leimataan (ABB 2020f). Pääarvokilven esimerkki on kuvassa 10. Siinä arvokilvellä on esitetty viisi leimausriviä, joista ensimmäisenä ylinnä on merkittynä 690 VY 50 Hz 11 kW 1477 r/min 12,2 A 0,82 ϕ S1.

		ABB Oy, Motors and Generators Strömbergin puistotie 5 A 65320 Vaasa, Finland				0081 IE3 IEC60034-1			
3~ Motor		M3JP 160MLA 4 IMB3/IM1001		2017					
Ex d II B T4 Gb									
1313281-1									
No. 3G1F1714411302				Ins. cl. F		IP 55			
V	Hz	kW	r/min	A	cos φ	Duty			
690 Y	50	11	1477	12.2	0.82	S1			
400 D	50	11	1477	21.1	0.82	S1			
415 D	50	11	1479	20.5	0.81	S1			
440 D	60	11	1778	18.9	0.83	S1			
460 D	60	11	1777	18.2	0.82	S1			
IE3-50Hz-91.4%(100%)-91.6%(75%)-90.7%(50%) / IE3-60Hz-92.4%(100%)									
Product code 3GJP162410-ADL									
LCIE 11 ATEX 3087 X / IECEx LCI 09.0008X									
Manual: 3GZF500730-47									
		6309/C3				6309/C3		240 kg	

Kuva 10. Esimerkki räjähdyspaineen kestävästä sähkömoottorin pääarvokilvestä (ABB 2020a: 33).

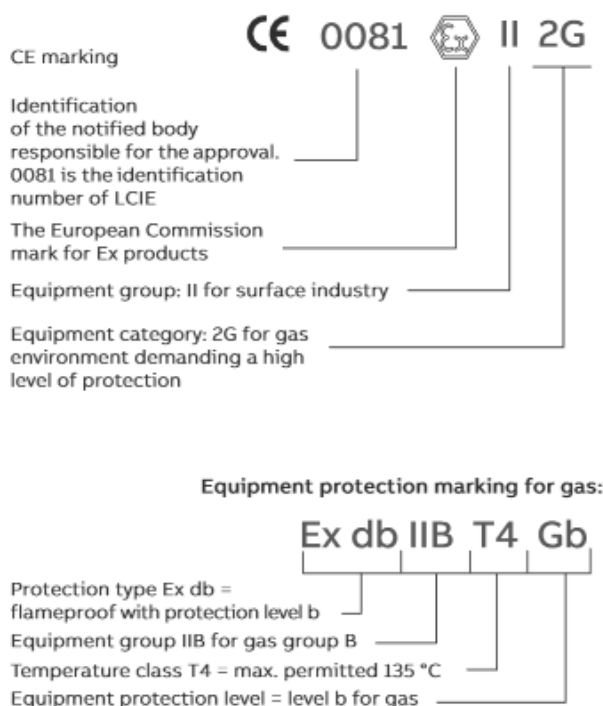
Koska esimerkkinä on räjähdysalttiisiin tiloihin suunniteltu sähkömoottori, niin liitteeseen 1 on kerätty Cenelec:n sekä IEC:n standardien mukaiset luokittelut sekä liitteestä 2 kaasujen luokittelut. Pääarvokilven tiedot Elapp pyrkii täydentämään automaattisesti. Sähkömoottorin suunnittelijan tehtäväksi jää tarkastaa, että kaikki tarvittavat merkinnät löytyvät pääarvokilveltä sekä muokata, lisätä ja poistaa tietoa kilveltä. Tiedot täydentyvät pääarvokilvelle automaattisesti sähkömoottorin tuotekoodin mukaisesti ja muuttuvat, mikäli sähkömoottorin mukana on tilattu varianttikoodeja, jotka vaikuttavat näihin merkintöihin. Esimerkkinä voidaan käyttää moottorin rakenteen muutosta asennusasentoa vaihdettaessa. Liitteestä 3 on esitettyä yleisiä asennusasentoja, joita MoGe:n tuottamiin sähkömoottoreihin tilataan (ABB 2020f).

Mikäli sähkömoottorin suunnittelija muokkaa kilvellä olevia leimausrivejä vastaamaan asiakkaan tilausta, täydentyy IE-merkintä sekä hyötysuhdemerkinnät valittujen leimausrivien mukaisesti. Mikäli valittujen rivien hyötysuhde ei täytä vähintään standardissa IEC60034-30-1 olevaa IE1-hyötysuhdetta tai sähkömoottorin käyttö on muu, kuin S1 tai S6 (jatkuva käyttö), ei IE-merkintää tarvitse merkitä arvokilvelle (IEC60034-30-1 2014:

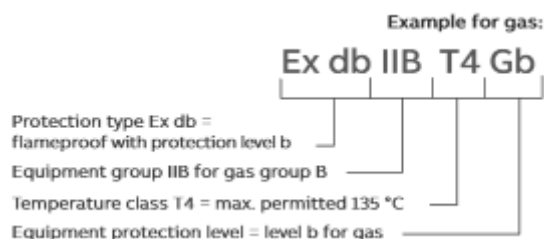
13). Lisäksi suunnittelijan käyttöön on varattuna kaksi tyhjää riviä hyötysuhdemerkintöjen ylä- ja alapuolella. Näille riveille suunnittelija täydentää mahdollisia asiakkaan haluttamia tietoja ja varianttikoodien vaatimia tietoja (ABB 2020f).

5.1.1 Räjähdyksvaarallisten tilojen sähkömoottoreiden merkinnät

Räjähdyksalttiisiin ympäristöihin suunniteltujen sähkömoottoreiden pääarvokilvelle tulee lisänä merkintöjä koskien sähkömoottorin suojausta. Näillä merkinnät kertovat, onko sähkömoottorin rakenne suojattu esimerkiksi syttyviä kaasuja ja pölyjä vastaan ja millaisessa ympäristössä sähkömoottoria käytetään. Nämä merkinnät määräytyvät maakohtaisesti vallitsevien standardien mukaisesti. Mikäli sähkömoottorin käyttömaassa ei ole omia valittavia Ex-standardeja, leimataan sähkömoottorit ATEX ja IECEx standardien mukaisesti. Esimerkit merkinnöistä on kuvissa 11 ja 12 (ABB 2020f; ABB 2020a: 4).



Kuva 11. Esimerkki ATEX-merkinnästä. Sähkömoottori, joka on suojattu syttyviltä kaasuilta (ABB 2020a: 8).



Kuva 12. Esimerkki IECEx-merkinnästä. Sähkömoottori, joka on suojattu syttyviltä kaasuilta (ABB 2020a: 8).

Näiden merkintöjen lisäksi pääarvokilvellä on merkittynä sähkömoottorin varmenteen numerointi, joka kertoo, että kyseisen sähkömoottorin rakenne on vallitsevan standardin mukainen. Kuvassa 9 nämä ovat kyseiselle sähkömoottorille LCIE 11 ATEX 3087 X ja IECEx LCI 09.008X. Ex merkinnät sekä varmenteet Elapp täydentää automaattisesti pääarvokilvelle. MoGe:n on pidettävä huoli, että merkinnät ovat ajan tasalla ja voimassa olevien standardien mukaisia. Tämän lisäksi myös suunnitteluohjelma pitää päivittää täydentämään oikea standardi pääarvokilvelle oikeana ajankohtana. Liitteistä 1 ja 2 löytyy lisää merkintöjä sekä niiden merkityksiä (ABB 2020f; ABB 2020a: 4).

5.1.2 Sertifikaatit ja MEPSit

Joillakin mailla on omat sertifiointinsa koskien sähkömoottoreiden rakennetta ja toimintaa. Sähkömoottoria tilatessaan asiakkaan on tilattava myös kyseisen maan sertifiointin mukainen varianttikoodi, jonka mukaan sähkömoottorin tulee täyttää kyseisen sertifiointin mukaiset vähimmäisvaatimukset. Näissä tilanteissa sähkömoottorin arvokilpien merkinnät ja kieli voivat muuttua. Omia sertifiointilaitoksia on muun muassa seuraavilla mailla: Armenia, Australia, Brasilia, Intia, Kazakstan, Kiina, Kirgisia, Uusi-Seelanti, Venäjä ja Valko-Venäjä. Näiden lisäksi voidaan käyttää kolmannen osapuolen rekisteröintiä, kuten esimerkiksi Underwriters Laboratories (UL). Näitä sertifiointeja käytettäessä muidenkin arvokilpien kuin pääarvokilven merkinnät, kieli, leimaukset ja ulkoasu voivat muuttua. Esimerkiksi käytettäessä Venäjän, Kazakstanin, Valko-Venäjän, Armenian sekä Kirgisian mukaista sertifiointia, arvokilpien kieli vaihtuu venäjäksi ja pääarvokilven CE-merkintä vaihtuu EAC-merkinnäksi.

Energiatehokkuuden vähimmäisstandardit (MEPS, minimum energy performance standard) ovat valtioiden ja alueiden määrittämiä hyötysuhderajoja koskien erilaisia energiaa käyttäviä laitteita. Suurimmassa osassa MEPSeistä hyötysuhteiden rajat ovat hyvin lähellä IE-luokituksen rajoja ja leimataan IE-luokituksen mukaan pääarvokilvelle. MEPSejä on muun muassa seuraavilla mailla: Australia, Brasilia, Canada, EU:n maat, Kiina, Intia, Korea, Saudi-Arabia, Singapore sekä Yhdysvallat. EU MEPS koskee EU:n jäsenmaita. Nämä MEPSit sisältävät esimerkiksi seuraavia tietoja: sähkömoottorin tehorajat, napaluvut, jännitteet, taajuudet, käyttöympäristön lämpötila ja käyttö. Joissain tapauksissa leimausrivien rekisteröinti on vaadittua sekä niiden tulee esimerkiksi täyttää vähintään IE2-luokan hyötysuhde. Joihinkin MEPSeihin sisältyy myös Ex-sähkömoottorit. Kun MEPS on tilattu sähkömoottorin kanssa, on mahdollista, että arvokilpiin tulee tehdä lisämerkintöjä tai sähkömoottorin kanssa on toimitettava vaadittuja tarroja, kuten Korean kohdalla. Muiden maiden osalta leimausrivit leimataan joko EU:n MEPSin mukaisesti tai määrittelemättömänä.

Sertifikaatti- ja MEPS-tapauksissa Elapp täydentää arvokilvet suurimmaksi osaksi automaattisesti. Suunnittelijan tehtäväksi jää tarkastaa, että arvokilvellä olevat merkinnät, kieli, leimaukset ja hyötysuhteet ovat MEPSin ja sertifikaatin mukaiset. Lisäksi hänen tulee täydentää kilvelle mahdolliset puuttuvat tiedot, joita MEPS tai sertifikaatti edellyttää.

5.1.3 Asiakaskohtaiset kilvet

Jotkin MoGe:n asiakkaat, jotka tilaavat suuria määriä sähkömoottoreita, ovat tehneet sopimuksia koskien sähkömoottorin rakenteita, tyyppejä, varianttikoodeja sekä kiinnitettäviä arvokilpiä. Näissä tilanteissa arvokilven koko, muoto ja merkinnät voivat poiketa tyyppillisestä pääarvokilvestä, kuten kuvassa 10. Asiakkaiden pääarvokilpien muokkauksiin kuuluvat yleensä asiakkaan nimi tai logo sekä mahdolliset erikoisleimaukset koskien sähkömoottorin sähköisiä ominaisuuksia. Kuitenkin standardin IEC60034–1 mukaiset merkinnät löytyvät kyseiseltä kilveltä. Vallitsevat standardit vaikuttavat myös näissä tilanteissa pääarvokilven merkintöihin.

Nämäkin kilvet Elapp täydentää automaattisesti. Suunnittelijan tehtävänä on tarkastaa, että kilven merkinnät ja leimaukset ovat oikeanlaisia ja täydentää mahdolliset lisätiedot, joista kyseisen asiakkaan kanssa on sovittu.

5.2 Informaatiokilvet

Informaatiokilpien tarkoituksena on tuoda sähkömoottorin käyttöä varten lisätietoa, jota ei muilla edellä mainituilla kilvillä ole listattuna. Toisena vaihtoehtona kilpi voi sisältää tietoa, joka on asiakkaalle merkityksellistä. Esimerkkinä sähkömoottorin tunnistenumero osana tuotantoprosessia. Osa kilvistä on täysin tai lähes tyhjiä ja ne täydennetään asiakkaan ilmoittaman tiedon perusteella. Nämä tiedot asiakkaan tulee ilmoittaa sähkömoottoria tilatessaan. Toinen osa näistä kilvistä täydentyy täysin automaattisesti eikä vaadi asiakkaalta toimenpiteitä. Suunnittelijan on syytä tarkastaa, että arvokilpi ja sen sisältämä tieto on oikea.

Informaatiokilvet tilataan sähkömoottorille lähes poikkeuksetta varianttikoodilla. Muutamissa tapauksissa tällaisia arvokilpiä kiinnitetään sähkömoottoriin, koska ne sisältävät tietoa koskien sähkömoottorin käyttöä. Kilvet voidaan myös toimittaa kiinnitettyinä tai irrallisina sähkömoottorin mukana asiakkaalle, joka itse vastaa niiden mahdollisesta leimaamisesta ja kiinnittämisestä.

5.3 Voitelukilvet

Voitelukilpi (kuva 12) sisältää tietoa millaisilla rasvoilla, miten suurella määrällä ja kuinka usein sähkömoottorin laakerit on suositeltavaa voidella, jotta laakerit toimivat odotetusti. Voitelukilven Elapp täydentää kokonaan automaattisesti. Suunnittelijan tehtäväksi jää tarkastaa, että kilvelle on täydentynyt oikeanlaista tietoa sekä tarkastaa oikea rasva, mikäli asiakas on tilannut erikoisrasvauksen sähkömoottorin laakereihin. Tämä voi olla esimerkiksi lämmön- tai kylmyydenkestävä rasva. Mikäli sähkömoottori toimitetaan maahan, jossa vallitsee omat standardit tai MEPS, saattaa rasvauskilven kieli vaihtua. Voitelukilpi on esitettyä kuvassa 13.


ABB REGREASING INSTRUCTIONS					
Bearings		☞			
Amount of grease		☞			
Greased in factory with					
Mounting	AMB. temp.	r/min	r/min	r/min	r/min
Hor					
Hor					
Vert					
Vert					
Regreasing interval in duty hours					
The following or similar high performance grease can be used:					
Do not exceed the motor max. speed					
See respective "Motor manual"					

Kuva 13. Voitelukilven tyhjä pohja. Kuva Elapp-suunnitteluohjelmasta.

Voitelukilven arvot vaihtelevat sähkömoottorin pyörimisnopeuden, ympäristön lämpötilan, käytettävän rasvan ja laakereiden mukaan. Lisäksi vielä moottorin käyttö ja kuormitus vaikuttavat laakereiden rasvausväleihin. Kuvan 13 ”Motor manual” viittaa lähteenä olevaan ABB:n 2016 ohjekirjaan. Tästä löytyy tarkempia ohjeita laakereiden rasvaukseen, rasvointiin sekä ohjeita, jos käytössä on esimerkiksi muu kuin arvokilvellä mainittu rasva (ABB 2016: 16–17).

5.4 Taajuusmuuttajakäytön arvokilvet

Taajuusmuuttajalla sähkömoottoria käytettäessä IEC- sekä EN-standardit edellyttävät, että sähkömoottorin mukana toimitetaan arvokilpi koskien taajuusmuuttajan arvoja (ABB 2020: 25). Taajuusmuuttajakäytön arvokilpivaihtoehtoja on kaksi (VSDt ja VSD), joista VSDt, kuva 14, on yleinen arvokilpi, joka sisältää prosentuaalisen kuormituksen nimellismomentista. VSD taajuusmuuttajakäytön arvokilpi, kuva 15, täydennetään tilauskohteisesti.

 ABB CONVERTER SUPPLY						
Valid for		380-415 V		FWP		50 Hz
3~ Motor		M3KP 280SMB 4 IMB3/IM1001				
No. 3G1F1914585165						
Min. switching frequency: DTC: 2 kHz PWM: 3 kHz						
I = 1,5 x I _N		t _{OL} = 10 s		t _{COOL} = 10 min		
Ex. Temp. Control for converter operation by PTC						
Duty S9		ACS800/880 with DTC CONTROL				
f [Hz]	5	20	45	50	60	
T/T _n [%]	75	90	100	92	76	
		ACS550/580/Other PWM				
f [Hz]	15	20	45	50	60	
T/T _n [%]	80	85	95	87	71	
PTC 130°C DIN 44081/-82						
IEC60034-1						

Kuva 14. Esimerkki VSDt-arvokilvestä. Räjähdyspaineen kestävä sähkömoottorin taa-
juusmuuttajakäytön arvokilpi (ABB 2020a: 25).

V		Hz	kW	r/min	A	Nm	Duty
202	D	25.3	26.7	1500	96.3	170	S9
397	D	49.6	52.7	2960	103	170	S9
CONSTANT TORQUE 1500 - 2960 RPM							
PTC 155°C DIN 44081/-82							

Kuva 15. Esimerkki VSD-arvokilvestä. Räjähdyspaineen kestävä sähkömoottorin taajuusmuuttajakäytön arvokilpi (ABB 2020a: 25).

Taajuusmuuttajakäytön VSDt-arvokilpi täydentyy Elappissa täysin automaattisesti. Suunnittelijan tehtävä on tarkastaa, että kilvellä on oikeanlaista tietoa. Kilvellä on myös merkintä IEC60034-1 -standardista, sillä arvokilpi sisältää kyseisessä standardissa määritellyjä merkintöjä koskien sähkömoottorin käyttöä.

Taajuusmuuttajakäytön VSD-arvokilvelle tiedot täydentyvät vain osittain automaattisesti. Näille arvokilville suunnittelija laskee ja täydentää asiakkaan ilmoittamia tietoja, miten ja millaisella taajuusmuuttajalla sähkömoottoria käytetään. Näitä tietoja ovat taajuusmuuttajatyyppe, kytkentätaajuus, kentänheikkennuspiste, leimausrivit sekä vapaata tietoa miten sähkömoottoria käytetään leimausrivien asetuksilla. Lisävaihtoehtoina voivat olla lisäksi tarkemmat tiedot taajuusmuuttajan sähköisistä ominaisuuksista sekä tilanteet, jossa sähkömoottoria halutaan hetkellisesti ajaa suuremmalla teholla kuin jatkuva käyttö lämpenemän puolesta sallisi. Toimitusmaassa vallitsevat standardit tai MEPSit voivat vaikuttaa taajuusmuuttajakäytön arvokilven kieleen, mutta muuten merkinnät kuitenkin pysyvät muuttumattomina.

6 Empiirinen tutkimus ja tutkimusdata

Työhön käytettävä tutkimusdata on kerätty erilaisista MoGe:n käyttämistä järjestelmistä. Laadunvalvonnan laatuilmoitukset on kerätty SAP-järjestelmästä sekä laadunvalvonnan ylläpitämästä tietokannasta. Suunnittelua koskevat reklamaatiot ovat MoGe:ssä käsitelty vanhan Lotus Notes -kannan kautta ja uuden Salesforce-kannan kautta. Näihin kantoihin on kerättyä kaikki tieto koskien asiakkaiden tekemiä reklamaatioita. Suunnittelua koskevat reklamaatiot ovat myös kerättyä omaan tietokantaan, jota ylläpitää After Sales -osasto. Tämän tietokannan dataa on helpompi tarkastella ja sitä voitiin täydentää Lotus Notes ja Salesforce -kantojen avulla. Näiden lisäksi SAP-järjestelmästä on kerätty kaikki erilaiset laatuilmoitukset koskien suunnittelua ja sähkömoottoreiden arvokilpiä. Tieto, joka kaikista järjestelmistä kerättiin, sisälsi kaiken tiedon sähkömoottoreista, jotka on tilattu, tiedot ketkä kyseisen kaupan positiota ovat käsitelleet, tiedot asiakkaista sekä aikataulut koskien ostohetkeä, toimitusta, sekä laadunvalvonnan ilmoitusten avaus- sekä sulkemispäivät.

