



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lassi Vaani

# LAATUPYSÄHDYKSET SÄHKÖ- MOOTTOREIDEN TUOTANNOSSA

Tekniikka  
2019

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty ABB Oy:lle, Moottorit ja Generaattorit-yksikköön Vaasan toimipisteelle, Vaasan ammattikorkeakoulussa sähkötekniikan koulutusohjelmassa vuonna 2019.

Opinnäytetyön ohjaajina toimivat ABB:n puolelta tuotantopäällikkö Teppo Alalauri ja Vaasan ammattikorkeakoululta lehtori ja koulutuspäällikkö Juha Nieminen.

Tämän työn tavoitteena oli kehittää sähkömoottoreiden tuotantoa Vaasan tehtaalla ja perehtyä tuotannossa esiintyviin ongelmiin.

Vaasa 9.5.2019

Lassi Vaani

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LYHENTEET JA TERMIT

1	JOHDANTO .....	10
2	YRITYSESITTELY .....	11
	2.1 ABB Oy .....	11
	2.2 ABB Suomessa .....	11
	2.3 Motors ja Generators.....	11
3	SÄHKÖMOOTTORIN RAKENNE JA TOIMINTAPERIAATE.....	13
4	LAADUN MERKITYS .....	15
5	TUTKIMUSMATERIAALI JA -DATA.....	16
	5.1 Notifikaatiot .....	16
	5.2 Sharepoint .....	16
6	TUOTANTOLINJAT.....	17
	6.1 Runkoon puristus .....	17
	6.2 Liitäntä .....	18
	6.3 Kokoonpano.....	19
	6.4 Koestus.....	20
	6.5 Maalaus .....	20
	6.6 Lopputäydennys.....	21
7	TUOTANTOLINJOJEN LAATUPYSÄHDYKSET .....	22
	7.1 Tuotantolinja AL1.....	24
	7.2 Tuotantolinja AL2.....	25
	7.3 Tuotantolinja AL3.....	27
	7.3.1 AL3A .....	28
	7.3.2 AL3B.....	29
	7.3.3 AL3C.....	30
	7.3.4 AL3D .....	31

8	LAATUPYSÄHDYKSIEN SYYT TOP 5 .....	33
8.1	Sähköinen laatupoikkeama .....	33
8.1.1	Tyhjäkäyntivirta, $I_0$ .....	34
8.1.2	Oikosulkuvirta, $I_k$ .....	34
8.1.3	Tarkistusarvojen puuttuminen.....	34
8.2	Muu syy .....	35
8.3	Osa virheellinen .....	36
8.4	Saldovirhe .....	36
8.5	Osapuute .....	37
8.6	Yhteiset tekijät .....	37
8.7	Tuotantolinja kohtaiset tekijät.....	38
9	LAATUINSINÖÖRIEN HAASTATTELUT .....	39
10	KEHITYSIDEOITA.....	40
10.1	Laatupysähdyksistä eroon pysyvästi.....	41
10.2	Laatupysähdykset, joita voidaan vähentää.....	41
10.3	Seurantakaavio.....	42
10.4	Tiedon kulku ja kommunikointi.....	43
11	YHTEENVETO .....	44
	LÄHTEET.....	45

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Lassi Vaani
Opinnäytetyön nimi	Laatupysähdykset sähkömoottoreiden tuotannossa
Vuosi	2019
Kieli	suomi
Sivumäärä	46
Ohjaaja	Juha Nieminen

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tarkastella sähkömoottoreiden tuotannossa tapahtuneita laatupoikkeamia. Opinnäytetyössä käsitellään yleisimpiä syitä moottoreiden valmistuksen pysähtymiseen. Työ tehtiin ABB Oy:lle ja yritys käyttää opinnäytetyötä kehittääkseen tuotteiden tuotantoa. Opinnäytetyö on osa yrityksen hanketta, minkä tarkoitus on perehtyä laatuvirheisiin.

Työssä käytettiin yrityksen tallentamaa materiaalia esiintyneistä laatupysähdyksistä. Sitä täydennettiin haastattelemalla yrityksen työntekijöitä ja aihetta analysoitiin heidän kanssaan.

Opinnäytetyössä koottiin yhteen useimmat esiintyneet laatuongelmat. Tarkoitus on, ettei yrityksen työntekijöiden tarvitsisi jatkossa käydä kaikkea materiaalia läpi saadakseen yleiskuvan yleisimmistä laatupysähdyksistä. Työssä on esitetty ratkaisuvaihtoehtoja, joilla sähkömoottoreiden valmistusta voitaisiin kehittää.

## ABSTRACT

Author	Lassi Vaani
Title	Quality Arrests in Electric Motor Production
Year	2019
Language	Finnish
Pages	46
Name of Supervisor	Juha Nieminen

---

The subject of this thesis was to survey quality arrests in electric motor production. The purpose of this thesis was to find out the most common causes for arrests in the manufacturing process of electric motors. The company for which this thesis was made will use it to develop the production. The thesis is part of the company's project the purpose of which is to survey quality defects.

Material that the company has recorded about quality arrests was used. Some employees of the company were interviewed and the subject was discussed with them.

The most frequent quality defects were compiled in this thesis. The purpose of this thesis is that the employees of the company do not have to read all material to get an overview about most common quality arrests. The thesis gives solution options how the company can develop the production.

## **KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuva 1.</b> Oikosulkumoottorin läpileikkauskuva. ....	14
<b>Kuva 2.</b> Staattorin runkoon puristaminen.....	18
<b>Kuva 3.</b> Staattorin liitäntä.....	19
<b>Kuva 4.</b> Roottorin asennus. ....	20

<b>Taulukko 1.</b> Kaikkien tuotantolinjojen yleisimmät laatupysähdykset MM- ja KK-rakennuksessa.....	23
<b>Taulukko 2.</b> MM-rakennuksen AL1A-, AL2A- ja AL2B-linjojen yleisimmät laatupysähdykset. ....	24
<b>Taulukko 3.</b> Tuotantolinjan AL1A yleisimmät laatupysähdykset.....	25
<b>Taulukko 4.</b> Tuotantolinjan AL2A yleisimmät laatupysähdykset.....	26
<b>Taulukko 5.</b> Tuotantolinjan AL2B yleisimmät laatupysähdykset. ....	27
<b>Taulukko 6.</b> KK-rakennuksen yleisimmät laatupysähdykset. ....	28
<b>Taulukko 7.</b> Tuotantolinjan AL3A yleisimmät laatupysähdykset.....	29
<b>Taulukko 8.</b> Tuotantolinjan AL3B yleisimmät laatupysähdykset. ....	30
<b>Taulukko 9.</b> Tuotantolinjan AL3C yleisimmät laatupysähdykset. ....	31
<b>Taulukko 10.</b> Tuotantolinjan AL3D yleisimmät laatupysähdykset.....	32
<b>Taulukko 11.</b> Pysäytettyjen moottoreiden seurantakaavio. ....	43