Ajallisesti haettu data haettiin työtä varten ajalta 1.1.2019–4.5.2020. Haettua dataa jouduttiin vielä lisää rajaamaan sisällön puolesta. Koska kaikki data, joka työtä varten haettiin, koski suunnittelua ja arvokilpiä, mukana saapui monia tuloksia, jotka eivät koskeneet arvokilpiä tai niiden merkintöjä. Esimerkkinä mainittakoon, että puuttuvat arvokilpitaupaukset rajattiin pois tutkimuksesta. Tämän lisäksi pois rajattiin myös SAP-järjestelmästä haetut kaikki laatuilmoitukset koskien suunnittelua sekä sähkömoottoreiden arvokilpiä. Tämä tehtiin siksi, että monet rajausten jälkeen jäljelle jääneistä tapauksista olivat jo esitetty muiden tietokantojen tapauksissa. Näin vältetään mahdollisten duplikaattien esiintymisiltä.

Otanta on pyritty valitsemaan ajankohdasta, jonka aikana ei kuitenkaan ole tehty monia muita muutoksia suunnittelun suunnitteluprosessiin. Tänä aikana on tehty muutamia muutoksia ja kehotuksia suunnitteluprosessiin, jotka vaikuttavat tutkimustulokseen. Toki näidenkin toimenpiteiden tarkoituksena on ollut vähentää virheiden määrää prosessissa.

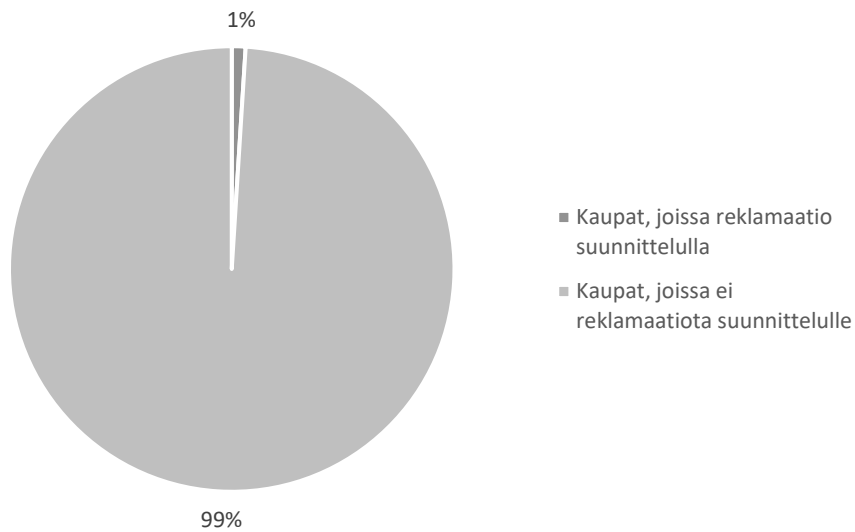
Kerättyä dataa käsiteltiin muun muassa asiakkaan näkökulmasta; millainen sähkömoottori tapauksessa oli myyty sekä mikä sähkömoottorin runkokoko oli kyseessä. Tämän jälkeen tarkennettiin tutkimusta koskemaan virheen laatua arvokilvellä jakamalla dataa sähkömoottorin kanssa tilattujen varianttikoodien mukaan sekä kuka kyseisen sähkömoottorin ja sen arvokilvet oli suunnitellut.

7 Tutkimusdatan rajausta ja tulokset

Tässä luvussa tarkastellaan kerätystä datasta tuloksia suodattamalla sitä eri parametrien avulla. Ensiksi tarkastellaan kuinka reklamaatiot sekä laadunvalvonnan ilmoitukset suhteutuvat kaikkiin suunniteltuihin kauppojen positiioihin. Tämän jälkeen kumpikin näistä ryhmistä jaotellaan ensiksi sen mukaan, millä arvokilpityypillä virhe on ollut. Seuraavaksi tarkastellaan, mitä varianttikodeja on tilattu sähkömoottorin kanssa ja yhdistetään ilmennyt virhe niihin. Tämän jälkeen tarkastellaan sähkömoottorin tyyppin ja runkokoon vaikutusta reklamaatioihin ja laadunvalvonnan ilmoituksiin ja lopuksi tarkastellaan, kuka suunnittelijoista suunnitteli tarkasteltavien kauppojen positiioita.

7.1 Yleiskatsaus reklamaatiotapauksiin

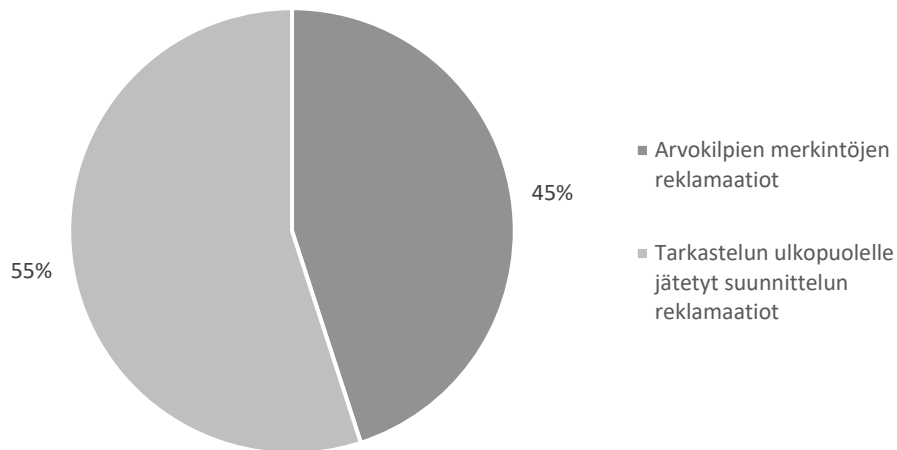
Kuviossa 1 on havainnollistettu kaikkien kauppojen positioiden ja suunnittelulle asiakailta tulleiden positiokohtaisten reklamaatioiden jakauma. Aikavälillä 1.1.2019 – 30.4.2020 suurin osa kaupoista, yli 99 %, kulki tilaus-toimitusprosessin läpi ilman minäänlaista suunnittelulle kohdennettua reklamaatioon johtanutta virhettä. Tutkimuksessa havaittiin suunnittelua ja arvokilpiä koskevia reklamaatioita olevan otannan aikana alle 1 % suhteutettuna kaikkiin otannan aikana läpikäytyihin kauppojen positiioihin. Mikäli asiakas reklamoi kaupan position, ensimmäiseksi reklamaation laatu tarkastetaan takuutiimin puolesta, jonka jälkeen reklamaatio ohjataan ratkaistavaksi, jos sille on perusteita. Arvokilpien tapauksessa usein uusien arvokilpien toimitus asiakkaalle on yleisin toimenpide, mikäli reklamaatio on aiheellinen.



Kuvio 1. MoGe:ssa suunnitellut kauppojen positiot ja suunnittelulle reklamoidut positiot.

Kun tarkastellaan suunnittelulle ohjattuja reklamaatioita, saadaan virheellisten tuotteiden suhteelliseksi osuudeksi 10 781,6 ppm. Tämä tarkoittaa, että ollaan Six Sigman mukaisella tuotannon laatutasolla 3, jossa tämä osuus saa korkeintaan olla 66 807 ppm. Pyritään siis saavuttamaan MoGe:n suunnitteluosaston osalta Six Sigman tuotannon laatutaso 4, jossa virheellisten tuotteiden osuus saa korkeintaan olla 6 210 ppm. Mikäli tarkastellaan vain arvokilpien merkintöihin liittyviä merkintöjä, saadaan virheellisten tuotteiden suhteelliseksi osuudeksi 4 880,6 ppm. Tämä tarkoittaa, että ollaan Six Sigman mukaisella laatutasolla 4, jossa virheellisten tuotteiden osuus saa olla korkeintaan 6 210 ppm. Tällöin pyritään tavoittelemaan arvokilpien virheiden osalta Six Sigman tuotannon laatutasoa 5, jossa miljoonasta tuotetusta kappaleesta enintään 233 kappaletta saa olla viallisia.

Kuvio 2 kuvaa suunnittelua koskevien reklamaatioiden jakauman. Otannan reklamaatioista 45 % koski arvokilpien virheellisiä merkintöjä, joita tässä tutkimuksessa tullaan käsittelemään. Suurempi osa reklamaatiota 55 %, koski muita, tutkimuksen tarkastelusta pois jätettäviä tapauksia. Näitä olivat muun muassa rakenteelliset virheet sekä muut mahdolliset virheet tuotteessa.

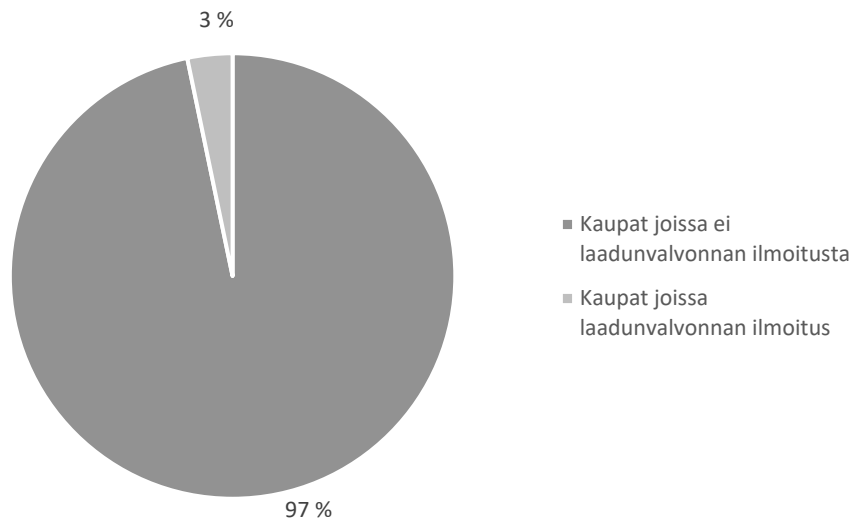


Kuvio 2. Tarkasteluun otetut reklamaatiot sekä tarkastelun ulkopuolelle jätetyt reklamaatiot.

7.2 Yleiskatsaus laadunvalvontaan

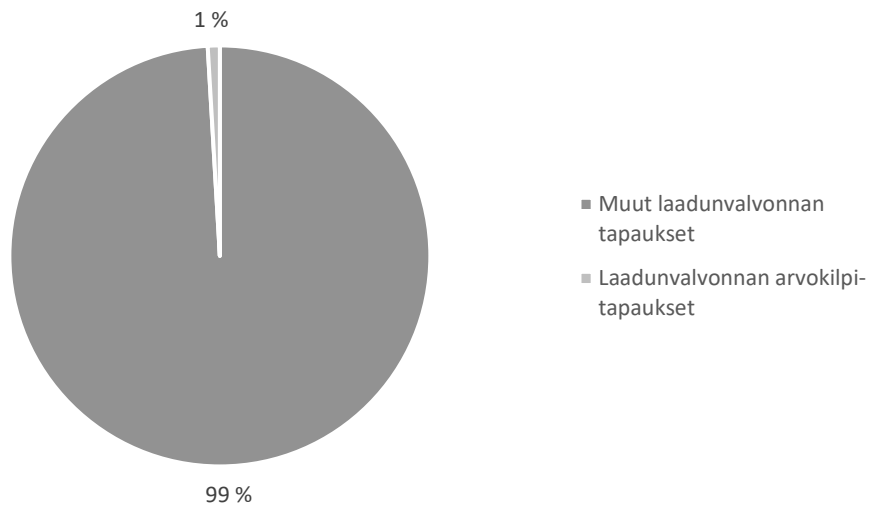
Laadunvalvonta tuotannon lopussa on vain pieni osa koko MoGe:n laatu prosessia, sillä laatua valvotaan monin eri tavoin koko tilaus-toimitusprosessin osalta. Monissa MoGe:n omissa kuin myös alihankkijoiden prosessien osissa tuotannon prosessia valvotaan. Tuotetuista komponenteista pidetään kirjaa ja niiden laatua valvotaan. Näitä kaikkia vaiheita varten on luotu omat ohjeistukset siitä, miten prosessin tulee edetä, miten prosessin laatua ylläpidetään, kuinka tuotettujen komponenttien tarkastaminen tulee hoitaa ja miten testaukset ja mittaukset tulee suorittaa. Myös tuotteiden pakkaaminen sekä toimittaminen asiakkaalle on osa prosessia ja myös sitä tarkkaillaan samoin kuin muista prosessin osista. Myös sähkömoottorityypillä on vaikutus laadunvalvontaan toleranssien ja ohjeistuksien muodossa etenkin silloin, kun puhutaan Ex-luokituksen omaavista sähkömoottoreista.

Tarkkaa dataa kaikista laadunvalvonnan läpikäymistä kaupoista tuotannon lopussa otannan ajalta ei ole saatavilla, mutta laadunvalvonnan tekemiä ilmoituksia voitiin kuitenkin hyödyntää tutkimustuloksissa. Kuviossa 3 esitetyt otannan aikana ilmoituksen virheellisestä datasta oli saanut laadunvalvonnalta 3 % tarkastetuista kaupoista. Läpimenneitä kauppojen positioita ilman laadunvalvonnan tekemää ilmoitusta oli 97 %.



Kuvio 3. Kaikki suunnittelun kautta kulkeneet kauppojen positiot ja positiot, joista tehtiin suunnittelulle laadunvalvonnassa ilmoitus.

Kuviossa 4 on esitettynä tarkasteltavien ja tarkastelun ulkopuolelle jätettyjen laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma. Kaikista laadunvalvonnan tekemistä ilmoituksista vain 1 % koski arvokilpien merkintöjä.

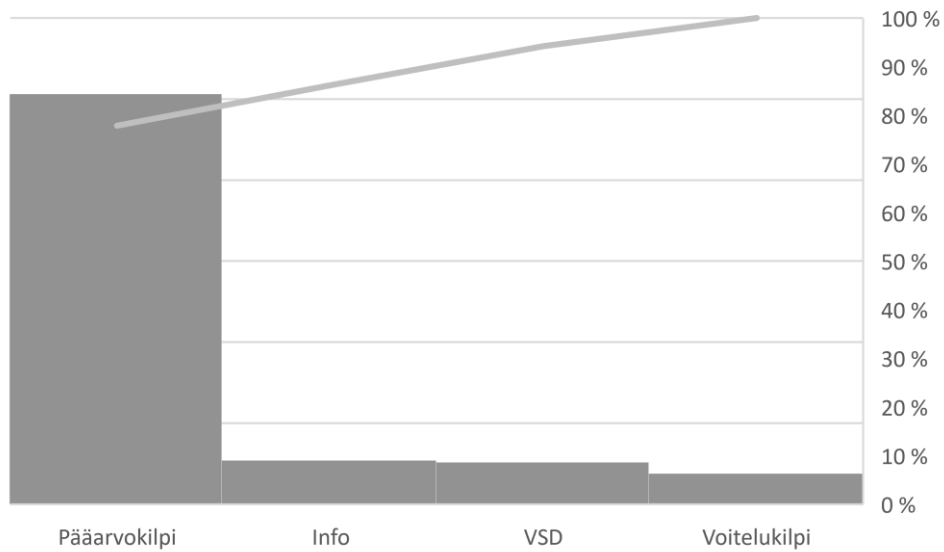


Kuvio 4. Tarkastelun ulkopuolelle jätetyt laadunvalvonnan ilmoitukset sekä tarkasteluun otetut laadunvalvonnan ilmoitukset.

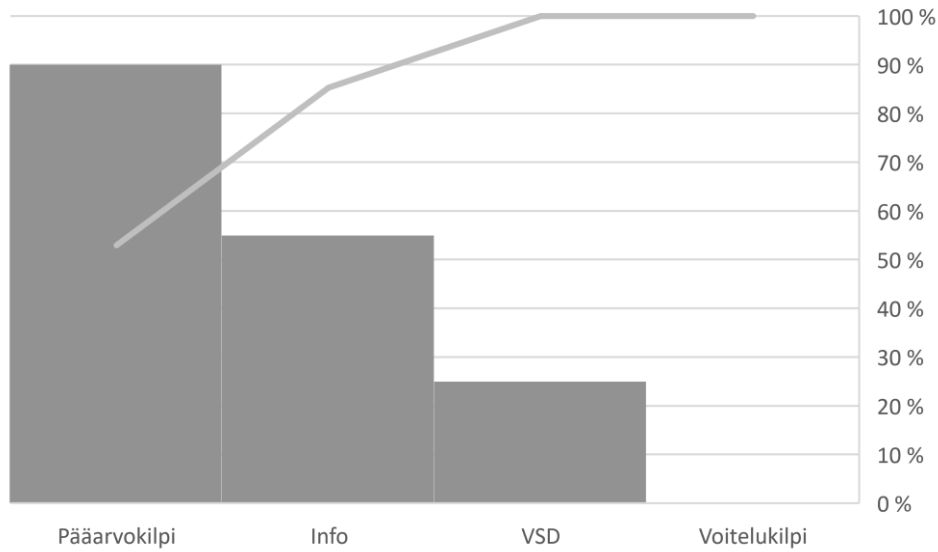
Laadunvalvonnan kautta esiin tulevien arvokilpien merkintävirheiden suhteellinen osuus (301 ppm) on siis huomattavasti pienempi, kuin reklamaatioiden kautta tulevien tapausten suhteellinen osuus (4 880,6 ppm).

7.3 Virheet arvokilven tyypin mukaan

Kuvassa 16 on esitetty reklamaatioiden ja kuvassa 17 laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma arvokilven tyypin suhteen. Tiedot on jaettu pääarvo-, informaatio-, taajuusmuuttaja- ja voitelukilpiin. Tutkimuksessa huomattiin, että reklamaatioissa sekä laadunvalvonnan ilmoituksissa suuri osa tapauksista esiintyi pääarvokilvellä. Reklamaatiotapauksissa pääarvokilpeä koski yhteensä 78 % kaikista tapauksista ja laadunvalvonnassa tapauksia oli 53 %.



Kuva 16. Arvokilpien reklamaatioiden jakauma arvokilven mukaan.



Kuva 17. Laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma arvokilven mukaan.

Arvokilpivirheitä esiintyi määrällisesti enemmän kuin reklamaatioita yhteensä johtuen siitä syystä, että saman virhe voi esiintyä samalla sähkömoottorilla usealla eri kilvellä. Esimerkiksi laakerivirhe voi esiintyä sekä pääarvokilvellä että voitelukilvellä.

Muilla arvokilvillä oli selvästi vähemmän tapauksia otantavälillä verrattuna pääarvokilpien reklamaatioihin ja laadunvalvonnan ilmoituksiin. Huomioitavaa kuitenkin on, että pääarvokilpi on aina mukana jokaisessa myydyssä sähkömoottorissa. Tällöin määrällisesti niitä on myös eniten verrattuna muihin arvokilpiin.

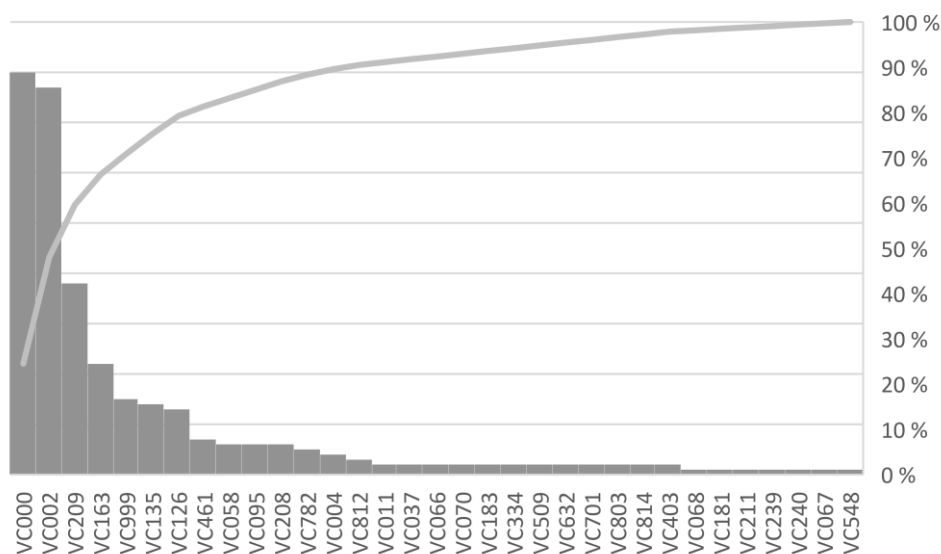
Informaatioarvokilpiin liittyviä reklamaatioita oli 8 %, kun taas taajuusmuuttajan arvokilvissä oli 8 % ja voitelukilvissä 6 %. Laadunvalvonnassa tuli esiin pääarvokilpitapausten lisäksi infokilpeen liittyviä tapauksia 32 % sekä taajuusmuuttajakäytön arvokilpiin liittyviä 15 %. Laadunvalvonnassa ei havaittu yhtään voitelukilpeen liittyvää tapausta (0 %).