---

## LYHENTET JA TERMIT



ABB	Asea Brown Boweri
SAP	System Analysis and Program Development, yrityksen toiminnanohjausohjelmisto
MES	Manufacturing Execution System, tuotannonohjausohjelmisto
MM	Sähkömoottoritehdas Strömberg Parkissa
KK	Sähkömoottoritehdas Strömberg Parkissa
$I_0$	Tyhjäkäyntivirta
$I_k$	Oikosulkuvirta
E-mitta	Mitta staattorilevyjen päästä rungon pään ot- sapintaan
Notifikaatio	Virheilmoitus järjestelmässä
Pause-tila	Moottorin tila MES-järjestelmässä, kun sen valmistus on pysäytetty
Pysäytetty moottori	Moottori, jonka valmistus on keskeytetty
Rework	Kaupan muutos/lisätyö moottorille

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on edistää sähkömoottoreiden tuotantoa ABB:n tehtaalla Vaasassa moottorit ja generaattorit-yksikössä. Työssä perehdytään tuotannossa esiintyviin ongelmiin, jotka hidastavat tai pysäyttävät moottoreiden valmistuksen.

Opinnäytetyössä avataan ongelmakehityksiä ja perehdytään virheisiin. Tuotantolinjalla korjataan yksittäisiä ja toistuvia virheitä päivittäin, mutta itse ongelma jää usein ratkaisematta. Ongelmien juurisyy pitää selvittää ja keksiä toimiva ratkaisu, jotta laatuolosuhteet vähentyisivät ja tuotanto toimisi sujuvasti. ABB on aloittanut vuoden 2019 tammikuussa jatkuvan parantamisen hankkeen ja tämä opinnäytetyö on osa kyseistä hanketta.

## **Työn rajaukset**

Työssä syvennyttään useimmin esiintyviin ongelmiin sähkömoottoreiden valmistuksessa. Opinnäytetyössä ei käsitellä yksittäisiä ongelmakehityksiä tai uusia tuotantoa hidastavia tekijöitä. Tutkimusmateriaali on rajattu vuoden 2018 tammikuusta vuoden 2019 helmikuun loppuun mennessä tallennettuun dataan. Tälläkin aikavälillä otanta on suuri ja siitä saa hyvän kuvan suurimmista virhekohtista.

ABB:llä on kaksi tehdasta Vaasassa, MM-rakennus ja KK-rakennus, joissa sähkömoottoreita valmistetaan. Kahdessa rakennuksessa on yhteensä yhdeksän tuotantolinjaa. Tässä työssä tarkastellaan kaikkien yhdeksän linjan laatuongelmia, mutta perehdytään syvemmin MM-rakennuksen tuotantolinjoihin ja niissä esiintyviin ongelmakehityksiin.

## **2 YRITYSESITTELY**

### **2.1 ABB Oy**

ABB muodostettiin nykyiseen muotoonsa tammikuussa 1988, kun ruotsalaisen Asean ja sveitsiläisen Brown Boverin sähkötekniset liiketoiminnot yhdistettiin 50:50-omistusperiaatteella. ABB on johtava teknologian edelläkävijä, jonka päätoimialoja ovat sähköistystuotteet, robotit, liikkeenohjauslaitteet, teollisuusautomaatio ja sähköverkkoratkaisut. ABB:n kasvu ja kehitys perustuu sen teknologiseen voimaan ja vahvoihin paikallisiin juuriin, joita Suomessa edustaa Strömberg. ABB:n liikevaihto vuonna 2018 oli 34,3 miljardia euroa. ABB:llä on työntekijöitä yli sadassa maassa noin 147 000. /1/ /2/

### **2.2 ABB Suomessa**

ABB:n Suomen päämaja sijaitsee Helsingissä. ABB konsernilla on merkittävästi toimintaa myös Vaasassa ja Porvoossa. ABB:n liikevaihto 2017 Suomessa oli 2,3 miljardia euroa ja työntekijöitä oli 5 286. ABB sijoitti vuonna 2017 tuotekehitykseen ja tutkimukseen 131 miljoonaa euroa. /3/

### **2.3 Motors ja Generators**

Maailmalla tuotetusta sähköenergiasta teollisuus kuluttaa noin 40 %, josta kaksi kolmasosaa menee sähkömoottoreiden pyörittämiseen. Sähkömoottorit kuluttavat yli 28 % kaikesta käytetystä sähköenergiasta. ABB on edelläkävijä energiatehokkaiden moottoreiden kehittämisessä. Suomen ABB:n Motors and Generators-yksikkö panostaa laajasti korkean hyötysuhteen moottoreiden ja generaattoreiden tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Yksikkö kehittää ja valmistaa sähkömoottoreita ja generaattoreita kaikille teollisuuden aloille. Käyttökohteita ovat kaikki sovellutukset maailmanlaajuisesti olosuhteista rippumatta. Tehtaat sijaitsevat Helsingissä ja Vaasassa. /4/

ABB on maailman johtava moottorin valmistaja. Vaasan Motors ja Generators-tehtaalla on maailmanlaajuinen vastuu yrityksen pienjännitemoottoreiden valmistuksesta ja tuotekehityksestä. Vaasan yksikön tunnetuimpia tuotteita ovat vaativiin

käyttöihin tarkoitettut sähkömoottorit. ABB:lle merkittävimmät tekijät ovat moottoreiden laatu ja luotettavuus, mitkä ovat huippuluokkaa. /4/