7.4 Varianttikoodien yleisyyden vaikutus virheiden jakaumaan

Tässä luvussa tarkastellaan millaisia varianttikooodeja asiakkaat ovat tilanneet sähkömoottoreiden kanssa. Arvokilpien merkintävirheet yhdistetään jatkossa tässä vaikuttavaan varianttikoodiin, mikäli oikea varianttikoodi on tilauksella vaikuttamassa. Muissa tapauksissa virhe yhdistetään yleiseksi virheeksi kuvitteellisen varianttikoodin VC000 alle.

7.4.1 Reklamaatioiden varianttikoodien jakauma

Tarkastellaan, toistuvatko jotkin varianttikoodit erityisesti reklamaatioissa. Reklamaatioiden jakauma varianttikoodien suhteen on esitettyä kuvassa 18. Koska kaupan positiolla voi yhtä aikaa olla useampi varianttikoodi, poikkeavat alla esitetyt varianttikoodien tulokset muiden tarkastelujen tuloksista.



Kuva 18. Arvokilpien reklamaatioiden jakauma vaikuttavan varianttikoodin mukaan.

Kuvan 18 mukaisesti otannan arvokilpimerkintöjä koskevista reklamaatiotapauksista havaittiin 33 erilaista, virheeseen vaikuttavaa varianttikoodia. Lähes neljäsosa kaikista reklamaatioiden varianttikoodivirheistä voidaan osoittaa varianttikooodeille VC000 (24 %). VC000 kuvaa virhettä, jossa tarvittavaa tai vaikuttavaa varianttikoodia ei löydy kaupan positiolta sen oikeanlaisen toteutuksen mahdollistamiseksi. Kuitenkin näissä tapauksissa

VC000 -virheet voitiin yhdistää johonkin muista 32 varianttikoodista ja sen puuttumiseen kaupan positiolta.

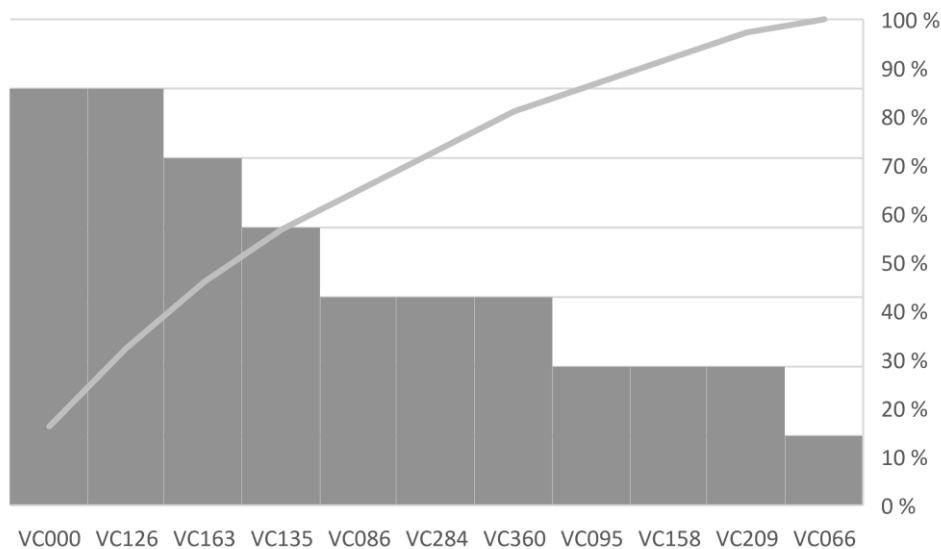
Varianttikoodi VC000:n lisäksi toinen neljäsosan kaikista reklamaatioista ilmeni varianttikoodi VC002:n kanssa (24 %). Kolmanneksi eniten virheitä esiintyi varianttikoodi VC209 kanssa, johon liittyviä reklamaatioita oli yhteensä 12 %. Muut otannassa esille tulleet ja huomiota kiinnittäneet varianttikoodit olivat VC163 (7 %), VC999 (5 %), VC135 (4 %) sekä VC126 (4 %). Loput varianttikoodit jakautuivat tasaisesti 2 % ja 1 % välille kappalemäärien ollessa yksittäisiä tapauksia.

Tutkimustulosten helpon ja informatiivisen luettavuuden kannalta rajataan jatkossa varianttikoodien tutkimustulos koskemaan kahdeksaa merkittävintä varianttikoodia. Nämä ovat: VC000, VC002, VC209, VC163, VC999, VC135, VC126 ja VC095. Tällä rajauksella saadaan katettua 82 % varianttikoodin sisältävistä reklamaatioista. Näiden lisäksi valittiin mukaan VC095, koska kyseisen varianttikoodin tilaus- ja suunnitteluprosessi on hyvin samankaltainen varianttikoodien VC002 ja VC209 kanssa.

Esitetään seuraavaksi muutamien yleisten varianttikoodien kuvauksia. VC002 on jännitteen, taajuuden sekä tehon uudelleenleimaaminen jatkuvassa käytössä. VC209 on ei-standardi jännite tai taajuus, erikoinen käämitys. VC163 on taajuusmuuttajakäytön arvokilpi. VC999 on tapaukset, joita muut varianttikoodit eivät kuvaa. VC135 on ruostumattoman tyyppikilven kiinnitys. Varianttikoodi VC126 on tagikilpi. Varianttikoodi VC095 on tehon uudelleen leimaaminen (ylläpidetty jännite ja taajuus), ajoittainen käyttö.

7.4.2 Laadunvalvonnan ilmoitusten varianttikoodien jakauma

Tarkastellaan, toistuvatko jotkin varianttikoodit erityisesti laadunvalvonnan ilmoituksissa. Laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma varianttikoodien suhteen on esitettyä kuvassa 19. Koska samalla kaupan positiolla voi yhtä aikaa olla useampi varianttikoodi, poikkeavat alla esitetyt varianttikoodien tulokset muiden tarkastelujen tuloksista.

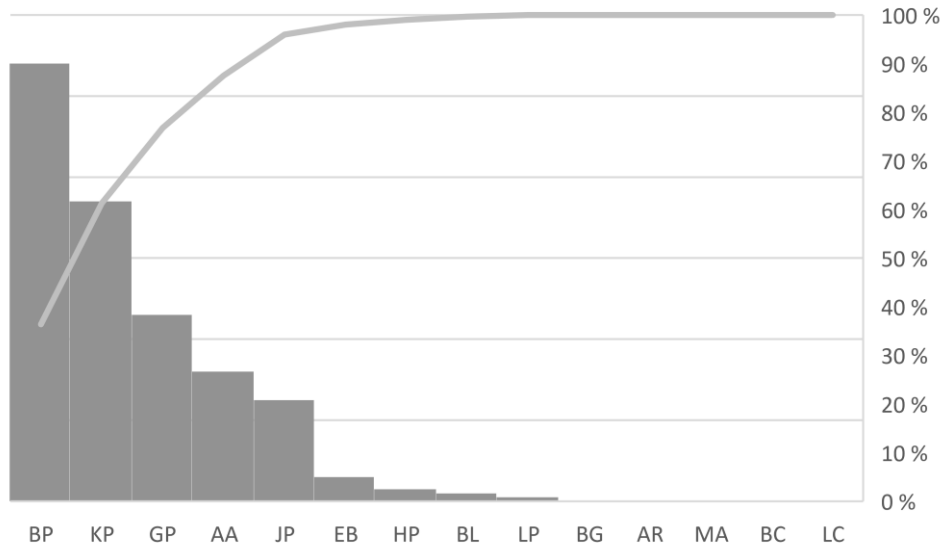


Kuva 19. Laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma vaikuttavan varianttikoodin mukaan.

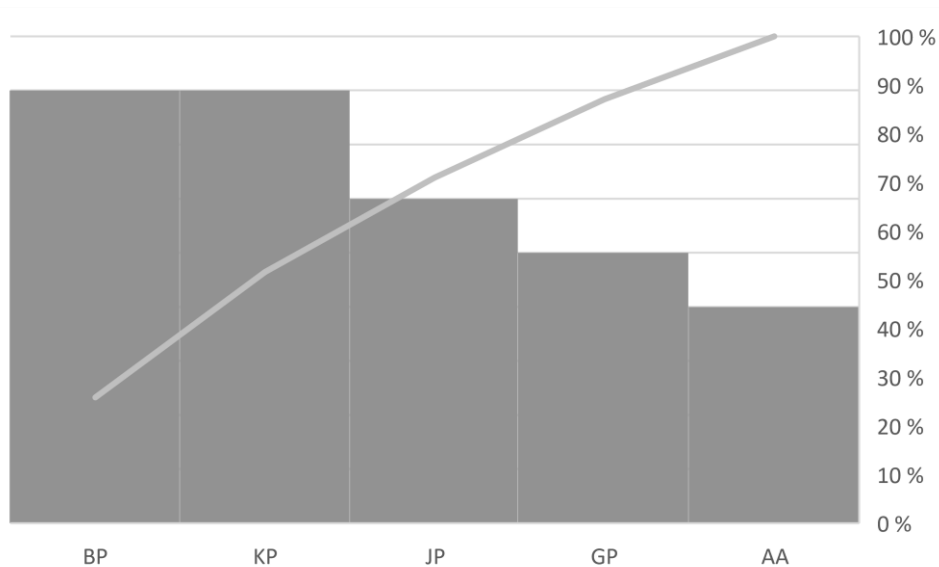
Kuvan 19 mukaisesti laadunvalvonnan ilmoituksesta 16 % luokiteltiin varianttikoodin VC000 alle. Myös verrattuna arvokilpimerkintöjen reklamaatioihin, laadunvalvonnan ilmoitukset varianttikoodin mukaan olivat prosentuaalisesti jakautuneet tasaisemmin. Eniten ilmoituksia tuotti varianttikoodi VC126 (16 %), VC000 (16 %) ja VC163 (14 %). Neljänneksi eniten ilmoituksia teetti VC135 (11 %). Varianttikodeilla VC086, VC283 ja VC360 oli jokaisella 8 % osuus tapauksista. Varianttikodeilla VC095, VC158 ja VC209 oli jokaisella 5 % kaikista tapauksista ja viimeisenä VC066 vastasi 4 % tapauksista.

7.5 Sähkömoottorityypin vaikutus virheisiin

Tutkitaan seuraavaksi arvokilpien ja varianttikoodien lisäksi, oliko sähkömoottorityypillä ja runkokoolla vaikutusta reklamaatioihin ja laadunvalvonnan ilmoituksiin. Kuva 20 esittää reklamaatioiden ja kuva 21 laadunvalvonnan ilmoitusten jakauman sähkömoottorityypin mukaan.



Kuva 20. Reklamaatioiden jakauma sähkömoottorityypin mukaan.



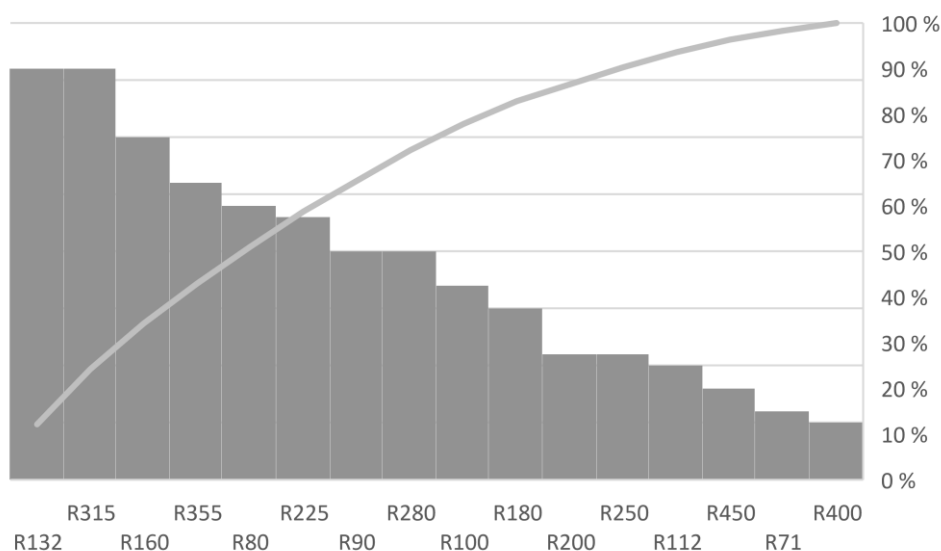
Kuva 21. Laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma sähkömoottorityypin mukaan.

Sekä reklamaatio- että laadunvalvontailmoituksissa suurin osa tapauksista koski BP-moottoreita. Reklamaatiotapauksia oli 36 % ja laadunvalvonnan ilmoituksia 26 %. Toiseksi eniten ongelmia oli KP-sähkömoottorien kanssa, jossa reklamaatiotapauksia oli 25 % ja laadunvalvontailmoituksia 26 %. JP-sähkömoottorit korostuivat laadunvalvon- nassa, jossa niihin liittyviä tapauksia oli 19 %, kolmanneksi eniten. Kuitenkin reklamaa- tioiden osalta JP-sähkömoottorit olivat vasta viidentenä (8 %).

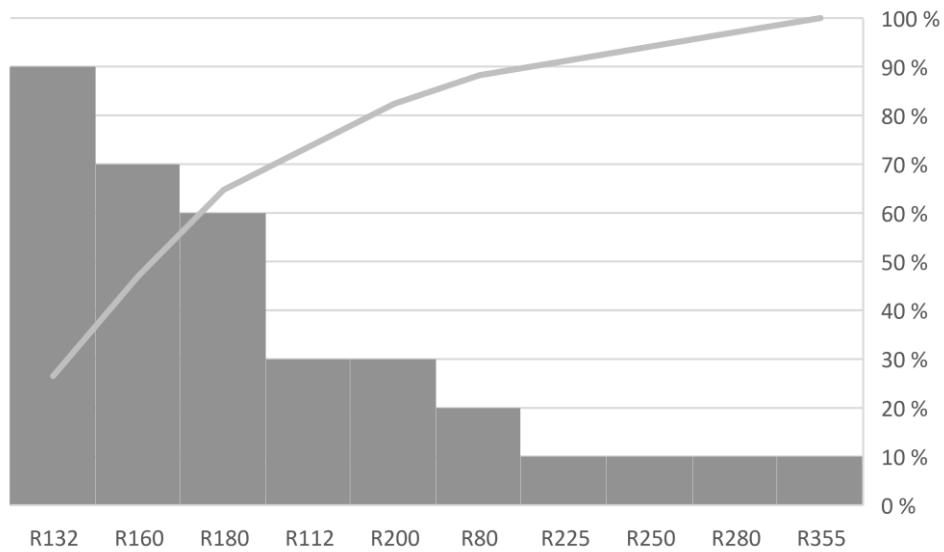
Reklamaatiotapauksissa GP-moottoreilla havaittiin kolmanneksi eniten tapauksia (16 %). AA-moottoreilla tapauksia oli yhteensä 11 %. Laadunvalvonnessa GP-sähkömoottorien tapauksia oli 16 % ja AA-sähkömoottorien tapauksia 13 %.

7.6 Runkokoon vaikutus virheisiin

Seuraavaksi tutkimuksessa haluttiin vastaus myös sille, vaikuttaako jokin runkokoko eri- tyisesti reklamaatioihin ja laadunvalvonnan ilmoituksiin. Reklamaatioiden jakauma run- kokoon suhteen on esitettyä kuvassa 22 ja laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma runko- koon suhteen kuvassa 23.



Kuva 22. Reklamaatioiden jakauma sähkömoottorin runkokoon mukaan.



Kuva 23. Laadunvalvonnan ilmoitusten jakauma sähkömoottorin runkokoon mukaan.

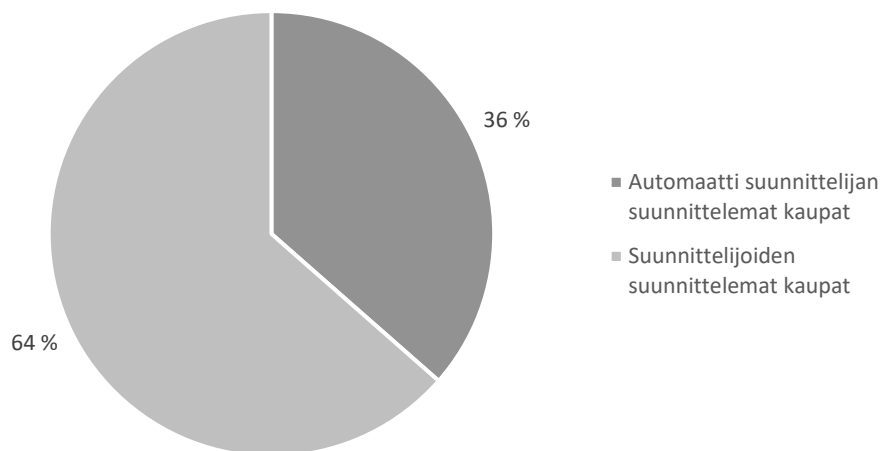
Otannassa tutkituista reklamaatiotapauksissa ei yksikään runkokoko noussut selvänä piikkinä, vaan tapaukset levittäytyivät usealle runkokoolle melko tasaisesti. Näin tapahtui myös laadunvalvonnan tekemille ilmoituksille. Eniten reklamaatiotapauksia (12 %) oli 132- ja 315-runkokoilla. Seuraavina esille nousivat runkokoot 160 (10 %), 355 (9 %) sekä 80 ja 225 (kumpikin 8 %), 90- ja 280-runkokoilla tapauksia oli 7 %, 100:lla 6 %, 180:llä 5 % sekä 200 ja 250:llä 4 %. Loput tapaukset jakautuvat tasaisesti muiden sähkömoottorin runkokokojen kesken.

Reklamaatiotapauksien tasaisesta runkokokojaosta poiketen laadunvalvonnan ilmoituksissa on huomattavissa selvät piikit. Eniten tapauksia oli 132-runkokoolla (26 %), toiseksi eniten tapauksia oli runkokoolla 160 (20 %) ja kolmanneksi eniten 180-koolta, joita oli 18 %. 112 ja 200-runkokoilla oli molemmilla 9 % tapauksista, 80-koolla 6 %. Loput tapaukset jakautuivat tasaisesti muiden sähkömoottori runkokokojen kesken.

7.7 Suunnitteluautomaatin ja suunnittelijoiden vaikutus virheisiin

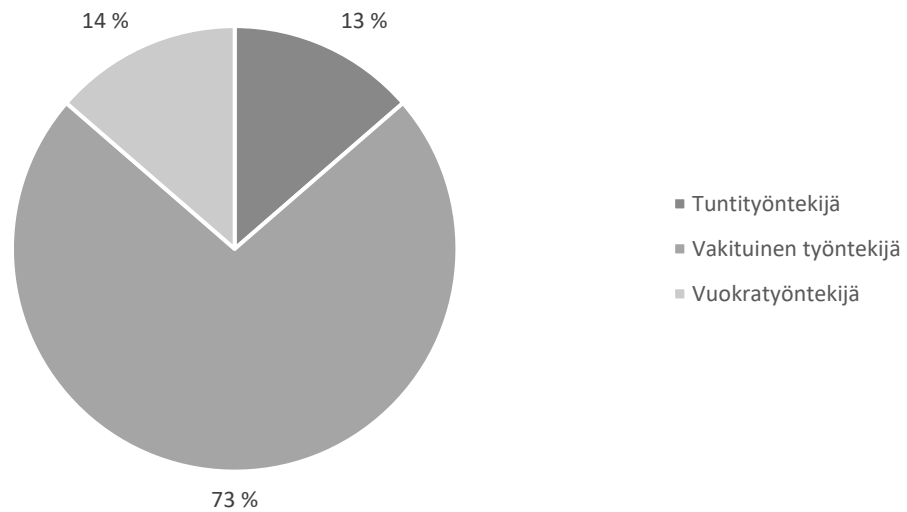
Arvokilpiä koskevien reklamaatioiden ja laadunvalvonnan ilmoitusten takana on siis monia vaikuttavia tekijöitä varianttikooeista sähkömoottorityyppiin ja runkokoon. Virheiden syntymisen syiden selvitys ulottuu kuitenkin syvemmälle ja onkin tutkittava, miten edellä esitetyt virheet ovat päässeet tapahtumaan. Siksi tässä tutkimuksessa selvitetään myös otannan aikana työskennelleiden suunnittelijoiden vaikutus virheisiin ja heidän mahdolliset eronsa, jotka saattaisivat avata virheiden syntymisten syitä.

Tutkimustuloksen hyödyllisyyden ja informatiivisuuden varmistamiseksi tarkasteluun otettiin varianttikoodirajauksella 82 % kaikista arvokilpireklamaatioista. Kaikista suunnittelun kautta kulkeneista kaupan positiosta 36 % oli suunnitteluautomaatin suunnittelema. Loput 64 % oli suunnittelijoiden manuaalisesti suunnittelema. Jakauma on esitetty kuviossa 5.



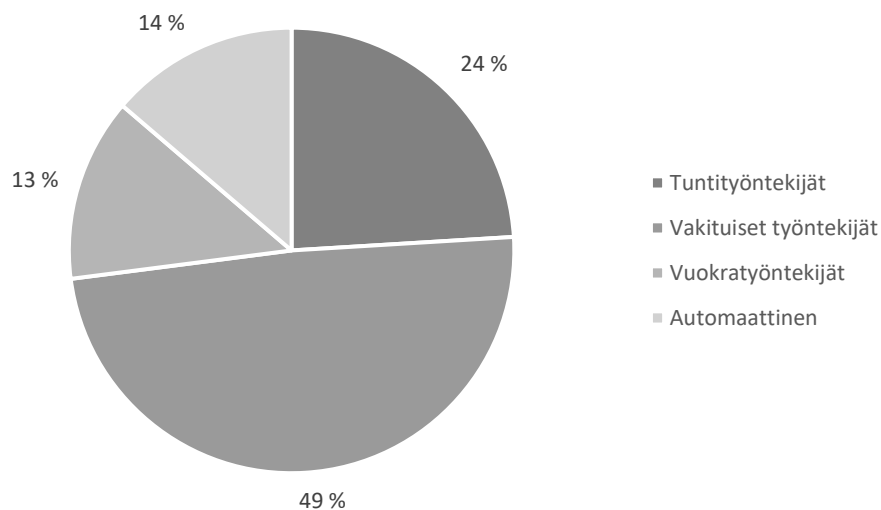
Kuvio 5. Suunnitteluautomaatin ja suunnittelijoiden suunnittelemien kauppojen positioiden jakauma.

Kuvio 6 esittää suunnittelun työntekijöiden jakautumisen työsuhteen mukaisesti. Otannan aikana suunnittelutöitä teki 16 vakituista työntekijää, 3 tuntityöntekijää (max. 18 h /vk) ja 3 vuokratyöntekijää. Näiden työntekijöiden lisäksi kauppojen positiota suunnittelee suunnitteluautomaatti.



Kuvio 6. Suunnittelijoiden jakauma työsuhteen tyypin mukaan.

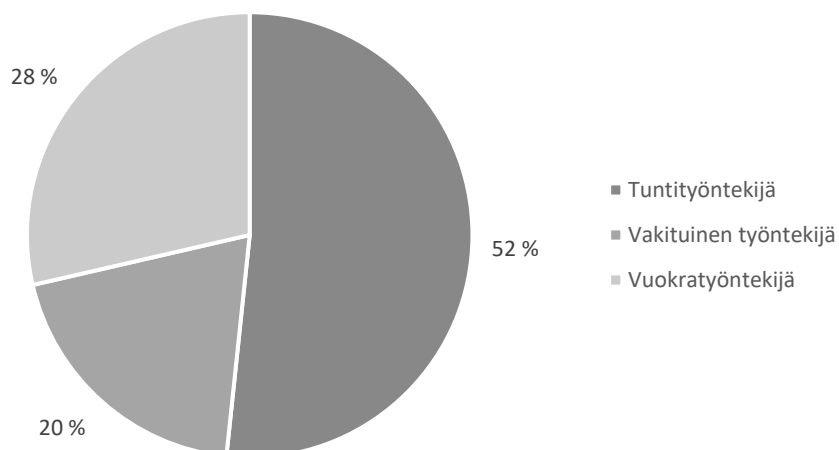
Kuvio 7 esittää tarkasteltavien varianttikoodien reklamaatioiden jakautumisen suunnittelijoiden ja suunnitteluautomaatin välillä.



Kuvio 7. Reklamaatioiden jakauma suunnittelijan tyypin mukaan.

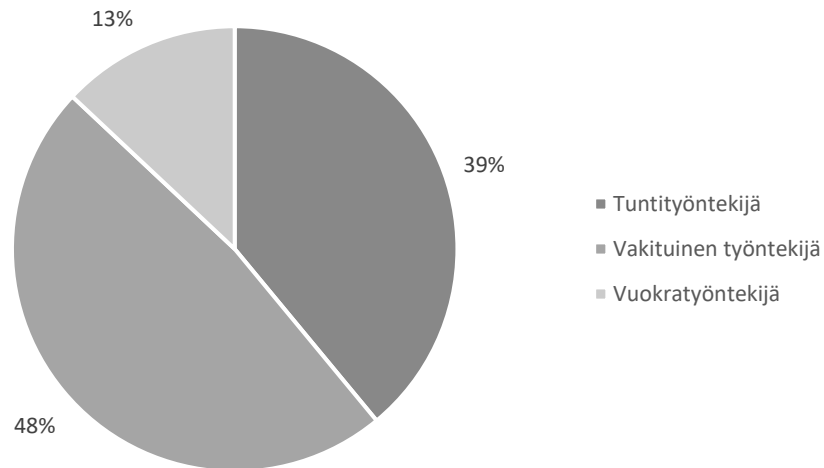
Kaikista tarkasteltavista reklamaatioista suunnitteluautomaatin virheitä oli 14 %. 82 % näistä johtui leimausriveihin kohdistuneista virheistä. Kun suhteutetaan suunnitteluautomaatin virheet otannan aikana kaikkiin suunnitteluautomaatin suunnittelemiin kauppojen positioihin, niin suunnitteluautomaatin virheprosentti oli 0,08 %.

Suunnittelijoiden osuus kaikista reklamoiduista tapauksista oli 86 %. Näistä vakituiset työntekijät vastasivat 49 %, tuntityöntekijät 24 % ja vuokratyöntekijät 13 %. Kuitenkin kuviossa 8 esitetysti voidaan havaita, että eniten virheitä suhteutettuna suunnittelijoiden lukumäärään tekivät tuntityöntekijät (52 %), toiseksi eniten vuokratyöntekijät (28 %) ja vähiten vakituiset työntekijät (20 %). Kuviossa 8 on esitettyä kuinka tarkasteltavien varianttikoodien reklamaatiot jakautuvat, kun ne suhteutetaan työntekijöiden lukumääriin.



Kuvio 8. Reklamaatioiden jakauma suunnittelijoiden lukumäärään suhteutettuna.

Vielä tarkasteltiin reklamaatioiden jakaamaa työntekijöiden tuntimäärän kannalta otannan ajalta. Otannan ajalla on yhteensä 52+18 viikkoa, eli yhteensä 70 viikkoa. Tällä ajalla vuorotyöntekijä sekä vakituinen työntekijä tekevät töitä 37,5 tuntia viikossa, mikä tekee keskimäärin 2625 tuntia otannan aikana. Tuntityöntekijä tekee 18 tuntia viikossa muina aikoina kuin kesällä. Kesällä hän tekee myös 37,5 tuntia viikossa kuten muutkin työntekijät. Tällöin tuntimääräksi otannan ajalla tuntityöntekijälle tulee 1572 tuntia. Missään tapauksessa ei huomioida lomien eikä pyhäpäivien vaikutusta ja tuntityöntekijöiden kohdalla oletetaan myös, että he saavat ja tekevät maksimimäärän työtunteja. Reklamaatioiden jakauma suhteutettuna työtunteihin on esitetty kuviossa 9. Tehtyjen työtuntien määriin suhteutettuna vakituiset työntekijät vastasivat 48 % reklamaatioista, tuntityöntekijät 39 % ja vuokratyöntekijät 13 %.



Kuvio 9. Reklamaatioiden jakauma suunnittelijoiden tuntimäärään suhteutettuna.

Taulukko 2 esittää suunnittelun työntekijöille kohdenneet reklamaatiot suhteutettuna heidän suunnittelemiensa kauppojen positioiden määrään. Six sigman hyvän tuotannon rajojen mukaisesti suunnitteluyksikön tavoite, taso 5 (225 ppm), ylittyy tutkimustuloksissa huomattavasti. Eniten virheitä teki tuntityöntekijät 1 (16 949,2 ppm) ja toiset tunti-työntekijät tekivät tästä määrästä noin puolet vähemmän virheitä; 8 832,2 ppm ja 8 275,9 ppm.

Taulukko 2. Suunnittelun työntekijöille kohdennetut reklamaatiot suhteutettuna heidän suunnittelemiensa positioiden määrään.

Työntekijä	Suhteellinen reklamaatioiden määrä (ppm)
Tuntityöntekijä 1	16 949,2
Tuntityöntekijä 2	8 832,2
Tuntityöntekijä 3	8 275,9
Vakituisen 1	13 223,1
Vakituisen 2	11 152,4
Vakituisen 3	9 925,6
Vakituisen 4	9 003,6
Vakituisen 5	8 547,0
Vakituisen 6	5 808,8
Vakituisen 7	5 336,2
Vakituisen 8	4 860,3
Vakituisen 9	4 284,5
Vakituisen 10	3 696,9
Vakituisen 11	3 514,9
Vakituisen 12	3 331,7
Vakituisen 13	3 273,3
Vakituisen 14	3 065,9
Vakituisen 15	1 415,4
Vuokratyöntekijä 1	6 342,5
Vuokratyöntekijä 2	3 553,1
Vuokratyöntekijä 3	2 132,2

Tuotannon laatutasoa kuvaavat suhteelliset ppm-luvut vakituisten työntekijöiden virheidensä osuuteen suhteutettuna heidän kaikkiin käsittelemiinsä kauppojen positioihin vaihtelivat suuresti. Suurimmillaan vakituisista työntekijöistä virheidensä suhteelliset osuudet olivat 13 223,1 ppm ja 11 152,4 ppm. 15 vakituisesta työntekijästä kahdeksalla virheidensä osuus oli alle 5 000 ppm parhaimmalla vakituisella työntekijällä virheidensä osuuden ollessa 1 415,4 ppm. Vuokratyöntekijöiden osuudet olivat kaikista ryhmittelyistä alhaisimmat, 6 342,5 ppm, 3 553,1 ppm ja 2 132,2 ppm.

8 Pohdintaa metodeista ja tuloksista

Tutkimuksen tavoitteena on teorian, MoGe:n omien laadunvarmistusmenetelmien ja otannassa esille tulleiden reklamaatiotapausten avulla selvittää, millaisia leimausvirheitä sähkömoottoreiden arvokilvillä esiintyy sekä mistä syntyneet virheet johtuvat. Lisäksi haluttiin selvittää, ovatko virheet inhimillisistä tekijöistä riippuvaisia ja miten syntyneitä reklamaatioita voitaisiin jatkossa vähentää.

Tutkimusongelmiin teoriapohjan kautta perehdyttäessä voidaan todeta, että MoGe käyttää monipuolisia keinoja laadun varmistamiseksi ja syntyneiden virheiden välttämiseksi. Näistä erityisesti ISO 9001 -laatustandardijärjestelmä ja Lean Six Sigma -ideologia toimivat aktiivisina suuntaviivoina. Kuitenkin laadunvalvonnan työkaluista ja -metodeista esimerkiksi Scrum on vielä hyvin vähän hyödynnetty kehitystyökalu. Tämän selitykseksi voidaan kuitenkin mainita Scrumin vaatimat nopeat toimenpiteet ja ratkaisuaajat, joita iso ja globaali yritys ei kaikissa päätöksenteoissa voi toteuttaa. Tiimikohtaisena kehitystyökaluna ja virheiden korjaajana Scrumia voidaan kuitenkin hyödyntää.

MoGe:n toimintatavoista voidaan myös havaita, että sähkömoottoreiden, kauppojen positioiden ja muutosten tiedot liikkuvat monien eri järjestelmien ja ohjelmien kautta. Eri varianttikoodit voivat vaikuttaa toisiinsa ja saadun datan sisältöön, ja näin ollen etenkin muutostöissä tiedon siirtyminen ja korjaaminen oikeisiin paikkoihin on erityisen tärkeää. Informaationkulku järjestelmien, suunnittelijoiden ja muiden tilaus-toimitusketjussa työskentelevien henkilöiden välillä on siis varmistettava. Koska lähes kaikki virheet johtuvat tutkimusten mukaan inhimillisestä virheestä, johtaa automaation puute näissä työvaiheissa vääjäämättä virheiden syntymisen riskiin. MoGe:n erilaisia sähkömoottoreiden arvokilpiä ja niiden sisältämiä tietoja tutkittaessa huomataan, että lähes kaikissa kilvissä jotkin tiedot on laskettava, muutettava tai tarkistettava manuaalisesti. Tällöin riskeinä ja hukan mahdollistajina ovat työntekijän kokemattomuus, laskentavirheet, vääränlaiset muutokset ja tarkastamisen unohtaminen.

Tehty tutkimus tukee teorian pohjalta tehtyjä huomiota. Yli vuoden mittaiselta aikajaksolta otetusta otannasta havaitaan, että hyvin pieni osa suunnittelun läpi menneistä

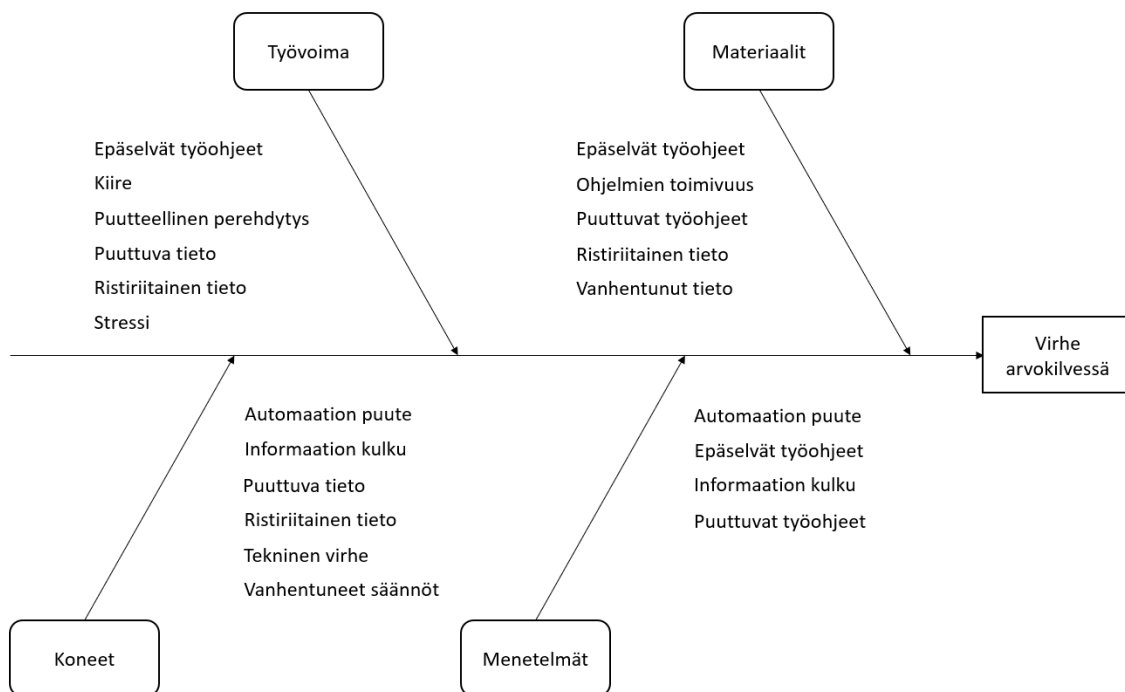
kauppojen positioista reklamoitiin eli sisälsi asiakkaan näkökulmasta virheen. Lisäksi hyvin pieni osa kauppojen positioista sai laadunvalvonnassa huomautuksen vääränlaisesta rakenteesta tai arvokilpien merkinnöistä. Nykyisellään MoGe:n tilaus-toimitusprosessi ja hukan minimoiminen ovat suhteellisen hyvin onnistuneet. Kuitenkin otannassa esiintyneistä reklamaatioista voidaan havaita selviä tilanteita ja muuttujia, joissa hukkaa erityisesti esiintyy.

Tutkimustuloksia tarkasteltaessa voidaan huomata, että suunnittelulle suunnatuista reklamaatioista lähes puolet koskivat arvokilpien virheellisiä merkintöjä. Laadunvalvonnan ilmoituksista näitä oli vain murto-osa. Pääarvokilvillä esiintyi eniten virheellisiä merkintöjä, toiseksi eniten informaatiokilvillä ja kolmanneksi eniten virheitä tapahtui taajuusmuuttajakäytön arvokilpien kanssa. Vähiten reklamaatioiden ja sekä laadunvalvonnan ilmoituksia arvokilpityypin mukaan oli voitelukilvellä.

Tarkasteltaessa arvokilpien tietoihin vaikuttavia varianttikoodeja voidaan todeta, että suurin osa virheistä koski varianttikoodeja VC002, VC095 sekä VC209, jotka vaikuttivat pääarvokilven leimausrivien valintaan. Näillä varianttikoodeilla on näin ikään myös vaikutus pääarvokilvellä oleviin hyötysuhteisiin sekä sähkömoottorin IE-luokitukseen. Seuraavaksi eniten ilmeni virheitä varianttikoodeissa VC163 ja VC999, jotka vaativat suunnittelijalta manuaalisia toimenpiteitä. Kun tarkastellaan sähkömoottorityypin vaikutusta reklamaatioihin sekä laadunvalvonnan ilmoituksiin, huomataan, ettei sähkömoottorityypillä ollut vaikutusta reklamaatioiden suhteen. Samoin runkokoon vaikutusta reklamaatioihin sekä laadunvalvonnan ilmoituksiin ei ollut, lukuun ottamatta runkokokoja 280, 315 sekä 355. Myöskään asiakkuudella ei ollut vaikutusta reklamaatioihin.

Tutkittaessa suunnittelijan vaikutusta reklamaatioihin havaitaan, että tuntityöntekijöiden pienestä lukumäärästä huolimatta suhteutettuna muihin työntekijäryhmiin, heidän osuutensa reklamaatiotapauksissa oli huomattava. Seuraavaksi eniten virheitä tekivät vuokratyöntekijät. Eniten virheitä tekivät vakituiset työntekijät, ja nämä tapaukset olivat jakautuneet tasaisesti kaikkien työntekijöiden kesken. Suunnitteluautomaatin tekemiä reklamaatiotapauksia oli otannassa useita, joista lähes kaikki koskivat leimausrivillä ilmenneitä virheitä. Tapaukset jakautuivat tapauksiin, joissa leimausrivejä koskeva varianttikoodi oli mukana ja tapauksiin, joissa liittyvää varianttikoodia ei ollut.

Kuvassa 24 on havainnollistettu tutkimustulosten ja siitä johdettujen johtopäätösten pohjalta syysseurauskaavio. Syysseurauskaavio on pohjana myös kehitysehdotuksille.



Kuva 24. Arvokilpivirheiden syysseurauskaavio.

8.1 Tutkimuksen reliabelius

Tieteellisessä tutkimuksessa tavoitteena on pyrkiä mahdollisimman virheettömään tutkimuksen lopputulokseen. Silti tulosten luotettavuus ja virhemarginaali voivat vaihdella tutkimuksessa esiintyvien tekijöiden takia. Tästä syystä tutkimuksen luotettavuutta tulee aina tarkastella pohtivan otteen lisäksi myös kriittisesti. Luotettavuuden arvioinnissa käytetään reliabeliuden käsitettä, joka kuvastaa, miten toistettava tutkimustulos on. Heikko reliabiliteetti seuraa yleensä virheistä, jotka joko tutkimuksen tekijä tai tutkittavan otannan edustajat tekevät (Hirsjärvi 2009, 231–233).

Tutkimukseen valittu otanta on kerätty MoGe:n tietokannoista ja kaikki reklamaatio- ja laadunvalvontatapaukset ovat nähtävillä ja kerättävissä näistä lähteistä.

Otannan tarkasti merkitty alku- ja loppuaika ja tutkittavaksi valikoitu data on määritelty selvästi ja tutkimuksesta on karsittu sellaiset tiedot ja tapaukset, jotka eivät koske arvokilpien merkintöjä. Otannassa esiintyvien kauppojen positioiden ja tapausten sisällön on lisäksi läpikäynyt ja varmistanut suunnitteluosaston esimies sekä työn ohjaaja ja saatuja tuloksia on kuukausittaisissa palavereissa heijastettu muihin tietoihin virheiden välttämiseksi. Tutkimuksessa ja sen tuloksissa ei ole ilmennyt ristiriitoja vastausten tai toisiaan heijastavien tulosten osalta. Lisäksi saatu tulos vastaa työn teoreettista kokonaisuutta. Voidaan siis todeta, että tutkimus täyttää reliaaabeliuden kriteerit datan osalta.