### 3 SÄHKÖMOOTTORIN RAKENNE JA TOIMINTAPERI- AATE

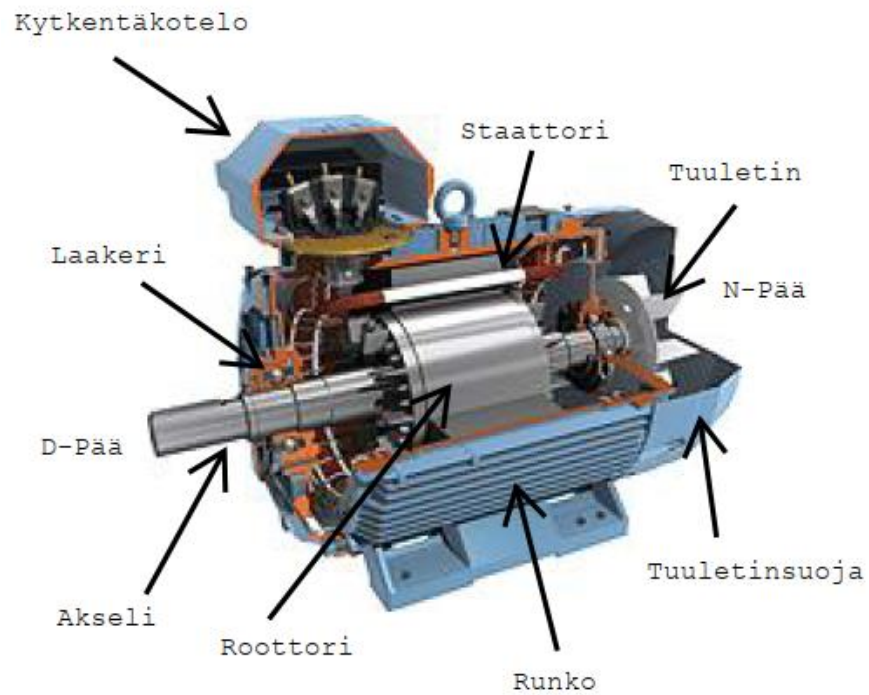
Sähkömoottorit muuttavat niihin syötettyä sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi. Generaattorit taas toimivat päinvastoin, eli ne muuttavat mekaanista energiaa sähköenergiaksi. Kun kone toimii moottorina, se ottaa sähkötehoa eli virta kulkee verkosta koneeseen.

Koneita on montaa eri tyyppiä ja tärkeimmät konetyypit ovat epätahti-, tahti- ja tasavirtakoneet. Epätahti- ja tahtikoneet ovat vaihtovirtakoneita ja niiden toiminta perustuu pyörivään magneettikenttään moottorin sisällä. Eri konetyypit voidaan tehdä monella eri tavalla, jolloin niiden rakenne ja ominaisuudet eivät ole enää samanlaisia. /5/

Vaikka koneita onkin useaa eri tyyppiä, kaikissa normaalirakenteisissa moottoreissa on samat perusosat: pyörivä roottori (pyörijä) akseleineen, staattori (seisoja), laakerikilvet tai laakeripukit (isoilla koneilla) ja laakerit. Roottori on laakereiden varassa staattoriaukossa. Roottorin ja staattorin välissä on ilmarako niin, että roottori voi pyöriä vapaasti. Ilmarako pyritään pitämään mahdollisimman pienenä, koska raudan magneetoinnin johtokyky on parempi kuin ilman. Roottoria kannattelevat laakerit. Ne voivat olla rulla-, kuula- tai liukulaakereita ja ne ovat kiinnitettyinä laakerikilpiin. Koneen rungon muodostavat laakerikilvet, jotka ovat kiinni staattorissa. Staattoriin ja roottoriin on sijoitettu käämitykset, joiden muoto ja rakenne vaihtelevat eri konetyyppien mukaan. Sähkömoottoreissa on yleensä päällä myös kytkentäkotelo, johon kytketään syöttökaapelit. /5/

Lähes kaikkien sähkökoneiden toiminta perustuu magneettikentän ja siinä olevan virrallisen johtimen välisiin voimavaikutuksiin. Staattoriin kytketään kolmivaiheinen vaihtovirta kytkentäkotelon kautta. Vaihtovirta muodostaa roottorin käämeihin magneettikentän. Syntynyt magneettikenttä pyrkii olemaan kohtisuorassa sitä vaihetta vastaan, missä virran huippuarvo on juuri sillä hetkellä staattorissa. Tämä saa aikaan pyörivän magneettikentän, jota roottori lähtee seuraamaan omalla

pyörimisnopeudellaan. Kuvassa 1 on esitettyä epätahtimoottorin (oikosulkumoottori) rakenne. /6/



**Kuva 1.** Oikosulkumoottorin läpileikkauskuva.

## 4 LAADUN MERKITYS

ABB:n tuotteiden laatu otetaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa asiakkaiden tarpeet huomioiden. Jatkuvan parantamisen periaate ilmenee tuotekehityksessä siten, että etsitään jatkuvasti uusia ja parempia ratkaisuja yhteistyössä asiakkaiden kanssa. Näillä keinolla saadaan ymmärrystä alan tarpeista, tuotteista sekä parannustarpeista nykyisiin ratkaisuihin.

Uudet tuotteet käyvät läpi mittavan laadunvarmistusprosessin. Tuotteiden toimivuutta testataan jo prototyypivaiheessa monin eri tavoin sekä konkreettisesti että eri simulaatiotyökalujen avulla. Laatu otetaan huomioon jokaisessa työvaiheessa ja koko valmistusprosessin aikana, aloittaen raaka-aineiden valinnasta. /7/

ABB keskittyy tuotteen laadun lisäksi toiminnan ja hankinnan laatuun. Toiminnan laadulla tarkoitetaan palveluiden, saatavuuden ja toimitusvarmuuden laatua. Yhtiön toiminnan perusfilosofia on tehdä tuote kerralla valmiiksi. Tähän pyritään henkilöstön perusteellisella laatu- ja tuotekoulutuksella sekä kehittämällä tehtaiden automaatiota. /8/

Hankinnan laatu alkaa jo uuden alihankkijan valintaprosessin yhteydessä. Yrityksen tavaran toimituskyky ja toimitettavan tavaran laatu arvioidaan tarkasti. Tavarantoimittajien on hyväksyttävä ABB:n määrittämät yleiset Code of Conduct -periaatteet, käytettävä sertifioituja laatujärjestelmiä sekä täytettävä yleiset toimialalla vaaditut säädökset. Lähtökohtana hankittaville raaka-aineille ja komponenteille on, että tuotteiden on oltava aina suoraan toimittajalta tullessaan asetettujen vaatimusten mukaisia. Alihankkijoiden toiminnan laatua seurataan toimitusvarmuuden osalta, jotta toimitusketjun toimivuus saadaan varmistettua. /9/