8.2 Tutkimustulokseen ja virheisiin vaikuttavat tekijät

Tutkimuksen reliaaabelius ei kuitenkaan poissulje mahdollisuutta, että jotkin muuttujat voivat vaikuttaa tutkimuksessa esiintyvän datan laatuun tai esiintyvyyteen. Johtopäätöksiä tehdessä onkin tärkeää myös pohtia, mitkä syyt voivat vaikuttaa tiettyjen tulosten ja virheiden syntymiseen.

Koska tutkimuksessa keskityttiin vain reklamaatioihin ja laadunvalvonnan havaitsemiin tapauksiin, ei tutkimustulosta voida pitää absoluuttisena totuutena verratessa lukuja kaikkiin suunnittelun läpi menneisiin kauppojen positiioihin. Tutkimuksen ulkopuolelle on jätetty esimerkiksi notifikaatiot, jotka on jouduttu ja ehditty korjata ennen loppuasiakkaalle päätymistä.

Pääarvokilvillä esiintyi eniten virheellisiä merkintöjä, mutta jokaisessa myydyssä sähkömoottorissa on aina mukana pääarvokilpi. Tällöin niiden määrä muihin arvokilpityyppeihin verrattuna on otannassa huomattavasti suurempi ja ymmärrettävästi myös virheitä esiintyy kilven kanssa suhteessa useammin. Tämän lisäksi pääarvokilpi sisältää muihin arvokilpityyppeihin verrattuna eniten tietoa sähkömoottorista, jolloin virheen riski on myös suurempi.

Informaatiokilpien vaikutus reklamaatioihin voidaan osittain selittää sillä, että erilaisia informaatiokilpiä on määrällisesti enemmän muihin arvokilpityyppeihin verrattuna. Osa näistä kilvistä täydentyy automaattisesti asiakkaan antamien tietojen mukaan, loput

suunnittelijan täytyy täydentää manuaalisesti. Myös taajuusmuuttajakäytön arvokilvissä virheisiin on suuri riski, sillä suunnittelija joutuu usein laskemaan manuaalisesti arvokilven tiedot sekä täydentämään tulokset käsin. Tutkimustuloksia läpikäydessä huomattiin lisäksi, että arvokilpien merkintöjen reklamaatioissa ja laadunvalvonnan ilmoituksissa havaittu suuri ero johtui muun muassa nykyisestä, puutteellisesta tarkastusohjeistuksesta arvokilpien informaation suhteen.

Voitelukilpien vähäisiä reklamaatioita voidaan selittää sillä, että suunnittelija joutuu harvoin täydentämään tietoja manuaalisesti, jolloin silmämääräinen tarkastus arvokilvestä riittää. Yleisimmät virheet näissä arvokilvissä koskivat sähkömoottorin asennusasentoa tai laakeritietoja. Lisäksi on huomioitava, että joissain tapauksissa, kuten laakerivirheissä, reklamaation aiheuttanut virhe pystyi olemaan samaan aikaan pääarvokilvellä ja voitelukilvellä. Tuolloin reklamaatioita on vain yksi kappale, mutta tutkimustuloksissa tulos näkyy kahtena arvokilpiä vertailtaessa.

Tarkasteltaessa arvokilpien virheitä varianttikoodien mukaan voidaan huomata, että kaikki tutkimuksessa virhepiikkeinä ilmenneet varianttikoodit ovat yleisiä moottoritalauksissa ja jokainen niistä vaatii joko manuaalista työtä, datan sijoituspaikkoja on useita ja informaation katkokset eri osastojen ja varianttikoodien välillä voivat täten aiheuttaa virheen.

Sähkömoottorityypillä ei ollut vaikutusta reklamaatioihin eikä laadunvalvonnan ilmoituksiin. Yhtenä syynä voidaan mainita, että reklamaatioiden suhde myytyjen sähkömoottoreiden määrään pysyi suhteellisen tasaisena jokaisen sähkömoottorityypin kohdalla. Näiden lisäksi sähkömoottorityypin vaikutukset pääarvokilvellä ovat tyyppikohtaisia ja nämä tiedot täydentyvät pääasiallisesti automaattisesti, kuten esimerkiksi sertifikaattisekä IEC- ja Cenelec-merkinnät räjähdysalttiiden tilojen sähkömoottoreissa.

Tarkasteltaessa sähkömoottoreiden runkokoon vaikutusta reklamaatioihin kolmessa runkokokoossa suurin osa virheellisistä tapauksista voitiin yhdistää varianttikoodien VC002, VC095 ja VC209 virheisiin tai vastaaviin tapauksiin, joissa virhe koski leimausrivejä. Suunnittelun kannalta runkokoolla ei ole vaikutusta reklamaatioihin ja laadunvalvonnan ilmoituksiin, sillä tieto, johon kyseinen parametri vaikuttaa, on lähinnä

sähkömoottorin rakenne. Tätäkin voidaan muokata varianttikoodien avulla, mutta rakenteelliset tiedot arvokilvellä täydentyvät suunnittelussa automaattisesti, kuten laakerit sekä asennusasento.

Inhimillisten virheiden syntymisen riski on suurin niillä työntekijöillä, jotka eivät työskentele MoGe:n suunnittelussa kokoaikaisesti. Tuloksiin vaikuttavat kuitenkin suunnittelijoiden kohdalla muun muassa tuntityöntekijöiden vaihteleva työn määrä verrattuna muihin työntekijäryhmiin, vakituisten työntekijöiden lomat sekä kesätyöntekijöiden ja vuokratyöntekijöiden työsuhteen pituus. Tästä voidaan kuitenkin päätellä, että tuntityöntekijöillä on entistään suurempi riski tehdä virheitä kuin muilla, sillä he suunnittelevat pienemmän määrän kauppojen positioita, mutta kuitenkin ovat vastuussa suurimmasta osasta arvokilpien virheitä. Mielenkiintoista oli myös se, että pisimpään työskennelleillä tuntikeräilijöillä oli eniten reklamaatioita, mutta myös eniten suunniteltuja kauppojen positioita. Tästä syystä on mahdollista, että kokeneempien tuntikeräilijöiden kauppojen positiot ovat haastavampia suunnitella oikein ja siten ovat alttiita virheille.

Tätä dataa tarkasteltaessa on kuitenkin huomioitava, että tutkimuksessa keskityttiin vain reklamaatioihin. Tutkimus ei ota kantaa siihen, onko virhe ollut alun perin suunnittelijan itse tekemä vai seurausta virheellisestä datasta, joka suunnittelijan oikeaoppisesta työskentelystä huolimatta on päätenyt loppuasiakkaalle. Lisäksi tutkimuksessa ei syvennytty selvittämään, johtuvatko inhimilliset virheet esimerkiksi puutteelliseksi koetusta perehdytyksestä, ohjeistuksesta tai monimutkaisista järjestelmistä.

9 Kehityssuositukset ja tulevaisuus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on luoda MoGe:lle hyötyä arvokilpiä koskevien virheiden syiden selvittämiseksi ja antaa työkaluja ilmenneiden hukkien poistamiseen. Koska tutkimustuloksessa havaitut virheet ja ongelmat johtuivat manuaalisen työn määrästä, puuttuvasta datasta, epäselvistä tiedoista, epäselvistä ohjeistuksista sekä kokemattomuudesta, pyritään toimenpidesuosituksilla vähentämään hukan määrää näitä pullonkauloja poistamalla.

Lisäksi toimenpiteissä pyritään korjaamaan inhimillisille virheille altistavia tekijöitä. Kehitysehdotukset arvokilpien suunnittelun eri osiin ja tekijöihin voidaan kiteyttää työntekijöiden työskentelytapojen parantamiseen ja tiimin sisäiseen kehitystyöhön, laadunvalvonnan kattavuuden tehostamiseen ja ohjelmistojen automatisoinnin kehittämiseen. Monet näistä käsiteltävistä muutoksista vaativat ohjeistusten uudistamista tai uudelleen luomista. Nämä muutokset voidaan toteuttaa Scrum-mallin mukaisesti pienissä ryhmissä lyhyessä ajassa ja näissä muutoksissa voidaan hyödyntää Visual management- sekä Poka Yoke -työkaluja vähentämään virheiden syntymistä.

Scrum-mallia hyödynnettäessä on etenkin suunnittelijoiden, jotka ovat vakituisessa työsuhteessa, käyttö ryhmissä suotavaa, mutta myös vuokra- sekä tuntityöntekijöiden mielipiteet tulisi ottaa huomioon. Näin saadaan monipuolisesti mielipiteitä eri työryhmiltä, miten ohjeistuksia tulisi päivittää. Näin ollen ehdotetuista muutoksista suurin osa ajasta tulee kulumaan muutosten suunnitteluun ja käyttöönottoon. Näiden lisäksi uusien suunnittelulle suunnattujen reklamaatioiden seuraaminen olisi suotavaa. Kun mahdollisia ongelmia prosessissa tulee ilmi myös muiden varianttikoodien kohdalla kuin tässä työssä on käsitelty, voidaan korjaaviin toimiin ryhtyä välittömästi.

9.1 Varianttikoodit VC002, VC095 sekä VC209

Ongelmana varianttikooeissa VC002, VC095 ja VC209 ovat virheelliset leimausrivitiedot pääarvokilvellä sekä virheellisistä hyötysuhteista johtuvat väärät IE-luokitukset. Näillä kolmella varianttikoodilla on suurin prioriteetti muihin tapauksiin verrattaessa prosessia parannettaessa. Nämä virheet johtuivat siitä, että suunnittelija on valinnut pääarvokilpiä luodessaan väärät leimausrivit. Syitä tähän käydään edempänä, kun prosessissa edetään alusta loppuun.

Kun tarkastellaan prosessin parantamista näiden kolmen varianttikoodin osalta, aloitetaan kehityssuosituksien asiakkaasta ja myyntiyhtiöstä. Ohjelmien osalta puolestaan käsitellään muutoksia OMS-järjestelmään sekä MotSize-ohjelmaan. MotSize-ohjelmalla on mahdollista tarkastella sähkömoottorivaihtoehtoja sekä laskea uudelleen leimausrivien tietoja, mikäli asiakas haluaa sähkömoottorin tehon poikkeavan nimellisestä tehosta. Ongelmana on, että MotSize-ohjelma laskee uudet arvot sähkömoottorille, kun taas todellisuudessa uudet leimausrivitiedot lasketaan sähkömoottoreille testitulosten perusteella. MotSize ei osaa hyödyntää näitä tietoja laskelmissaan. Tämä johtaa siihen, että asiakkaat voivat reklamoida pääarvokilpien tietoja sillä oletuksella, että MotSize-ohjelman antamat tiedot ovat olleet oikeita. Korjausehdotuksena on tehdä muutos MotSize-ohjelmaan niin, että todellisten arvojen poikkeavuus ohjelman laskemista arvoista ilmoitetaan käyttäjälle. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi Visual management -työkalua käyttäen (ponnahdusikkunan avulla) ja vielä edistää Poka Yoke -työkalulla niin, että käyttäjän tulee itse sulkea manuaalisesti ponnahdusikkuna.

OMS-järjestelmään ehdotetaan muutoksia informaation siirtoon sekä sen sisältöön. Moinnissa VC002, VC095 ja VC209 varianttikoodien tapauksissa Elapp-suunnitteluohjelmaan tulleet leimausrivitiedot ovat olleet vanhentuneita tai virheellisiä. Syiksi voidaan mainita leimausrivitietojen muuttaminen kaupan position luomisen jälkeen, väärin leimausrivien jättäminen tilaukselle, OMS- ja Elapp-ohjelmien välinen kommunikaation puute sekä leimausrivitietojen jättäminen vajaan.

Mikäli leimausrivitietoja on muutettu kaupan position luomisen jälkeen, uudet tiedot eivät päivyty OMS-järjestelmästä SAP-järjestelmään ja sieltä Elapp-suunnitteluohjelmaan.

Leimausrivitiedot tulevat tilattaessa OMS-järjestelmään automaattisesti, mutta yleisenä käytäntönä myyntiyhtiö ei välttämättä muuta kyseisiä arvoja. Tämän sijaan myyntiyhtiö saattaa ilmoittaa näistä arvoista poikkeavat vaatimukset varianttikoodin ylimääräisellä tekstikentällä. Tämän lisäksi leimausrivitiedot voivat olla vajaita, jolloin OMS-järjestelmä on automaattisesti täydentänyt puuttuvat tiedot usein vääriksi.

Myyntiyhtiöllä on siis mahdollisuus tällä hetkellä muokata kaikkia leimausrivien tietojen osa-alueita ja tällöin myös sillä on kasvanut riski itse aiheuttaa virheitä. Riskinä on myös, että vain osaa leimausrivin tiedoista muutetaan ja muut rivin tiedot jäävät alkuperäisiksi ja näin ollen vääriksi. Tämä voi aiheuttaa hämmennystä tilaus-toimitusprosessin myöhemmissä osissa. Ehdotuksena onkin, että OMS-järjestelmästä poistetaan osa muokkausominaisuuksista. Myyntiyhtiölle tulisi jättää vain mahdollisuus muokata leimausriviltä jännite, kytkentä, taajuus, teho, käyttö sekä IE-luokka. Koska muut leimausrivin arvot perustuvat testituloksiin, on myyntiyhtiön osalta täysin turhaa syöttää ennaikaisesti arvoja OMS-järjestelmään. Mikäli asiakas haluaa tiettyjä sähköisiä ominaisuuksia sähkömoottorilleen, nämä ominaisuudet myyntiyhtiö voi ilmaista mainittujen varianttikoodien vapaalla tekstikentällä tai tietolomakkeen avulla.

OMS-järjestelmässä voidaan myös hyödyntää Visual management- sekä Poka Yoke työkaluja. Mikäli myyntiyhtiö jättää osan tiedoista täydentämättä OMS-järjestelmässä, ilmenee kyseinen puute järjestelmässä punaisena. Tällöin työntekijän huomio kiinnittyy kyseiseen virheeseen. Lisäksi estetään tietojen tallentaminen ja kaupan position eteenpäin siirtäminen, kunnes puuttuva tieto on täydennetty. Tämän kaiken lisäksi OMS-järjestelmän informaation kulkua tulisi muuttaa siten, että leimausrivitietoja muokattaessa ja tallennettaessa päivittyvät uudet arvot myös SAP-järjestelmään. Näin suunnittelijat saavat käyttöönsä viimeisimmät leimausrivitiedot Elapp-suunnitteluohjelmaan arvokilpien luomiseksi ja saadaan vähennettyä oikeiden tietojen tarkastamiseen kuluva aikaa. Mikäli näitä muutoksia tullaan ottamaan käyttöön, on myös myyntiyhtiön työohjeiden päivittäminen tarpeellista. Uusista ohjeista on myös mahdollisuuksien mukaan hyvä pitää keskustelutilaisuus työntekijöiden kesken, jotta nykyinen tilanne sekä uudet muutokset saadaan paremmin työntekijöiden tietoisuuteen ja käyttöön.

Suunnittelua ajatellen varianttikoodien VC002, VC095 ja VC209 kohdalla työntekijöiden perehdyttäminen ja työohjeiden päivittäminen on suotavaa. Tutkimustulosten mukaan noin puolilla työntekijöistä on vielä matkaa Six Sigman mukaiselle tasolle 4, jossa virheiden osuus saa olla korkeintaan 6 210 ppm. Koska tämä koskee kaikkia kolmea tunti-työntekijää, tulee myös uusien työntekijöiden perehdyttämisessä paneutua jatkossa enemmän työntekijöiden perehdyttämiseen näiden varianttikoodien kohdalla. Tämä sisältää myös sen, mistä arvokilvelle leimattavat tiedot löytyvät eri järjestelmistä ja mitkä löytyvistä tiedoista ovat oikeita. Toki, jos OMS-järjestelmän muutoksia otetaan käyttöön, ole-tuksena jatkossa on kaikkien tietojen identtisyys keskenään. Näin vähennetään suunnitte-lussa kuluva aikaa eli hukkaa oikeiden tietojen etsimiseen.

Mikäli ehdotettua OMS-järjestelmämuutosta ei toteuteta, tulee tällöin perehdytyksessä huomioida leimausrivien ilmaisu varianttikoodien vapaalla tekstikentällä. Tämä pitää tehdä siksi, että monissa tarkastelluissa tilanteissa asiakas on halunnut leimattavaksi vain yhden muokatun leimausrivin, mutta koska myyntiyhtiö ei ole poistanut OMS-järjestel-mästä automaattisesti luotuja rivejä, on pääarvokilvelle leimattu useita leimausrivejä yh-den sijaan. Ongelmana tällaisessa toiminnassa voi olla myös sähkömoottorin IE-luoki-tuksen muuttuminen asiakkaan toiveiden vastaiseksi.

Ohjelma- ja toimintamuutoksien myötä myös suunnittelijoiden ohjeistus tulee variantti-koodien osalta päivittää. Uusista työohjeista tulisi myös pitää perehdytys kaikille suunnittelijoille, jotta voidaan yhdenmukaistaa suunnitteluprosessi ja sen toimintatavat koko osaston osalta. Varianttikoodien ohjeistuksen päivityksen lisäksi arvokilpien suunnitte-lusta tulisi luoda vastaava ohje. Tässä ohjeessa kävisi ilmi ne kohdat, joihin eri arvokilpi-tyypeissä suunnittelijan tulisi kiinnittää erityistä huomioita. Lisäksi niissä tulisi käydä läpi ne tiedot, jotka suunnittelijan on tarkastettava ennen arvokilpien hyväksymistä. Näissä korostettaisiin automaattisesti täydentyneiden tai vaihtuneiden tietojen tarkastaminen.

Samoin kuin edellä todetaan OMS-järjestelmän muutoksissa, myös Elapp-suunnitteluoh-jelmassa voidaan hyödyntää Visual management- ja Poka Yoke -työkaluja. Elapp-suun-nitteluohjelman muutos ponnahdusikkunoiden osalta voisi estää jatkossa paremmin vir-heiden etenemisen suunnittelusta asiakkaalle. Tämänhetkisesti Elapp-suunnitteluohjelma antaa kapean punaisen ilmoituksen ohjelman ikkunan yläreunassa, mikäli valitut

leimausrivitiedot poikkeavat OMS-järjestelmän mukaisista tiedoista. Pienen ilmoituksen sijaan ohjelman tulisi antaa varoitus keskeisempään osaan suunnitteluohjelman näyttöä, jolloin suunnittelijan huomio kiinnittyy paremmin virheilmoitukseen. Värin osalta punainen on kelvollinen tähän toimintoon. Muutos kilpien hyväksymiseen varatulle näppäimelle olisi myös suotavaa. Vahvistusnäppäin voidaan muokata vaihtamaan väriä vihreän, keltaisen ja punaisen välillä, mikäli arvokilvistä puuttuu pakollista tietoa tai, kuten edellä, jotkin tiedot ovat ristiriidassa OMS-järjestelmän tietojen kanssa. Tätä lähestymistapaa voidaan hyödyntää muidenkin varianttikoodien kohdalla, kun arvokilpiä hyväksytään.

Koska myös osa varianttikoodien VC002, VC095 sekä VC209 aiheutuneista reklamaatioista oli peräisin väärästä IE-luokituksesta, pyritään näitäkin tapauksia vähentämään samoin keinoin kuten edellä. Koska myyntiyhtiön työntekijä pystyy nykyisessä ja ehdotetussa parannetussa OMS-järjestelmässä muokkaamaan sähkömoottorille haluttua IE-luokitusta, tehdään korjausehdotus tämän ominaisuuden ympärille. SAP-järjestelmä saa OMS-järjestelmän kautta tiedon, mikä IE-luokitus on valittu tilatulle sähkömoottorille, kun sähkömoottoria käytetään joko 50 tai 60 Hz taajuudella. Tämä näkyy myös suunnittelijalle kaupan position teksteillä. Elapp-suunnitteluohjelma on ohjattu valitsemaan IE-luokitus 50 Hz rivien mukaan, aina kun 50 Hz leimausrivi on valittuna pääarvokilvellä. Mikäli 50 Hz leimausrivejä ei pääarvokilvellä ole, valitaan IE-luokitus 60 Hz mukaan. Muissa taajuustapauksissa IE-luokitusta ei merkitä ja myös sähkömoottorin käyttöluokka vaikuttaa leimataanko IE-luokitus. Ehdotuksena siis onkin, että Elapp-suunnitteluohjelmaan siirretään IE-luokitustiedot muiden leimausrivitietojen mukana SAP-järjestelmästä. Tämän jälkeen, kun suunnittelija on valinnut leimausrivit pääarvokilvelle, Elapp-ohjelma vertaa valittua ja haluttua IE-luokitusta keskenään joko 50 tai 60 Hz mukaan ja käyttöluokka on joko S1 tai S6. Mikäli IE-luokitus eroaa halutusta, ilmoittaa Elapp-suunnitteluohjelma siitä suunnittelijalle. Tässä ilmoittamisessa voidaan käyttää samoja keinoja kuin edellisessä kappaleessa, ponnahdusikkunan sekä värien kautta.