## **5 TUTKIMUSMATERIAALI JA -DATA**

### **5.1 Notifikaatiot**

Jos tuotantolinjalla esiintyy jokin ongelma, joka pysäyttää sähkömoottorin valmistuksen, työntekijä tekee ongelmasta virheilmoituksen (notifikaatio) MES-järjestelmään. Sieltä tieto kulkee automaattisesti SAP-tietojärjestelmään. Operatiivisen puolen laatuinsinööreillä on työjono SAP-järjestelmässä, johon kaikki virheilmoitukset tallennetaan. Jokaisesta ilmoituksesta näkee, miltä tuotantolinjalta viesti on lähetetty. Näin ollen laatuinsinöörien on huomattavasti helpompi paikallistaa pysäytetty moottori. Ilmoitukseen pitäisi kirjata virhe mahdollisimman yksityiskohdaisesti, jotta laatuinsinöörin olisi helpompi lähestyä ongelmaa. Kaikki notifikaatiot tallentuvat yrityksen sisäiseen järjestelmään. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan vuoden 2018 ja vuoden 2019 tammi- ja helmikuun virheilmoituksia.

### **5.2 Sharepoint**

Sharepoint on ABB:n sisäisessä verkossa toimiva Online Excel-sivusto. Sivustolla on esitetty notifikaatiot, tuotannossa pysäytetyt moottorit, pysäytyksien kestoajat ja pause-tilassa olevat moottorit. Järjestelmä päivittää itsensä automaattisesti kerran viikossa tarkastelemalla yrityksen sisäistä SAP-järjestelmää. Sharepointissa pystyy tarkentamaan hakukriteerejä suodattimien avulla muun muassa päivämäärän, pysähdyksen nimen tai tuotantolinjan perusteella. Tällöin datan tutkiminen ja tarkastelu helpottuvat.

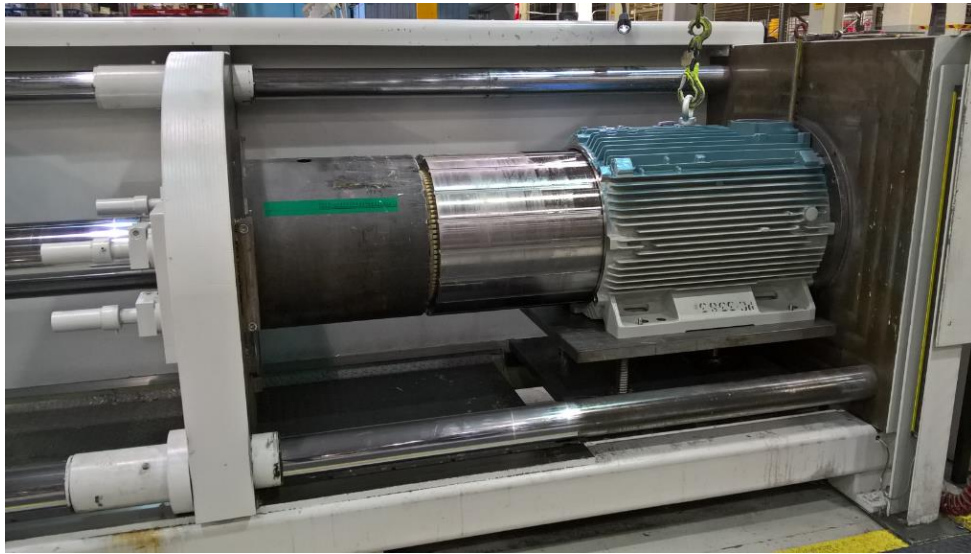


## 6 TUOTANTOLINJAT

ABB valmistaa sähkömoottoreita Vaasassa kahdessa eri rakennuksessa. Moottoreiden valmistus on jaettu sähkömoottorien koon mukaan. KK-rakennuksessa valmistetaan 71 – 250 kokoluokan moottorit tuotantolinjoilla AL3A, -B, -C, -D ja -E. MM-rakennuksessa ovat tuotantolinjat AL1A, AL1B, AL2A ja AL2B. AL1A- ja AL1B-linjoilla valmistetaan 280 - 315 koon moottorit ja AL2A- ja AL2B-linjoilla valmistetaan moottorit 355 - 500. Sähkömoottorin koko ilmoitetaan akselin keskipisteen korkeutena maasta mitattuna, yksikkönä millimetri. Työssä perehdytään eri tuotantolinjoilla havaittuihin laatuongelmiin.

### 6.1 Runkoonpuristus

Runkoonpuristus -työvaiheessa työntekijä tulostaa MES-järjestelmästä moottori-kohtaisen työkortin, viivakoodin ja pick in -listan. Kaikki tulosteet kulkevat moottorin mukana koko valmistusprosessin ajan. Hydrauliiikkapuristimeen asetetaan oikeat asennusosat, uurna ja holkki, moottorin koosta riippuen. Staattoripaketti asetetaan holkkiin ja runko puristimen vastakkaiselle puolelle, jonka jälkeen rungon sisäpuoli ja staattoripaketin ulkopuoli öljytään kitkan vähentämiseksi. Sen jälkeen puristimeen asetetaan oikea E-mitta ja paketin pituus. Asetusten ollessa kunnossa, kone työntää staattoripaketin moottorin rungon sisään, jonka jälkeen moottori on valmis seuraavaan työvaiheeseen. Kuvassa 2 on esitetty hydrauliikkapuristin, staattoripaketti ja sähkömoottorin runko.



**Kuva 2.** Staattorin runkoonpuristaminen.

## 6.2 Liitäntä

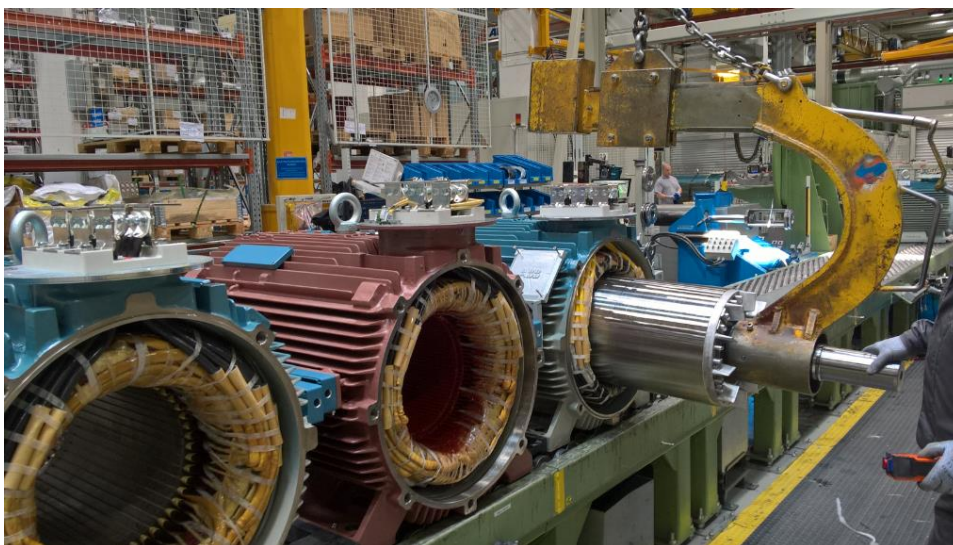
Liitännävaiheessa moottoriin liitetään liitinalusta ja kytketään mahdolliset lisälaitteet, esimerkiksi lämmitysvastus. Liitinalustassa olevat kaapelit tuodaan rungossa olevan liitinaukon läpi ja yhdistetään staattoripaketin kaapeleihin. Kaapeleiden liittämisen jälkeen liitoskohta eristetään eristesukalla. Kaapelit sidotaan tiukasti käämitykseen kiinni ja lopuksi kaapeleihin sivellään hartsiaine, joka kovettaa ja suojaa kaapeleita. Jos asiakas on tilannut lisälaitteita moottoriin, ne kytketään myös liitännässä. Lisälaitteet kytketään joko kytkentäkoteloon tai erilliseen lisäkoteloon. Kuvassa 3 on esitetty liitinalustan kaapelit ja staattoripaketin kaapelit ennen niiden liittämistä.



**Kuva 3.** Staattorin liitanta.

### 6.3 Kokoonpano

Kokoonpanovaiheessa moottori kootaan siihen pisteeseen, että se toimii ja on valmis testaukseen. Ensinnäkin asennetaan roottori, joka työnnetään staattoriaukkoon, minkä jälkeen asennetaan laakeripohjat ja mahdollisesti välirenkaat. Moottorin päädyt suljetaan kilvillä, jotka kiristetään momenttiin. Sitten puristetaan laakerit paikoilleen, jonka jälkeen asennetaan laakerikannet. Laakerit voidellaan ja lopuksi asennetaan vielä imurenkaat paikoilleen. Kokoonpanovaiheessa kytketään myös laakerin valvontalaitteet, jos asiakas on tilannut kyseisiä lisälaitteita. Kuvassa 4 on esitetty roottorin asennusvaihe.



**Kuva 4.** Roottorin asennus.

#### **6.4 Koestus**

Moottorin testauksessa pyritään varmistamaan moottorin toiminta moitteettomaksi. Koestus on normaali toimenpide sähkömoottoreiden valmistuksessa ja jokainen moottori testataan. Tuotantolinjalla tapahtuvassa testauksessa tehdään ensin visuaalinen tarkastus. Sitten tehdään lisälaite- ja laakerimittaukset sekä mitataan vaihevastukset. Eristyskoe tehdään kosteusvaurioiden havaitsemiseksi. Moottorille tehdään vielä oikosulkutesti ja lopuksi siihen kiinnitetään värinäanturit ja moottoria ajetaan tyhjäkäynnillä. Mitattuja arvoja verrataan suunnittelijoiden tekemiin laskennallisiin arvoihin. Jos testauksessa saadut arvot ovat kuuden prosentin sisällä lasketuista arvoista, moottori jatkaa seuraavaan työvaiheeseen.

#### **6.5 Maalaus**

Moottorin tullessa maalaukseen, suojataan ensin osat, joita ei ole tarkoitus maalata. Sitten moottori puhdistetaan, sillä maalattavan pohjan on oltava mahdollisimman puhdas. Moottorin runko pohjamaalataan, mikäli asiakas on tilannut pohjamaalauksen. Tämän jälkeen moottori kulkee kuivausuunin läpi pintamaalauspaikalle.

Moottori pintakäsitellään asiakkaan väritoiveiden mukaan. Pintamaalauksen jälkeen moottori laitetaan taas kuivausuuniin kuivumaan. Lopuksi maalin paksuus

tarkistetaan pinnanpaksuusmittarilla. Moottori laitetaan eteenpäin, jos maalikerroksen paksuus on asiakkaan vaatimusten mukainen.

## **6.6 Lopputäydennys**

Lopputäydennys on sähkömoottorin valmistuksen viimeinen vaihe, jossa asennetaan osat, joita ei ole aikaisemmin voitu asentaa. Moottoriin asennetaan tuuletin, tuuletinsuoja, arvokilvet, liitäntäkotelo ja mahdolliset tarrat. Lopuksi moottori kiinnitetään kuljetusalustaan ja kuitataan ABB:n sisäisessä järjestelmässä valmiiksi. Moottorille tehdään vielä viimeinen visuaalinen laatutarkastus, jossa katsotaan, että moottori on puhdas. Tarkastuksen jälkeen valmis moottori lähetetään yleensä asiakastesteihin, tyyppitesteihin tai suoraan lähettämöön.

## 7 TUOTANTOLINJOJEN LAATUPYSÄHDYKSET

Laatupysähdyksellä tarkoitetaan tuotteen valmistuksen pysähtymistä laadun puutteen vuoksi. Syynä voi olla moottorin osan puutteellinen laatu, suunnittelussa tapahtunut virhe tai työntekijän tekemä virhe tuotantolinjalla. Yrityksessä on käytössä MES-järjestelmä, joka helpottaa tuotannon suunnittelua, ohjausta ja seuranta. Työntekijän havaitessa virheen moottorin valmistuksessa, hän pysäyttää kyseisen moottorin valmistuksen ja tekee virheilmoituksen MES-järjestelmään. Järjestelmässä on useita eri aihealueita, minkä vuoksi tuotanto voi pysähtyä. Aihealueet ovat lueteltuna seuraavasti:

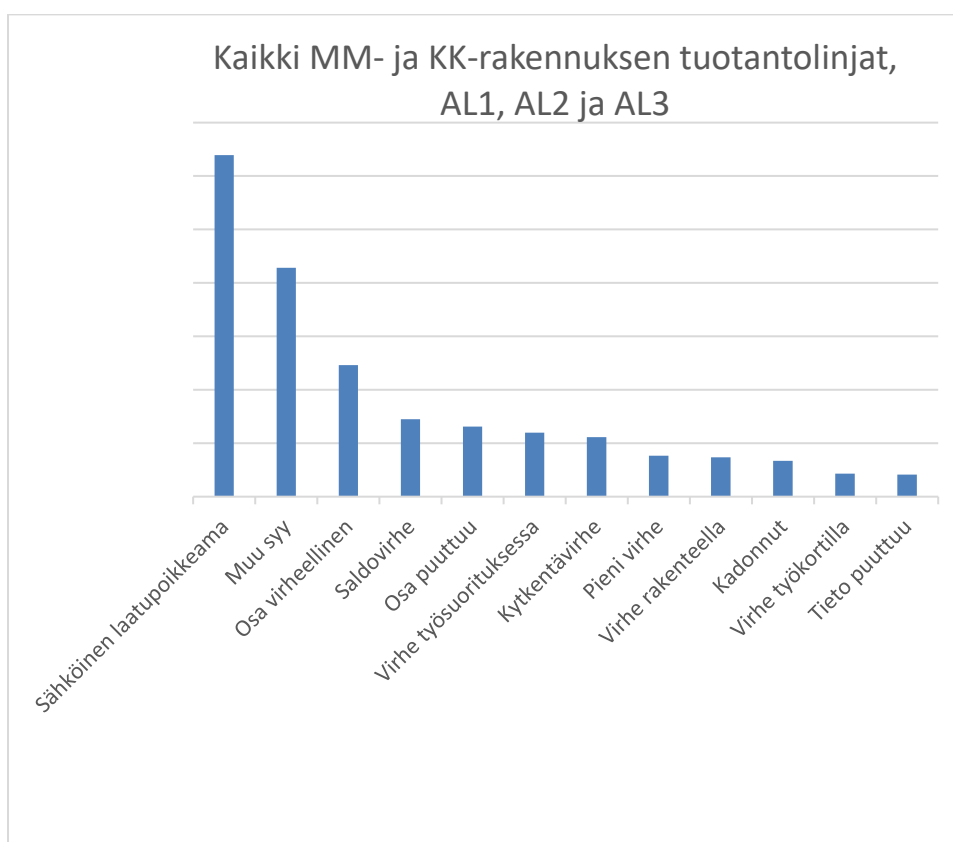
- hankinnan virheet
- koestamon virheet
- kokoonpanovirheet
- käämintä- ja hartsausvirheet
- levyvalmistusvirheet
- liitännävirheet
- logistiikan virheet
- muu syy
- roottorin valmistusvirheet
- runkoonpuristusvirheet
- rungon valmistusvirheet
- staattorin valmistusvirheet
- suunnitteluvirheet
- sähköiset virheet ja koestusvirheet
- tilausvirheet
- vastaanotossa havaitut virheet.

Jokaisessa kategoriassa on alavalikko, joka tarkoittaa ongelmaa. Notifikaatioon pitäisi kirjata laatupysähdyksen tiedot mahdollisimman tarkasti, koska se säästää laatuinsinöörin aikaa ongelman ratkaisussa ja myöhemmin on helpompi ymmärtää ongelmaa pelkästään notifikaatiota tarkastelemalla.

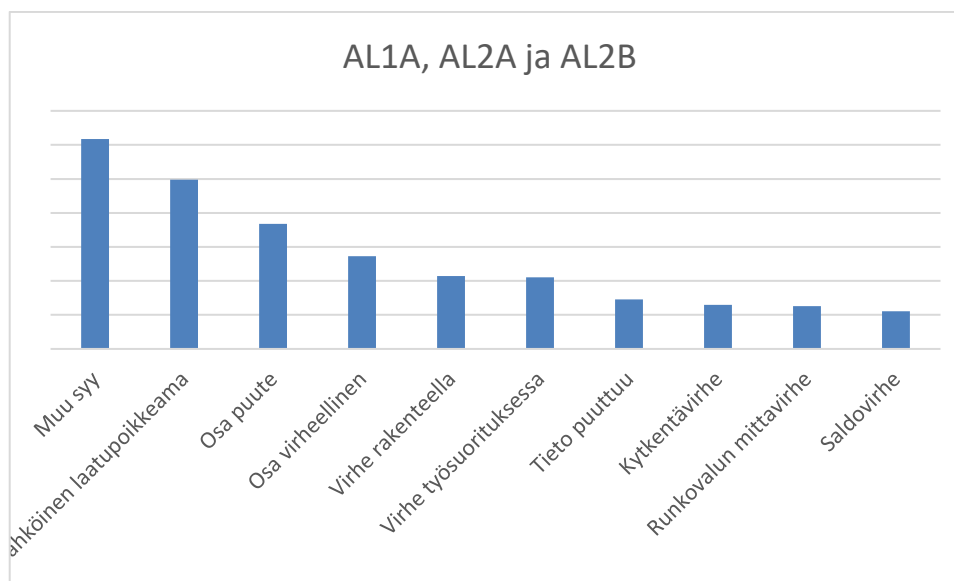
Tässä opinnäytetyössä perehdytään yllä luetelluista kategorioista vain useimmin esiintyviin tapauksiin. Kaikilla tuotantolinjoilla on samat työvaiheet, joten niissä havaitut ongelmat ja laaturapysähdykset ovat hyvin samankaltaisia.

Tässä työssä tarkasteluaika oli 1.1.2018 – 28.2.2019. Jokaisen kategorian pysähdyksiä on esiintynyt, mutta tiettyjä ongelmia on huomattavasti enemmän kuin toisia. Kolme yleisintä pysähdyksen syytä ovat sähköinen laaturapikkeama, muu syy ja osa virheellinen. Pelkästään nämä kolme osa-alueetta kattavat 64,9 % kaikista laaturapysähdyksistä. Taulukossa 1 on esitetty yleisimmät syyt laaturapysähdyksiin MM- ja KK-rakennuksessa. Taulukossa 2 on esitetty MM-rakennuksen yleisimmät syyt laaturapysähdyksiin.