Suurin osa suunnitteluautomaatin virheistä koski leimausrivivirheitä, joihin juuri varianttikoodit VC002, VC095 sekä VC209 vaikuttavat. Toki suunnitteluautomaatin kohdalla olevissa tapauksissa näitä varianttikooodeja ei ollut tilattuna sähkömoottorin mukana. Mutta koska edellä esitetyt korjausehdotukset koskevat juuri tiedonsiirtoa eri

järjestelmien välillä sekä muutoksia tilaus-toimitusprosessissa käytettyihin ohjelmiin, uskon että näillä muutoksilla voidaan myös vaikuttaa suunnitteluautomaattia koskeviin reklamaatioihin. Ehdotetut muutokset pyrkivät parantamaan luotettavuutta järjestelmien välillä sekä estämään mahdollisen väärän tiedon luomisen ja etenemisen myyntiyhtiöltä suunnittelulle, jossa joko suunnittelija tai suunnitteluautomaatti tekee virheen virheellisen tiedon vuoksi.

Koska MoGe:n laadunvalvonta on pyritty vuosien saatossa saamaan mahdollisimman hyväksi, johtaa tarkastamisten lisääminen vain uusiin pullonkauloihin prosessissa. Tämän lisäksi, mikäli arvokilpiä aletaan tarkastamaan laadunvalvonnassa, tulisi prosessi suunnitella uudelleen ja myös ottaa huomioon, miten tarkastajille saataisiin mahdollisimman vaivattomasti arvokilpien oikeat tiedot. Tämä kaikki lisäisi huomattavasti laadunvalvonnan työmäärää, jota pyritään välttämään. Näin ollen paras vaihe tarkastaa arvokilpien oikeanlaisuus on suunnittelussa, jossa kaikki tieto on jo suunnittelijoilla helposti saatavilla ja mahdollisiin virheisiin voidaan heti puuttua ennen kuin arvokilpiä on ehditty tulostamaan. Mikäli virheitä tarkastettaisiin ja havaittaisiin vasta laadunvalvonnassa, aiheutuisi uusien arvokilpien tulostamisesta ylimääräisiä kustannuksia sekä haittaa MoGe:lle. Tämä pätee myös muiden varianttikoodien kohdalla.

Kun tarkastellaan arvokilpivirheiden reklamaatiota ja varianttikoodien VC002, VC095 ja VC209 kehitysehdotuksien avulla saadaan ratkaistua 90 % tapauksista, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 4 880,6 ppm arvoon 3 074,6 ppm. Kun tarkastellaan kaikkia suunnittelulle ohjattuja reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 10 781,6 ppm arvoon 8 975,6 ppm.

9.2 Varianttikoodi VC163

Taajuusmuuttajakäytön arvokilvissä ilmenee ongelmia kaikilla osa-alueilla, joita suunnittelijat joutuvat laskemaan, täydentämään ja muokkaamaan manuaalisesti. Varianttikoodin VC163 kehitysehdotuksien läpivienti on suurin prioriteetti heti varianttikoodien VC002, VC095 sekä VC209 jälkeen.

Koska monet varianttikoodin VC163 ongelmat liittyvät taajuusmuuttajakäytön arvokilvissä inhimillisiin virheisiin, pyritään suunnitteluprosessia automatisoimaan huomattavasti. Tällaiset muutokset koskevat lähinnä suunnittelua, mutta oikean datan syöttäminen OMS-järjestelmään jo prosessin alkuvaiheessa (myyntiyhtiössä) vähentää suunnittelussa korjauksiin vaadittavaa aikaa eli syntyvää hukkaa. Suoraan automatisoitavia kohteita taajuusmuuttajakäytön arvokilvellä voisivat olla kentänheikennyspiste, taajuusmuuttajatyypin, kytkentätaajuus sekä mahdollisuuksien mukaan nopeusalue.

Myyntiyhtiön ohjeistuksia tulisikin muuttaa niin, että osastojen työntekijät ovat tietoisia kyseisten tietojen automatisoinnista ja niiden täydentäminen tulisi siten yhdenmukaistaa. Mahdollisuuksien mukaan myös pudotusvalikkojen käyttö OMS-järjestelmässä estää virheellisten tietojen syöttämisen järjestelmään.

Pudotusvalikot toimivat taajuusmuuttajatyypin sekä etenkin kentänheikennyspisteen kohdalla. Kentänheikennyspisteen osalta vielä taajuus sekä jännite voivat olla omissa pudotusvalikoissaan. Kytkeä voidaan asettaa määräytymään oikeaksi joko sähkömoottorin jännitekoodin mukaan, tai sille voidaan varata oma pudotusvalikko. Kytkeätaajuus voisi tulla automatisoituna määräytymään valitun taajuusmuuttajatyypin mukaan. Nopeusalue tulisi edelleen täydentää manuaalisesti, mutta oikean ohjeistuksen avulla saadaan nämäkin yhtenäistettyä. Tällöin ei ole väliä, tuleeko nopeusalue taajuuksina (Hz) tai sitten pyörimisnopeuksina (rpm). Toki erilliset huomautukset, joita asiakas voi haluta leimattavaksi kilvelle, voidaan jatkossa ilmaista vapaalla tekstikenttäarvolla.

Parannuksia OMS-järjestelmään voidaan tehdä myös Visual management- ja Poka Yoke -työkalujen avulla. Ennen kuin myyntiyhtiö hyväksyy tiedot eteenpäin, OMS-järjestelmä tarkastaa jokaisen kentän ja että kaikkiin kenttiin on tehty valinta pois lukien vapaa tekstikenttä. Mikäli jostain kohdasta puuttuu tietoa, antaa OMS-järjestelmä tästä käyttäjälle varoituksen ponnahdusikkunan muodossa, puuttuvien tietojen kohdat muuttuvat punaisiksi ja prosessin eteneminen estetään. Vahvistaminen onnistuu vasta, kun puuttuvat tiedot ovat käyttäjän osalta täydennetty.

Myyntiyhtiön sekä asiakkaan osalta olisi syytä tehdä myös muutos DriviSize-ohjelmaan, jolla voidaan laskea taajuusmuuttajakäytön arvokilven tiedot. Kuten MotSize-ohjelman

kohdalla, laskennalliset tiedot eivät aina vastaa todellisuutta. Tästä syystä DriveSize-ohjelmaan tulisi luoda ponnahdusikkuna, joka ilmoittaa käyttäjälle tiedon todellisten arvojen eroavaisuudesta ohjelman laskemiin arvoihin.

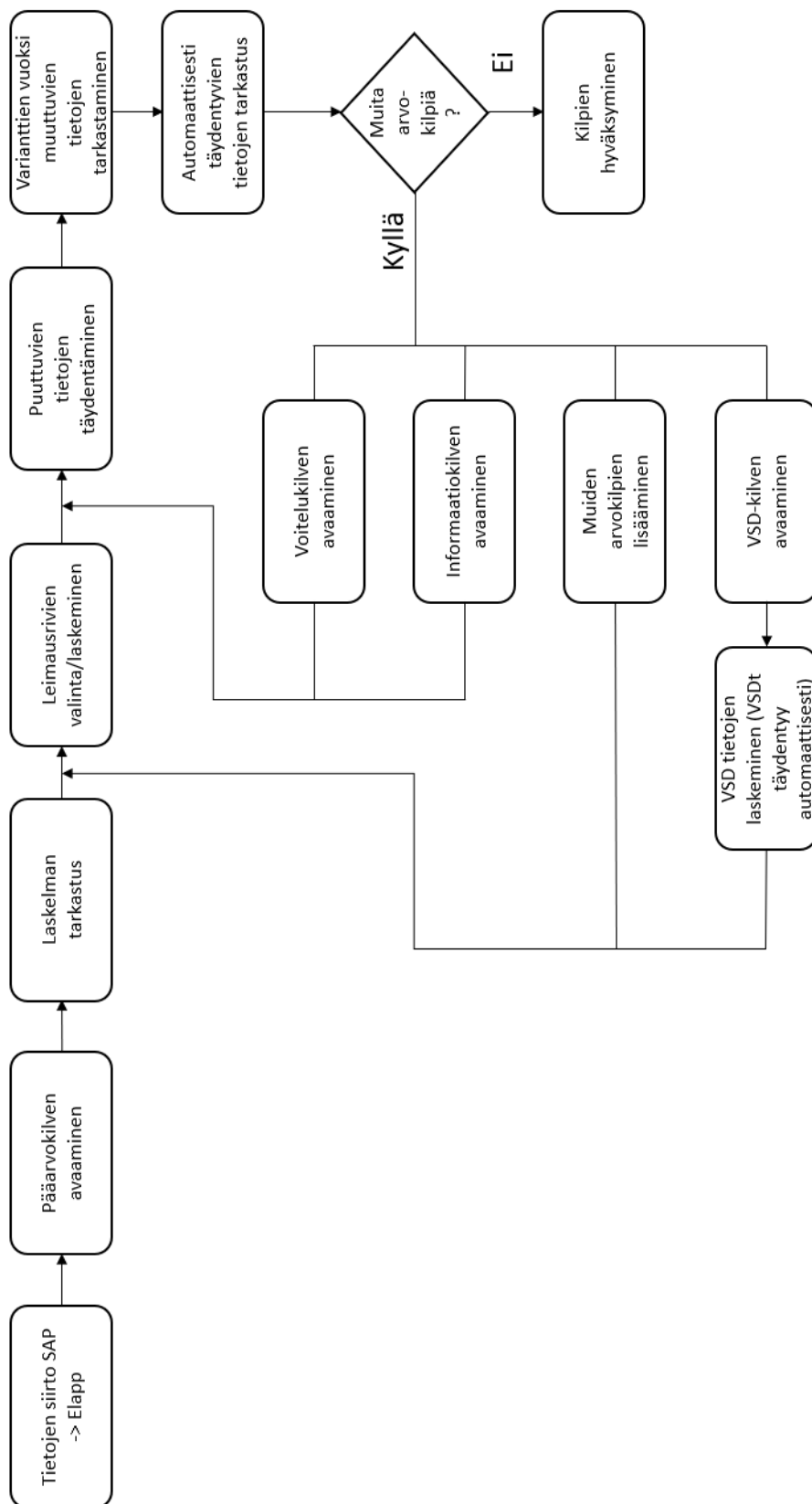
Suunnittelussa suunnittelija laskee arvokilven arvot laskentaohjelmalla ja täydentää tulokset arvokilvelle manuaalisesti. Suunnittelussa yleisesti automatisaation muutokset vaativat Elapp-suunnitteluohjelman päivittämistä niin, että ohjelma osaa automaattisesti täydentää edellä mainitut arvokilven kohdat OMS-järjestelmän tietojen perusteella. Lisäksi tarvitaan muutos arvokilven tietojen syöttämiseen arvokilvelle.

Ehdotetussa parannuksessa arvokilven arvot lasketaan jatkossa edelleen laskentaohjelmalla, mutta muutoksena lasketut arvot siirretään laskentaohjelmasta tietokantaan ja kyseinen leimausrivi valitaan taajuusmuuttajakäytön arvokilvelle samalla periaatteella, kuten pääarvokilvelle valittavat leimausrivit. Näin saadaan vähennettyä kirjoitusvirheitä tietojen kopioinnissa laskentaohjelmasta Elapp-ohjelmaan sekä tulevaisuutta ajatellen lasketut arvot kyseisille nopeuksille ja taajuuksille pysyvät tietokannassa tallessa mahdollisia seuraavia kertoja varten. Myös väärät kytkennät on helpompi havaita, kun suunnittelija tarkastaa arvokilven täydentämisen jälkeen.

Koska arvot lasketaan laskentaohjelmalla, väärä kytkentä aiheuttaa yleensä suuren virran nousun, joka ilmenee staattorin lämpötilan kasvuna. Tästä laskentaohjelma antaa ponnahdusikkunan muodossa varoituksen, jolloin suunnittelijan on helpompi havaita virhe. Näin kyseinen virhe ei päädy arvokilvelle asti.

Suunnittelijalle jää tarkastettavaksi kentänheikennyspisteen kytkentä ja sen oikeellisuus lasketun leimausrivin mukaan. Toki tällainen muutos ei ole täysin ongelmaton. Ongelmaksi voi muodostua väärin leimausrivien valinta, kun suunnittelija valitsee etenkin alhaisten nopeuksien leimausrivejä arvokilvelle. Mikäli alhaisille nopeuksille on laskettu järjestelmään jo valmiita leimausrivejä, vaatii näiden valitseminen paljon huomiota suunnittelijalta kentänheikennyspisteen vuoksi. Toki tämä voidaan huomioida kirjaamalla leimausrivin kommenttikenttään, mikä kyseisen leimausrivin kentänheikennyspiste on ollut riviä laskettaessa.

Mikäli näitä kehitysehdotuksia otetaan käyttöön, on suotavaa päivittää suunnittelun ohjeistus. Ohjeistuksessa tulee käydä ilmi, mitkä tiedot tulevat täydentymään automaattisesti ja että leimausrivien valinta toteutetaan pääarvokilven mukaisesti. Mikäli leimausrivi valitaan pääarvokilven kaltaisella tavalla, kilven leimausrivien arvojen muuttaminen Elapp-ohjelmassa on estetty ja muutokset tulee tehdä leimausrivien tietokannassa. Muiden arvojen muuttaminen on kuitenkin edelleen mahdollista. Kuvassa 25 on esitettynä päivitetty versio arvokilpien suunnittelun prosessikaaviosta varianttikoodin VC163 kehitysehdotukset huomioon ottaen. Muiden käsiteltyjen varianttikoodien muutosehdotukset eivät vaikuta suunnittelun nykyiseen prosessiin.



Kuva 25. Päivitetty arvokilpiensuunnittelun vuokaavio.

Taajuusmuuttajakäytön arvokilpiä koskevia laadunvalvontailmoituksia oli kolmanneksi eniten. Tämä kertoo siitä, laadunvalvonnassa on jo nyt keskitytty suuririskisiin arvokilpien tietoihin. Tutkimuksen tulokset tulisikin saattaa laadunvalvonnan työntekijöiden tietoisuuteen, mutta tarkastusprosessi voidaan pitää jatkossa entisellään. Mikäli tätä arvokilpeä tullaan tulevaisuudessa automatisoimaan ehdotusten mukaisesti, laadunvalvonnassa taajuusmuuttajakäytön arvokilpien silmämääräinen tarkastaminen on silti suotavaa.

Mikäli varianttikoodin VC163 ongelmista saadaan näillä ehdotuksilla ratkaistua 90 % ja tarkastellaan arvokilpivirheiden reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 4 880,6 ppm arvoon 4 605,1 ppm. Mikäli tarkastellaan kaikkia suunnittelulle ohjattuja reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 10 781,6 ppm arvoon 10 506,1 ppm.

9.3 Varianttikoodi VC999

Koska varianttikoodi VC999 on kaupalla positiokohtainen, on yhden ratkaisun luominen koskien tätä varianttikoodia hyvin ongelmallista. Koska kuitenkin tämän varianttikoodin ongelmat liittyivät tutkimuksessa väriin laakerimerkintöihin sekä sertifiointeihin, voidaan näitä pyrkiä ratkaisemaan. Koska tapauksia on vähän ja korjaukset eivät korjaa kaikkia varianttikoodin ongelmia, ei tällä varianttikoodilla ole suurta prioriteettia korjausten järjestyksessä.

Laakerivirheissä laakeritiedot ovat olleet oikein voitelukilvellä, mutta pääarvokilvellä väärin. Tällaisiin ongelmiin ratkaisuna voidaan käyttää Visual management -työkalua luomalla ponnahdusikkuna Elapp-suunnitteluohjelmaan sen havaitessa laakeritietojen olevan erilaiset keskenään pääarvokilvellä ja voitelukilvellä.

Virheellisiin sertifiointien merkintöihin on hankalampi kehittää korjaavia toimenpiteitä, sillä kyseiset merkinnät ovat jo automatisoituja. Oikeista merkinnöistä huolehtii oma osasto MoGe:ssä, jonka tehtäviin kuuluvat sertifiikaattien ja merkintöjen ajan tasalla pitäminen sekä päivittäminen. Sertifiikaattien hakemiseen ja manuaaliseen täydentämiseen voidaan kuitenkin tehdä korjaavia toimenpiteitä.

Normaalissa tilanteessa Elapp-ohjelma täydentää sertifikaatit automaattisesti pääarvokilvelle. Kuitenkin tilanteissa, joissa sähkömoottorin kanssa on tilattuna esimerkiksi Venäjän mukainen Ex-sertifiointi, ei Atex- ja IECEx-sertifikaatteja pääarvokilvelle merkitä. Nämä voidaan kuitenkin tilata sähkömoottorille varianttikoodilla VC999. Tällöin suunnittelija joutuu manuaalisesti etsimään ja täydentämään oikeat sertifikaatit pääarvokilvelle. Tästä syystä tietokanta, josta suunnittelija hakee oikeat sertifikaatit, tulisi päivittää. Kehitysehdotuksena vanhentuneet sertifikaatit tulisi siirtää erillisiin kansioihin. Lisäksi voimassa olevien sertifikaattien jako sähkömoottorityypin ja runkokoon mukaan olisi suotavaa.

Mikäli varianttikoodin VC999 ongelmista saadaan näillä ehdotuksilla ratkaistua 90 % ja tarkastellaan arvokilpivirheiden reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 4 880,6 ppm arvoon 4 773,5 ppm. Mikäli tarkastellaan kaikkia suunnittelulle ohjattuja reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 10 781,6 ppm arvoon 10 674,4 ppm.

9.4 Varianttikoodi VC135

Varianttikoodi VC135 on varianttikoodin VC163 jälkeen prioriteettilistalla seuraava suuren automatisointipotentiaalinsa takia. Kyseisellä arvokilvellä ilmenneet virheet ovat joutuneet suurilta osin inhimillisistä virheistä kyseisen kilven suunnittelijan joutuessa manuaalisesti lisäämään kaupan position sähkömoottoreille ja myös täydentämään manuaalisesti kyseisen arvokilven. Joissakin tapauksissa myös laskentaohjelman käyttöä vaaditaan.

Myyntiyhtiön osalta OMS-järjestelmä vaatii muutoksia, mikäli varianttikoodin VC135 mukainen arvokilpi halutaan automatisoida parhaan mukaan. VC135 mukaisella arvokilvellä on kuusi riviä leimauksia varten. Tällöin tulisi muuttaa OMS-järjestelmän näkymää niin, että kaikki kuusi riviä ovat näkyvissä tai arvokilpeä varten on vain yksi rivi. Kilven rivit tulee kuitenkin erottaa toisistaan erikoismerkein, kuten varianttikoodin VC126 tagikilven tapauksessa. Toki tagikilpien tapauksessa erikoismerkki erottaa sähkömoottorit toisistaan, eikä arvokilpien rivejä, kuten tässä halutaan saavuttaa.

Tässä on tehtävä ohjeistuksen päivittäminen, kuten muissa varianttikoodissa. Mikäli tiedot tulevat jatkossa täydentymään automaattisesti, on se saatava myyntiyhtiön työntekijöiden tietoisuuteen. Myös mahdollinen OMS-järjestelmän ulkoasun muuttuminen on hyvä kouluttaa työntekijöille, ennen kuin päivitys otetaan käyttöön.

Suunnittelussa Elapp-ohjelman muutokset automatisointia varten on VC135 arvokilven automaattinen luominen kaupan positiolle, kun varianttikoodi on tilattuna sähkömoottoreille. Myös arvokilven automaattinen täydentyminen OMS-järjestelmän tietojen mukaan on suositeltavaa. Koska joissain tapauksissa laskentaohjelman käyttö on mahdollista, VC135 arvokilven rivien manuaalinen muokkaaminen tulee olemaan jatkossa mahdollista. Koska jokainen VC135 arvokilpi on tilauskohtainen, on esimerkkikilven pohjan luominen haastavaa. Tärkeintä on kuitenkin, että kaikki asiakkaan tilaama tieto päätyy arvokilvelle, oli tietojen järjestys kilvellä mikä tahansa.

Laadunvalvonnan osalta on tarpeellista vain tarkastaa, että varianttikoodin VC135 mukainen arvokilpi on joko kiinnitettynä sähkömoottoriin tai irrallisena muiden dokumenttien kanssa, mikäli siis varianttikoodi VC135 on tilattu sähkömoottorin mukana. Mikäli tämä varianttikoodi tullaan automatisoimaan ehdotusten mukaisesti, vähenee myös sen tarkastamisen tarve laadunvalvonnassa.

Mikäli varianttikoodin VC135 ongelmista saadaan näillä ehdotuksilla ratkaistua 90 % ja tarkastellaan arvokilpivirheiden reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 4 880,6 ppm arvoon 4 697 ppm. Mikäli tarkastellaan kaikkia suunnittelulle ohjattuja reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 10 781,6 ppm arvoon 10 597,9 ppm.

9.5 Varianttikoodi VC126

Varianttikoodi VC126 on jo tällä hetkellä hyvin paljolti automatisoitu arvokilpien suunnittelun osalta, joten sillä on pienin prioriteetti verrattaessa muihin edellä oleviin varianttikooodeihin. Myös tapausten vähäinen määrä muihin varianttikooodeihin verrattuna vähentää priorisoinnin tarvetta.

Variantilla esiintyvät virheet johtuivat pääasiassa poisjääneistä tai väärin kirjatusta tiedoista. Poisjääneissä tiedoissa kaupan positiolle oli tilattu useampi sähkömoottori, mutta vain yksi taginnumero leimattavaksi jokaiselle sähkömoottorille. Tämä poisjääminen johtuu siitä, että Elapp-ohjelma täydentää automaattisesti vain ensimmäisen sähkömoottorin tagikilven oikein ja jättää muut kilvet tyhjiksi. Väärä tieto johtuu suurimmaksi osaksi inhimillisistä virheistä. Taginumerot kopioidaan tilauksen mukaan OMS-järjestelmään manuaalisesti, jolloin kirjoitusvirheitä voi esiintyä. Lisäksi virheitä voi esiintyä tilanteissa, joissa monimutkaisia taginnumeroita kirjataan kaupan position sähkömoottoreille useita. Näiden tuplatarkastaminen vaatii tarkkuutta, sillä taginumerot noudattavat yleensä tiettyä järjestystä ja vain yksi tai kaksi merkkiä muuttuu kerralla.

Myyntiyhtiön osalta pois jääneet tiedot voidaan korjata niin, että sama taginnumero kopioidaan OMS-järjestelmän taginnumero kenttään niin monta kertaa kuin sähkömoottoreita on kaupan positiolla. Toki taginumerot tulee edelleen erottaa toisistaan erikoismerkillä, jotta järjestelmät osaavat erottaa taginumerot toisistaan ja täydentää kilvet oikein. Vaihtoehtoisesti OMS-järjestelmään luodaan taginumerokenttä jokaista kaupan position sähkömoottoria varten, jolloin myyntiyhtiön on helpompaa täydentää ja erotella oikeat taginumerot toisistaan. Mikäli jokin näistä kentistä jätetään tyhjäksi, ei suunnittelu tällöin täydennä sitä.

Koska tagikilvella mahtuu vain tietyn verran merkkejä, muutetaan OMS-järjestelmä antamaan käyttäjälle ilmoitus tagikilven tekstikentässä. Tämä tapahtuu Visual management -työkalun mukaisesti punaisena täyttövärinä ja ponnahdusikkunana, mikäli taginnumero on liian pitkä. Samalla voidaan käyttää Poka Yoke -työkalua myös estää tietojen tallentaminen ja eteenpäin lähettäminen, kunnes taginnumero on korjattu. Vaihtoehtoisesti arvokilpi voidaan vaihtaa esimerkiksi varianttikoodin VC135 arvokilveksi, johon mahtuu

enemmän merkkejä. OMS-järjestelmää voidaan muuttaa myös niin, että tietoja muutettaessa ja tallennettaessa ne siirtyvät OMS-järjestelmästä SAP-järjestelmään. Tällöin ajantasaiset tiedot ovat suunnittelijoiden saatavilla SAP-järjestelmässä sekä Elapp-suunniteluohjelmassa. Kuten aiemmin, myös näissä muutoksissa ohjeistus tulee päivittää vastaamaan muuttunutta prosessia.

Suunnittelussa edellä mainitut ohjelmistomuutokset vaativat myös Elapp-järjestelmän päivittämisen täydentämään tagikilvet automaattisesti uuden järjestelyn mukaan. Laadunvalvonnan osalta kyseisen arvokilven tarkastamisen prosessi voidaan pitää jatkossa ennallaan.

Mikäli varianttikoodin VC126 ongelmista saadaan näillä ehdotuksilla ratkaistua 90 % ja tarkastellaan arvokilpivirheiden reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 4 880,6 ppm arvoon 4 727,6 ppm. Mikäli tarkastellaan kaikkia suunnittelulle ohjattuja reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 10 781,6 ppm arvoon 10 628,5 ppm.

9.6 VC000-tapaukset

Varianttikoodin VC000 alle on laitettu kaikki muut arvokilpien merkinnöissä olleet virheet, joita ei ole voitu nimetä muiden varianttikoodien mukaan. Suurin osa näistä virheistä ilmeni pääarvokilvellä, ja vielä näistä suurin osa liittyi leimausrivi- sekä IE-luokkavirheisiin. Muut ilmenneet virheet olivat automaattisesti täydentyviä tietoja, joista osa oli jäänyt suunnittelijalta tarkastamatta, kuten esimerkiksi asennusasento. Automaattiset virheet kuitenkin liittyivät pääasiassa pääarvokilven Ex-merkintöihin.

Leimausriveissä ilmenneet virheet ovat johtuneet joko tietojen täydentämättä jättämisestä OMS-järjestelmässä tai leimausrivitietojen muuttamisesta vakiosta poikkeavaksi. Täydentämättä jättäminen OMS-järjestelmässä johtaa tiedon täydentymiseen mahdollisesti automaattisesti vääräksi, leimausrivitietojen muuttaminen vakiosta poikkeavaksi ilman siihen mahdollistavaa varianttikoodia johtaa aina virheeseen.

Puuttuvien ja väärin tietojen korjaaminen voidaan suorittaa samoilla korjauksilla, kuin varianttikoodien VC002, VC095 sekä VC209 kohdalla. Näillä ehdotetuilla toimenpiteillä pyritään välttämään väärän tai vajaan tiedon eteneminen tilaus-toimitusprosessissa myyntiyhtiöltä suunnitteluun, jolloin ristiriitaiset tiedot johtavat hukkaan ja virheisiin. Mahdollisuuksien mukaan myös leimausrivien muokkaaminen OMS-järjestelmässä estetään kokonaan, mikäli järjestelmä ei havaitse kaupan positiolla varianttikoodia VC002, VC095 tai VC209. Varianttikoodien puuttumiseen ratkaisuna on jo käytössä oleva varianttikoodin puuttumisesta ilmoittava laatuilmoituksen luominen kaupan positiolle. Toki tämä tulee tehdä aina tapauskohtaisesti sekä huomioida työntekijöiden perehdytyksessä.

Ex-merkinnöissä virheet ovat johtuneet vanhentuneista sertifikaateista sekä näiden merkinnöistä. On myös huomioitava, että kaikki tapaukset ovat ilmenneet kuukauden sisällä toisistaan. Koska virheitä ei ole tämän jälkeen ilmaantunut, voidaan olettaa ongelma ratkaistuksi mahdollisimman nopeasti sen ilmaannuttua, eikä siihen tarvita erillisiä kehitysehdotuksia.

Mikäli kuitenkin tarkastellaan mahdollisten korjausehdotusten vaikutusta varianttikoodin VC000 ongelmiin ja saadaan näillä ehdotuksilla ratkaistua 90 % tapauksista. Tarkastellessa arvokilpivirheiden reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 4 880,6 ppm arvoon 3 870,5 ppm. Mikäli tarkastellaan kaikkia suunnitellulle ohjattuja reklamaatioita, saadaan merkintävirheiden suhteellinen osuus laskettua arvosta 10 781,6 ppm arvoon 9 771,4 ppm.

9.7 Arvokilpien kielet

Varianttikoodit mahdollistavat tilanteita, joissa asiakas on tilannut arvokilvet usealla eri kielellä. Näissä tilanteissa ilmenee varianttikoodien vuoksi epäselvyyksiä, minkä kieliset arvokilvet tulisi ensisijaisesti sähkömoottoriin kiinnittää ja mitkä arvokilvet tulee toimittaa irrallisina sähkömoottorin mukana. Näihin tilanteisiin vaikuttaa myös tilatun sähkömoottorin runkokoko sekä tilattujen arvokilpien lukumäärä. Pienemmissä sähkömoottoreissa on paljon vähemmän pinta-alaa ja kiinnityskohtia kiinnittää arvokilpiä runkoon sekä tuuletinsuojaan kuin suuremmissa sähkömoottoreissa. Tästä syystä tapaukset ovat aina yksilöllisiä.

Pääarvokilvet, rasvauskilvet sekä taajuusmuuttajakäytön arvokilvet ovat ne arvokilpityypit, jotka halutaan eri kielillä. Informaatiokilvissä usein on vain yleisesti käytettyjä merkintöjä tai lukuja asiakkaan toiveiden mukaan, joten usealle kielelle ei ole tarvetta. Tällä hetkellä Elapp-suunnitteluohjelmassa on mahdollisuus luoda arvokilpiä 13 eri kielellä. Osa näistä kielistä tulee arvokilville automaattisesti tilattujen varianttikoodien mukaan ja loput suunnittelija joutuu luomaan manuaalisesti.

Tilanteet, joissa useankieliset arvokilvet ovat tilattuna varianttikoodilla VC999, tulisi selventää tuotannolle tapauskohtaisesti, minkä kieliset arvokilvet halutaan ensisijaisesti kiinnittää sähkömoottoriin. Muut eri kielillä olevat arvokilvet toimitetaan sähkömoottorin mukana joko irrallisena tai kiinnitettyinä sähkömoottorin rungon tilan salliessa. Kehitysehdotuksena on luoda suunnittelulle ohjeistus, miten tuotannolle ilmoitetaan sähkömoottoriin kiinnitettävän arvokilven kieli.

Ohjeistuksessa tulisi myös selventää, miten muunkieliset arvokilvet tulisi toimittaa. Oletuksena on irrallaan toimittaminen sähkömoottorin mukana. Ohjeistukseen voi liittää esimerkiksi suunnittelijoita varten taulukon, josta selviää, kuinka monta arvokilpeä on mahdollista kiinnittää minkäkin kokoiseen sähkömoottoriin riippuen runkokoosta ja rungon pituudesta. Tämän avulla suunnittelija voi tarkastaa taulukosta kiinnitettävien arvokilpien lukumäärän ja tarkentaa irrallaan toimitettavat arvokilvet tuotannolle.

Tutkimuksessa joidenkin tilausten arvokilpien kieli oli vaihtunut automaattisesti Elapp-ohjelmassa tilatun varianttikoodin mukaan ja toisen kieliset arvokilvet oli tilattu varianttikoodin VC999 kautta. Näissä tilanteissa tilatun varianttikoodin mukaisen kieliset arvokilvet tulisi kiinnittää sähkömoottoriin ja muun kieliset arvokilvet tulisi toimittaa irrallisina tai tilan salliessa kiinnitettyinä.

Vastaavien virheiden välttämiseksi tulisikin luoda ohjeistus tuotannolle. Arvokilvet, jotka ovat automaattisesti varianttikoodin vuoksi muun kuin englanninkieliset, tulisi ensisijaisesti kiinnittää sähkömoottoriin. Muut arvokilvet, jotka tulevat sähkömoottorin mukaan, toimitetaan irrallisina tai kiinnitettyinä asiakkaan toiveiden mukaan. Tämäkin tapauskohtaisesti sähkömoottorin rungossa tilan mukaan. Laadunvalvonnassa muun kuin englanninkielisiin arvokilpiin tulisi kiinnittää huomiota. Ellei erikseen työkortilla ole mainintaa, tulisi laadunvalvojan tarkastaa sähkömoottorin mukana tilatut mahdolliset varianttikoodit, jotka muuttavat arvokilpien kielen automaattisesti. Vaihtoehtoisesti tarkastettavana kohteena on, onko varianttikoodi VC999 tilattuna. Varianttikoodin VC999 sisältö tulisi tarkastaa aina, ellei suunnittelija ole tätä jo itse kirjannut työkortille.

9.8 Suositukset jatkoa varten

Tutkimuksen laajuus, tarkasteltavat tutkimustulokset ja kehitysehdotukset jättävät kaikki mahdollisuuksia syvemmille jatkotutkimuksille. Koska Elapp-järjestelmän kehittäminen muutoksia tukevaksi on ehdotuksien varjossa laaja, suositellaan jatkotutkimuksen tekoa järjestelmän hyödynnettävyyden osalta. Toimenpide Elapp-järjestelmän kehittämisestä poistaa kokonaan mahdollisuuden muokata taajuusmuuttajakäytön arvokilven leimausriivejä manuaalisesti ohjelman sisällä. Tälle muutokselle vaaditaan päivitetty työohje sekä kaikkien työntekijöiden koulutus.

Toisena jatkotutkimuksena voitaisiin syventää tämän tutkimuksen laajuutta luomalla Vaasan yksikön suunnittelijoita varten kysely koskien suunnitteluun käytettävää informaatiota sekä ohjeita. Tässä työssä ei perehdytty inhimillisten virheiden sisältöön esimerkiksi sen osalta, kuinka helposti ohjeet ovat suunnittelijan saatavilla ja kuinka ymmärrettäviä ohjeet ovat heidän mielestään. Lisäksi tulisi selvittää, tekevätkö kaikki suunnittelijat

samat työvaiheet samoin sekä mitkä työvaiheet he itse kokevat turhauttaviksi. Tämän lisäksi voidaan edelleen kartoittaa, missä vaiheissa suunnittelun prosessia voidaan automaatiota lisätä entisestään tässä työssä esitettyjen toimenpiteiden lisäksi.

Työn edetessä ja tarkasteltaessa etenkin arvokilpien suunnitteluprosessia suunnitteluosaston osalta huomio kiinnittyi työohjeisiin. Tarkasteltaessa havaittiin, että työohjeet puuttuivat joko kokonaan, tai sitten arvokilpien työohjeet olivat sijoitettuna sekaisin eri järjestelmiin. Nämä molemmat tilanteet aiheuttavat suunnittelijoille turhaa työtä, sillä aikaa voi kulua työohjeen etsimisessä, ohjetta ei välttämättä ole olemassa tai suunnittelija joutuu käymään usean järjestelmän kautta löytääkseen oikean ohjeen. Kuten myös aiemmin on jo mainittu, tällä hetkellä suunnittelulla ei ole arvokilpien suunnitteluprosessin vuokaaviota, jonka malli on kuitenkin tätä työtä varten luotu ja esitetty. Suunnitteluosastoa varten IMS-järjestelmään (Integrated Management System, Toimintajärjestelmä) tulisi luoda arvokilpien suunnittelua varten virallinen prosessikaavio ja myös samalla luoda ohje, josta ilmenee eri arvokilpien työvaiheet. Tähän listaan työvaiheista voisi näin liittää myös muita edellistä tarkempia työohjeita, jotka koskevat eri arvokilpityyppejä. Kun tätä listaa tullaan luomaan, myös mahdolliset puuttuvat työohjeet tulisivat tämän yhteydessä ilmi ja nekin tulisi luoda järjestelmään. Myös jo olemassa olevien työohjeiden seulonta, yhdistäminen, päivittäminen ja kerääminen yhdeksi kokonaisuudeksi IMS-järjestelmään helpottaa tätä. Näin saadaan jo olemassa olevat työohjeet jaettua varianttikoodien mukaan ja saadaan selville, mille varianttikodeille ja mille työvaiheille pitää luoda kokonaan uudet työohjeet. Myös mahdolliset vanhentuneet ja väärät työohjeet saadaan poistettua järjestelmistä. Kaikki nämä edellä mainitut työtehtävät voidaan toteuttaa Scrum-mallin mukaan pienissä työryhmissä, jolloin saadaan kaikki suunnitteluosaston vakituiset työntekijät mukaan muutokseen, työn määrä jaettua kaikkien kesken ja saadaan koko prosessia nopeutettua huomattavasti.

Myös tarkastuslistan luominen suunnittelijoita varten olisi suotavaa. Monissa tilanteissa, etenkin varianttikoodin VC000 kohdalla, suunnittelija ei ole tarkastanut automaattisesti täydentynyttä tietoa arvokilveltä. Joten jokaista arvokilpityyppiä varten tulisi luoda lista asioista, jotka tulee tarkastaa arvokilveltä ennen kuin suunnittelija hyväksyy sen. Listasta tulisi käydä ilmi sähkömoottorityypille ominaisten merkintöjen tarkastaminen, Ex-sähkömoottoreiden Ex-merkintöjen ja sertifikaattien tarkastaminen ja kaikki muut

merkinnät, jotka täydentyvät automaattisesti SAP-järjestelmästä tulleiden tietojen mukaisesti ja voivat muuttua varianttikoodin vuoksi. Näihin lukeutuvat muun muassa asennus-asento, laakerit, ympäristön lämpötila, käyttökorkeus ja IP-luokitus. Tarkoituksena olisi siis lyhyesti sanottuna ohjeistaa tämän listan avulla suunnittelija tarkastamaan arvokilvestä kaikki merkinnät, jotka ovat muuttuneet tilatun varianttikoodin seurauksena. Leimausrivejä, hyötysuhteita ja IE-luokkaa ei tässä listassa tarvitse niinkään huomioida, mikäli korjausehdotuksia tullaan ottamaan käyttöön, sillä ehdotusten mukaan Elapp-suunnitteluohjelma tarkastuttaa oikeat leimausrivit ja IE-luokituksen ja ilmoittaa virheistä suunnittelijalle.

Laadunvalvonnalle jatkotutkimuksia tulisi tehdä tulevaisuudessa, vain mikäli prossia tullaan parantamaan entisestään automaation kautta. Automaation lisääminen parantaisi arvokilpien suunnittelu prosessin luotettavuutta ja monessa tapauksessa arvokilpien merkinnät olisi näin ollen tarkastettu jo suunnittelussa suunnittelijan toimesta. Näin saadaan vähennettyä tarkastettavien kohteiden määrää laadunvalvonnassa ja voidaan paremmin keskittyä muihin ongelmiin, jotka eivät ilmene kuin vasta laadunvalvonnassa.

Tärkeimpänä kuitenkin on, että MoGe:ssä tullaan jatkossa seuraamaan tarkemmin ja enemmän samoja mittareita kuin tässä työssä on käytetty, sillä tulosten perusteella ainut korjattu kohde tarkastellun ajanjakson aikana on Ex-merkintävirheet liittyen varianttikoodiin VC000. Tämä johtuu siitä, että yksittäinen osasto on vastuussa näiden merkintöjen päivittämisestä ja ylläpidosta. Lisäksi kyseiset merkinnät ovat kansainvälisesti virallisia, ja että sähkömoottoria on turvallista käyttää vallitsevissa räjähdysalttiissa olosuhteissa. Mikäli käytettyjä mittareita olisi seurattu jo ennen tarkastelujaksoa, olisi monessa tapauksessa ilmenneisiin virheisiin jo puututtu tavalla tai toisella ja tämän tutkimuksen tarve olisi ollut huomattavasti pienempi. Mittareiden avulla voidaan seurata reaaliajassa, ovatko parannusehdotukset vaikuttaneet reklamaatioihin ja laadunvalvonnan ilmoituksiin arvokilpien merkintöjen osalta. Erityishuomio voidaan näin aluksi keskittää työssä käsiteltyihin varianttikodeihin sekä eri työntekijäryhmiin. Kunhan osiin prosessissa on puututtu, voidaan tämän jälkeen huomio siirtää muihin varianttikodeihin ja prosessin osiin, jotka nähdään tärkeysjärjestyksessä seuraavina. Näin saadaan tehtyä jatkuvasti parannusta kaikkiin prosessin eri osiin. Mikäli uusia ongelmia ilmenee tai tehdyt korjaukset eivät tuota tulosta, voidaan tämä havaita mahdollisimman nopeasti jatkuvalla seurannalla.