**Taulukko 1.** Kaikkien tuotantolinjojen yleisimmät laaturapysähdykset MM- ja KK-rakennuksessa.



**Taulukko 2.** MM-rakennuksen AL1A-, AL2A- ja AL2B-linjojen yleisimmät laaturypysähdykset.



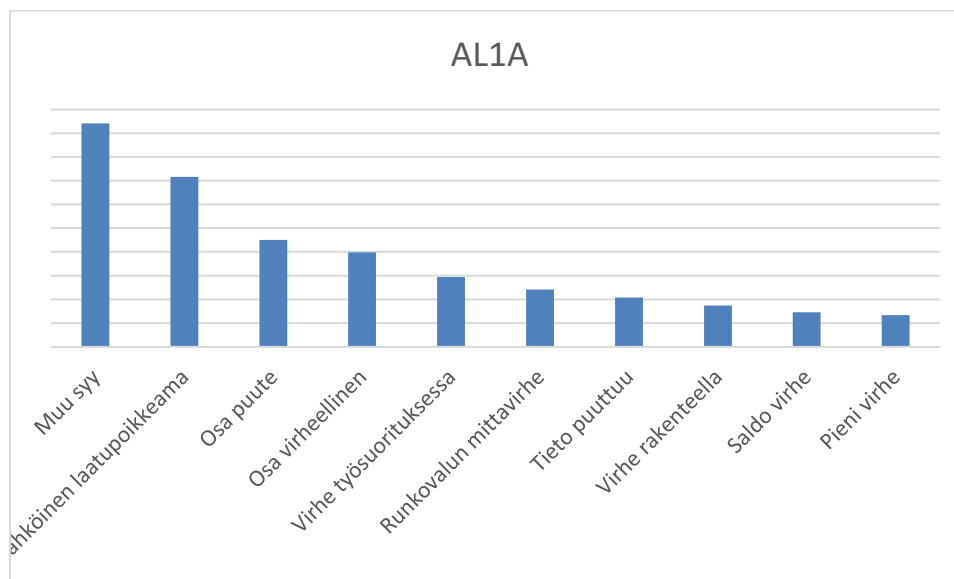
## 7.1 Tuotantolinja AL1

Tuotantolinja AL1 sijaitsee MM-rakennuksessa ja siihen kuuluu AL1A ja AL1B, jossa AL1A toimii päätuotantolinjana. AL1B otetaan käyttöön kiireisinä aikoina. Tässä keskitytään vain linjaan AL1A.

Eniten laaturypysähdyksiä on aiheuttanut kategoria muu syy, jonka osuus oli 23,7 % kaikista AL1A-linjalla tapahtuneista rypysähdyksistä. Muu syy otsikkoa käytetään silloin, kun ongelmalle ei ole tarkempaa kategoriaa. Toiseksi yleisin rypysähdyksien syy on sähköinen laaturypysähdykset, joita oli 18,0 % kaikista linjalla tapahtuneista rypysähdyksistä. Sähköisen rypysähdyksen alla on monta eri ongelmaa ja niistä useimmin esiintyy tarkistusarvojen puuttuminen, joita oli 35,2 % kaikista sähköisistä rypysähdyksistä. Muita usein esiintyviä sähköisiä rypysähdyksiä ovat poikkeuksellinen tyhjäkäyntivirta-arvo, värinä ja lisälaittevirhe. Kolmanneksi yleisin laaturypysähdyksien syy AL1A-linjalla on osa-rypysähdykset. Osarypysähdyksen vuoksi tuotanto tapahtuneita laaturypysähdyksiä tapahtui 11,3 % kaikista A-linjan laaturypysähdyksistä. Taulukossa 3 on esitetty yleisimmät laaturypysähdykset AL1A-linjalla.



**Taulukko 3.** Tuotantolinjan AL1A yleisimmät laaturypysähdykset.



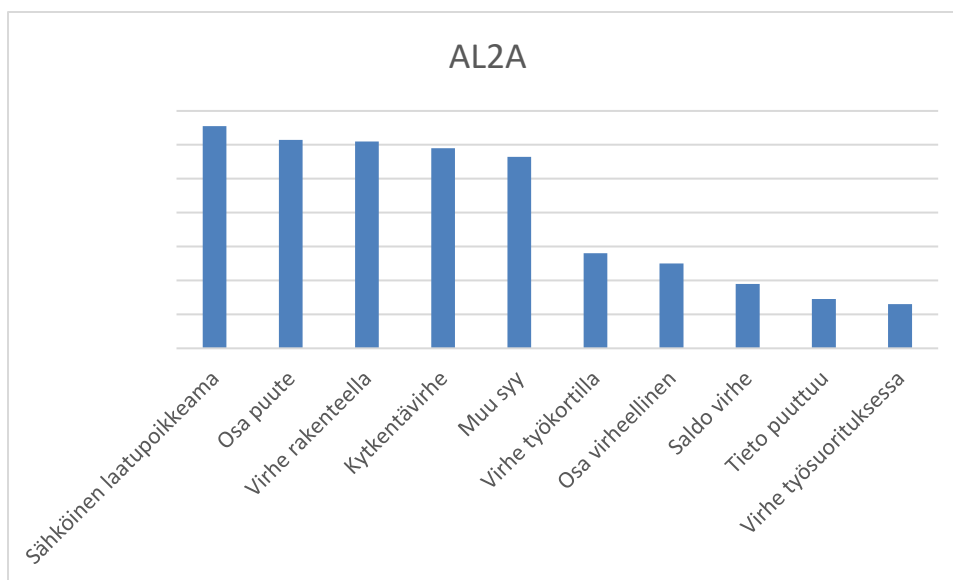
## 7.2 Tuotantolinja AL2

Tuotantolinja AL2:een kuuluu linjat AL2A ja AL2B, joista A-linja on päälinja ja B-linjalla valmistetaan pääasiassa vain 450-kokoluokan moottoreita. AL2B-linjalla valmistettavat isot moottorit vaativat enemmän valmistusaikaa, joten laaturypysähdyksien määrä on huomattavasti pienempi kuin A-linjalla.