Toki parannusehdotusten vaikutus alkaa näkymään reklamaatioissa vasta, kun ne on otettu käyttöön ja tämän jälkeen suunniteltuja sähkömoottoreita alkaa saapumaan asiakkaille. Myös yleisesti uusien reklamaatioiden läpikäynti suunnitteluosaston kesken kuukausittaisissa palavereissa olisi suotavaa. Näin saadaan työntekijöille aiheutettua keskustelua siitä, miten kyseinen tapaus olisi pitänyt hoitaa. Lisäksi uusien ongelmien esiintyessä niihin voidaan jatkossa paneutua heti ja kehittää mahdollisia ratkaisuja aivoriihen toimintaperiaatteen mukaisesti. Monimutkaisia ongelmia voidaan ratkoa myös Scrummallin mukaisesti.

10 Yhteenveto

Tämän työn tarkoituksena oli tutustua MoGe:n tilaus-toimitusprosessiin sekä arvokilpien suunnitteluprosessiin ja selvittää, mitkä vaiheet ja tekijät aiheuttavat virheellisiä merkin- töjä pienjännitesähkömoottoreiden arvokilpiin. Kerätystä tutkimusdatasta saatiin selville, että asiakkuus, sähkömoottorityyppi sekä runkokoko eivät vaikuttaneet reklamaatioiden ja laadunvalvonnan ilmoitusten määrään, vaan virheiden aiheuttajan havaittiin olevan läh- töisin manuaalisen työn suorittamisesta. Tässä etenkin tuntityöntekijät, jotka ovat muihin työryhmiin verrattuna kokemattomia suunnittelutyössä, olivat suuririskisiä virheiden ai- heuttajia. Suurin osa virheistä ilmeni sähkömoottoreiden pääarvokilpien leimausriveillä sekä hyötysuhteiden mukaan määräytyvissä IE-luokissa. Näiden leimausrivien muutok- siin liittyivät varianttikoodit VC002, VC095 ja VC209 sekä tapaukset, joissa virhettä ei voitu yhdistää varianttikoodiin. Nämä tapaukset luokiteltiin yhden kuvitteellisen variant- tikoodin VC000 alle.

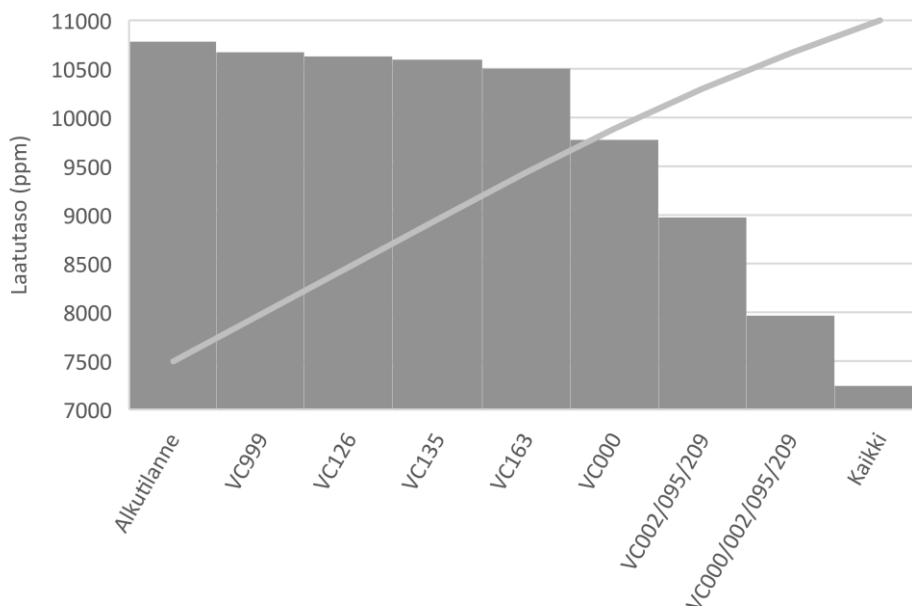
Kun tarkasteltuihin prosesseihin aloitettiin kehittämään parannusehdotuksia hukan, pul- lonkaulojen ja reklamaatioiden vähentämiseksi, tarkasteltiin parannusehdotuksia tilattu- jen varianttikoodien kannalta. Parannusehdotuksia tehtiin prosessin alkupäästä aina suun- nitteluun asti, mutta laadunvalvonnan osalta parannusehdotuksia ei niinkään tarvinnut an- taa. Arvokilpien merkkivirheitä ei ilmennyt suurissa määrin lopputarkastuksessa, jolloin todettiin parhaimmaksi tavaksi korjata merkkivirheitä muissa prosessin osissa. Tämän li- säksi ehdotukset olisivat aiheuttaneet lopputarkastukseen uusia pullonkauloja, jotka ha- luttiin välttää. Ehdotukset koskivat käytettäviä ohjelmia ja järjestelmiä, tiedon siirtoa näi- den välillä sekä työohjeita.

Ohjelmien ja järjestelmien osalta muutokset koskivat, mitä ja miten tietoa syötetään jär- jestelmiin prosessin alkupäässä ja mitä tietoa on suunnittelijalle näkyvissä suunnittelu- vaiheessa. Näiden muutosten avulla pyritään vähentämään virheiden syntymistä ja saa- maan kaikki tarvittava tieto jo prosessin alussa, jolloin väärän tai puuttuvan tiedon saa- minen asiakkaalta ei aiheuta hukkaa suunnittelussa. Viimeisin tieto halutaan saataville prosessin suunnitteluvaiheessa. Tämä voidaan toteuttaa niin, että OMS-järjestelmässä muutettu ja tallennettu tieto siirtyy aina eteenpäin SAP-järjestelmään. Tällöin viimeisin

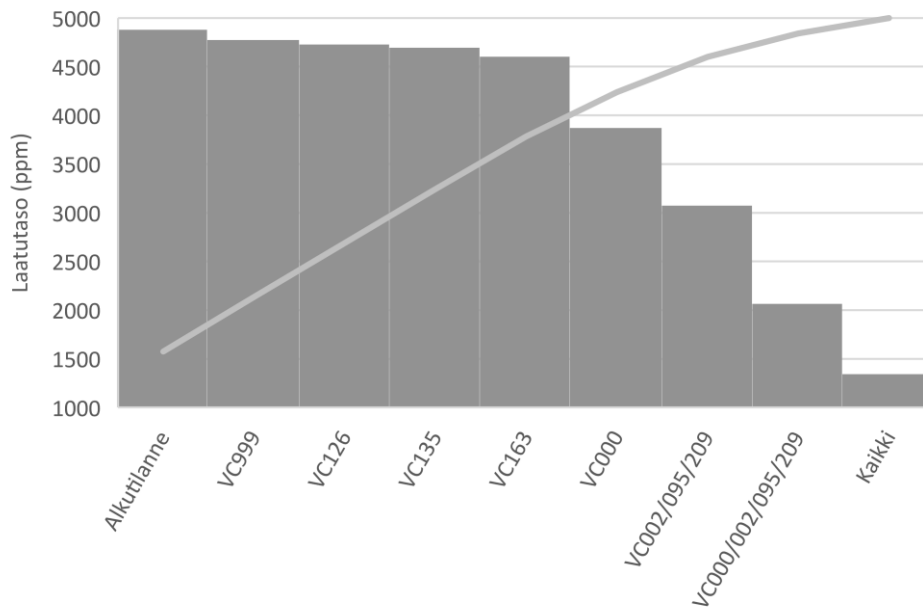
tieto on suunnittelijalla saatavilla, kun hän aloittaa suunnittelun ja voidaan välttää pullonkauloja.

Työohjeiden päivitys ja ylläpito ovat jatkuva prosessi, joten tämän jatkuvuuden parantamista suositellaan. Uusia työohjeita tulisi luoda, vanhoja päivittää, merkitä selkeästi ja kerätä mahdollisimman hyvin yhteen sijaintiin, jotta tieto on nopeasti ja helposti suunnittelijoiden saatavilla. Tällöin myös ohjeiden päivittäminen on helpompaa ja viimeisin versio on aina saatavilla, kun ohjeet ovat virallisesti vain yhdessä paikassa.

Mikäli työssä esitettyjä parannusehdotuksia tullaan ottamaan käyttöön, voidaan niiden avulla saavuttaa kuvissa 26 ja 27 kuvattu hyöty. Kuvissa 26 ja 27 on esitettyä reklamaatioiden laatutasot ppm-lukujen muutokset, mikäli tarkasteltujen varianttikoodien prosesseja tullaan parantamaan ja automatisoimaan nykyisestä tilanteesta. Jokaisen varianttikoodin tapauksessa oletuksena on ollut, että 90 % tapauksista saadaan ratkaistuksi, koska mikään prosessi ei ole täydellinen. Lisäksi kaavioissa on esitettyä ppm-lukemien alkutilanne, jotta voidaan tarkastella muutosten vaikutus varianttikoodikohtaisesti.



Kuva 26. Saavutettava hyöty ppm-lukuina, kun tarkastellaan kaikkia suunnittelun reklamaatioita.



Kuva 27. Saavutettava hyöty ppm-lukuina, kun tarkastellaan arvokilpien merkkivirheidⁿ reklamaatioita.

Kuvassa 26 alkutilanteessa merkintävirheidⁿ suhteellinen osuus on tarkalleen 10 781,6 ppm. Varianttikoodin VC999 merkintävirheidⁿ suhteellinen osuus on 10 674,4 ppm, varianttikoodin VC126 10 628,5 ppm, varianttikoodin VC135 10 597,9 ppm, varianttikoodin VC163 10 506,1 ppm, varianttikoodin VC000 9 771,4 ppm ja varianttikoodien VC002, VC095 sekä VC209 8 975,6 ppm. Varianttikooodeista huomataan, että varianttikoodien VC000, VC002, VC095 sekä VC209 prosessien parantamisella on suurin vaikutus virheidⁿ suhteellisen osuuden parantamiseksi. Luku VC000/VC002/VC095/VC209 on tilanne, jossa on yhdistettynä kaikkien näiden varianttikoodien tulokset yhdeksi ja tällöin merkintävirheidⁿ suhteellinen osuus on 7 965,4 ppm. Viimeinen luku ”Kaikki” kuvastaa tilannetta, jossa kaikista tarkastelluista tapauksista saadaan ratkaistua mainitut 90 %. Tällöin virheidⁿ suhteelliseksi osuudeksi saataisiin 7 246,1 ppm. Kuitenkaan Six Sigman tuotannon laatutasoa 4 ei olisi vielä saavutettu, sillä kyseisen laatutason raja on 6 210 ppm.

Kuvassa 27 alkutilanteessa merkintävirheidⁿ suhteellinen osuus on tarkalleen 4 880,6 ppm. Varianttikoodin VC999 merkintävirheidⁿ suhteellinen osuus on 4 773,5 ppm, varianttikoodin VC126 4 727,6 ppm, varianttikoodin VC135 4 697 ppm, varianttikoodin VC163 4 605,1 ppm, varianttikoodin VC000 3 870,5 ppm ja

varianttikoodien VC002, VC095 sekä VC209 3 074,6 ppm. Luku VC000/VC002/VC095/VC209 on tilanne, jossa on yhdistettynä kaikkien näiden varianttikoodien tulokset yhdeksi ja tällöin merkintävirheiden suhteellinen osuus olisi 2 064,5 ppm. Viimeinen luku ”Kaikki” kuvastaa tilannetta, jossa kaikista tarkastelluista tapauksista saadaan ratkaistua mainitut 90 %. Tällöin virheiden suhteelliseksi osuudeksi saataisiin 1 345,1 ppm mikä olisi myös huomattava parannus nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Mutta kuitenkin tuotannon laatutasoa 5 ei vielä näillä toimenpiteillä saavuteta, mutta suurimpia ongelmia varten on tehty toimenpiteitä.

Lähteet

- ABB (2014). Low voltage motor guide [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://new.abb.com/docs/librariesprovider53/about-downloads/low-voltage-motor-guide.pdf>
- ABB (2016). Low voltage motors Installation, operation, maintenance and safety manual. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3GZF500730-85&LanguageCode=en&DocumentPartId=EN&Action=Launch>
- ABB (2020a). Low voltage motors for explosive gas atmospheres. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107192&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- ABB (2020b). Low voltage process performance motors. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK105944&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- ABB (2020c). ABB-yhtymä. [Verkkosivu] Saatavissa: <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/yhtyma>
- ABB (2020d). ABB oy, Motors & Generators. [Verkkosivu] [6.2.2020] Saatavissa: <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/motors-and-generators>
- ABB (2020e) IMS-järjestelmä
- ABB (2020f) Elapp-suunnitteluohjelma arvokilpien suunnitteluun.
- ABB (2020g) ABB OPEX -perustaitojen kehittäminen: Poka-Yoke, Virheiden estäminen (9.5.2020)
- Aberdeen Group (2006). The Lean Six Sigma Benchmark Report [Verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.qmaxima.com/uploads/3/4/7/1/34719252/aberdeensixsigmareport.pdf>
- Academic society for management and communication: Scrum [Verkkosivu] [26.3.2020] Saatavissa: <http://www.akademische-gesellschaft.com/en/research/topics/subthemen/scrum/>

- Arrow (2020) Lean-filosofian 7+1 tuottamatonta toimintoa (9.4.2020) [Verkkosivu] Saatavissa: <https://blogi.arroweng.fi/lean-filosofian-71-tuottamatonta-toimintoa>
- Bicheno, John & Holweg, Matthias (2016). The Lean Toolbox: a handbook for lean transformation fifth edition
- BMC (2020). Internal vs external customers: How are they different. [Verkkosivu] [10.5.2020] Saatavissa: <https://www.bmc.com/blogs/internal-vs-external-customers/>
- Bradley, James R (2012). Improving Business Performance with Lean
- Ceriffi (2020). Kahdeksan hukan muotoa (9.4.2020) [Verkkosivu] Saatavissa: <http://www.ceriffi.fi/palvelut/kahdeksan-hukan-muotoa>
- CustomersThatStick. What is an internal customer? [Verkkosivu] [10.5.2020] Saatavissa: <https://customersthatstick.com/blog/customer-service-training/what-is-an-internal-customer/>
- George, Michael L. (2003). Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions
- Harju, Marcus. Project Manager, Order Support Manager. ABB oy Motors & Generators. Haastattelu 6.3.2020
- Hirsjärvi, Sirkka, Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula (2009). Tutki ja kirjoita
- IEC60034-1 (2017). Rotating electrical machines Part 1: Rating and performance
- IEC60034-30-1 (2014). Rotating electric machines Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE Code)
- IEC60034-5 (2006). Rotating electrical machines Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification
- ISO 9001 (2015). Quality management system
- Karjalainen Tanja (2007). Yhdistä ideointityökaluilla luovan ajattelun eri ulottuvuudet – Aivoriihi, ryhmittelykaavio sekä kalanruokaavio. [Verkkosivu] [10.2.2020] Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/luova-ajattelu/>
- Logistiikan maailma (2020). Läpäisyajan lyhentäminen [Verkkosivu] [20.3.2020] Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lapaisyaajan-lyhentaminen/>

- Nykänen, Veijo (1995). Laatujärjestelmän kehittäminen rakennusyhtiössä
- Ritvanen, Virpi & Inkiläinen, Aimo & von Bell, Anders & Santala, Jouni (2011). Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet
- Sakki, Jouni (2003). Tilaus-toimitusketjun hallinta: Logistinen B-to-B-prosessi
- Sakki, Jouni (2009). Tilaus-toimitusketjun hallinta: B2B - vähemmällä enemmän
- SFS ry (2019). ISO 9000 -standardisarjan valinta ja käyttö
- Shankar Rama (2009). Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide
- Singh, Harjit (2016). Project Management Analytics: A Data-Driven Approach to Making Rational and Effective Project Decisions
- Sininen meteoriitti, Ketteryys haltuun: Scrum pähkinäkuoressa [Verkkosivu] [26.3.2020]
Saataavissa: <https://meteoriitti.com/2013/06/06/ketteryys-haltuun-scrum-pahkinankuoressa/>
- Six Sigma (26.10.2016): Kymmenen tilastollista Six Sigman työkalua selitettynä [Verkkosivu] [15.4.2020] Saataavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/artikkelit/tilastolliset-tyokalut/>
- Talentree Business partners: Mitä on lean? Leanisti kohti yhä sujuvampaa työtä [Verkkosivu] [9.4.2020] Saataavissa: <https://talentree.fi/blogi/mita-on-lean/>
- Tennant Geoff (2001): Six Sigma: SPC and TQM in manufacturing and services
- Työterveyslaitos. Inhimilliset virheet ja niiden vähentäminen työpaikoilla. 2014 [Verkkodokumentti] Saataavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2017/01/Inhimilliset-virheet-ja-niiden-vahentaminen-tyopaikoilla.pdf>
- Työterveyslaitos. Sujuvaa työtä, vähemmän virheitä: Inhimillisten virheiden vähentäminen työpaikoilla (SUJUVA). 2015 [Verkkodokumentti] Saataavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/131760/Sujuvaa%20ty%C3%B6t%C3%A4%20v%C3%A4hemm%C3%A4n%20virheit%C3%A4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yritystoiminta. Yritystoiminnan perusteet [Verkkosivu] [12.3.2020] Saataavissa: <http://www.tieto.osaavayrittaja.fi/yritystoiminnan-perusteet>

Liitteet

Liite 1. Räjähdyssalttiiden ympäristöjen luokittelu.

Taulukko 3. Räjähdyssalttiiden ympäristöjen luokittelu Cenelec- ja IEC-standardien mukaan (ABB 2020a: 7).

Standard	EPL	Protection level	Installation Zone acc. to IEC 60079-10-x EN 60079-10-x Zones	ATEX Directive 2014/34/EU Equipment group	Equipment category	Main motor protection types
I (Mines)	Ma	very high	NA	I (Mines)	M1	NA
	Mb	high			M2	
II (Gas)	Ga	very high	0	II (Surface)	1G	NA
	Gb	high	1		2G	Ex d/Ex de Ex p, Ex db, Ex dp eb, Ex p, Ex eb (Ex e)
	Gc	enhance	2		3G	Ex ec (Ex nA)
III (Dust)	Da	very high	20		1D	NA
	Db	high	21		2D	Ex tb IP65
	Dc	enhanced	22		3D	Ex tc IP65/55


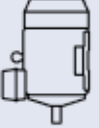
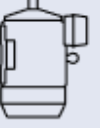

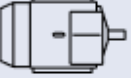
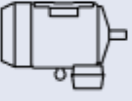
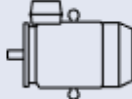
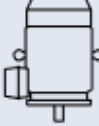
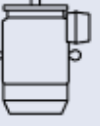
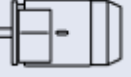

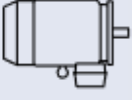
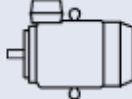
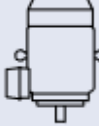
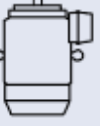



Liite 2. Kaasujen luokittelut.**Taulukko 4.** Kaasuluokitus (ABB 2020a: 8).

Temperature class	Ignition temp. of gas/vapor °C	Max. permutiet temp.	Gas examples
T1	> 450	450	Hydrogen
T2	> 300 < 450	300	Ethanol
T3	> 200 < 300	200	Hydrogen sulfide
T4	> 135 < 200	135	Diethyl ether
T5	> 100 < 135	100	-
T6	> 85 < 100	85	Carbon disulfide

Taulukko 5. Kaasun osa-alue (ABB 2020a: 8).

IIA	~120 gases and vapors, e.g. butane/ petroleum / propane
IIB	~30 gases and vapors, e.g. ethylene / dimethyl ether
IIC	limited number of gases and vapors, e.g. hydrogen H ₂ / acetylene C ₂ H ₂ carbon disulfide CS ₂

Liite 3. Esimerkkejä asennusasennoista.

Code I Code II	IM B3 IM 1001	IM V5 IM1011	IM V6 IM 1031	IM B6 IM1051	IM B7 IM 1061	IM B8 IM 1071
Foot-motor						
Code I Code II	IM B5 IM 3001	IM V1 IM 3011	IM V3 IM3031	*) IM 3051	*) IM 3061	*) IM 3071
Flange-mounted motor, large flange with clearance fixing holes.						
Code I Code II	IM B14 IM 3601	IM V18 IM 3611	IM V19 IM 3631	*) IM 3651	*) IM 3661	*) IM 3671
Flange-mounted motor, small flange with tapped fixing holes.						
*) Not stated in IEC 60034-7						

Kuva 28. Esimerkkejä tavallisista asennusasennoista (ABB 2014: 35).