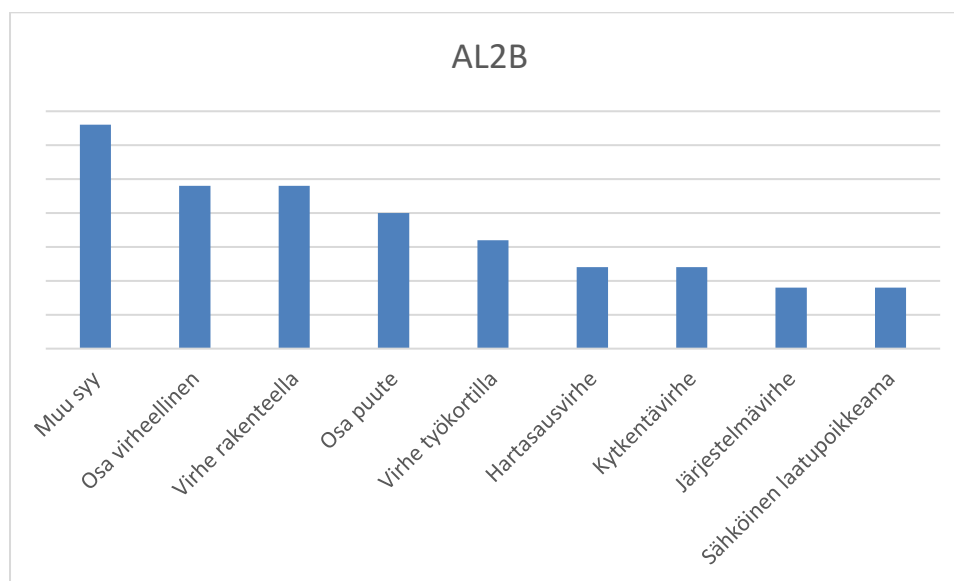
AL2A-linjalla kirjatuista laaturypysähdyksistä sähköisen laaturypikkeaman aiheuttamia syitä esiintyi useimmin, 14,5 % kaikista A-linjan pysähdyksistä. Sähköisistä virheistä suurin osuus on tarkistusarvojen puuttuminen niin kuin AL1A-linjallakin. Muita sähköisiä virheitä olivat oikosulkuvirran ja tyhjäkäyntivirran arvot, mitkä poikkesivat liian paljon laskennallisista arvoista. Vastusvirhe oli myös yksi merkittävimmistä sähköisistä ongelmista AL2A-linjalla. Toiseksi eniten laaturypysähdyksiä tuli osapuutteiden vuoksi, 13,7 % AL2A-linjan pysähdyksistä. Rakennevirheiden prosenttiosuus on 13,5 %. Tuotantolinjan AL2A:lla tapahtuneiden pysähdyksien suurimmat aiheuttajat jakautuvat suhteellisen tasaisesti, kun neljänneksi suurin syy laaturypysähdyksiin oli kytkentävirheet, jonka prosenttiosuus oli 13,1 % ja

viidenneksi yleisin syy oli muu syy (12,5 %). Taulukossa 4 on esitetty yleisimmät laatupysähdykset AL2A-linjalla.

**Taulukko 4.** Tuotantolinjan AL2A yleisimmät laatupysähdykset.



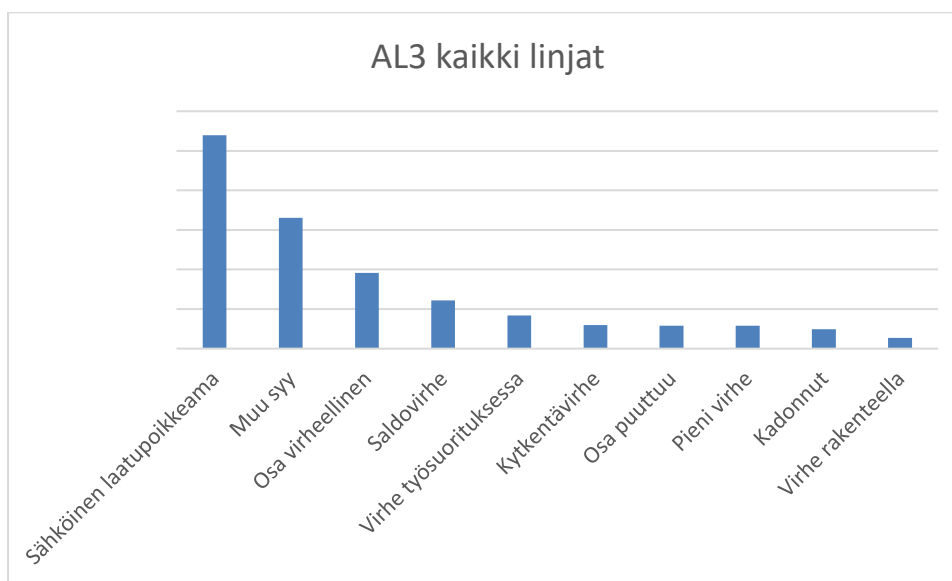
Eniten laatupysähdyksiä aiheutti AL2B-linjalla kategoria muu syy. Niitä oli 14,7 % kaikista AL2B-linjan pysähdyksistä. Seuraavaksi yleisimpiä syitä laatupysähdyksiin olivat virheelliset osat ja virheet rakenteella. Kummankin prosenttiosuus oli 10,7 % B-linjan pysähdyksistä. Laatupysähdyksiä osan puuttumisen vuoksi oli 8,9 % kaikista B-linjalla tapahtuneista laatupysähdyksistä. Kuten prosenttiosuuksista huomataan, AL2B-linjalla laatupysähdykset jakaantuvat melko tasaisesti. Taulukossa 5 on esitetty yleisimmät laatupysähdykset AL2B-linjalla.

**Taulukko 5.** Tuotantolinjan AL2B yleisimmät laatu­pysähdykset.

### 7.3 Tuotantolinja AL3

AL3-tuotantolinjaan kuuluu linjat AL3A, -B, -C, -D ja -E, jotka sijaitsevat kaikki KK-rakennuksessa. E-linjan materiaali on todella vähäistä, joten tässä perehdytään neljään muuhun tuotantolinjaan. Suurin syy laatu­pysähdyksiin oli sähköinen laatu­poikkeama. Niiden prosenttiosuus AL3-linjojen pysähdyksistä oli 38,5 %. Useimmin esiintyvät sähköiset virheet olivat tyhjäkäyntivirran ja oikosulkuvirran poikkeukselliset arvot. Tyhjäkäyntivirran aiheuttamia laatu­pysähdyksiä esiintyi 31,6 % kaikista sähköisistä virheistä ja oikosulkuvirtaongelmia 21,4 %.

Muu syy oli toiseksi yleisin syy AL3-linjojen laatu­pysähdyksille. Muun syyn takia tapahtui 23,6 % kaikista pysähdyksistä AL3-tuotantolinjoilla. Seuraavaksi listalla ovat virheelliset osat 13,7 %:lla kaikista laatu­pysähdyksistä. Taulukossa 6 on esitetty yleisimmät laatu­pysähdykset KK-rakennuksen kaikilla tuotantolinjoilla.

**Taulukko 6.** KK-rakennuksen yleisimmät laatupysähdykset.

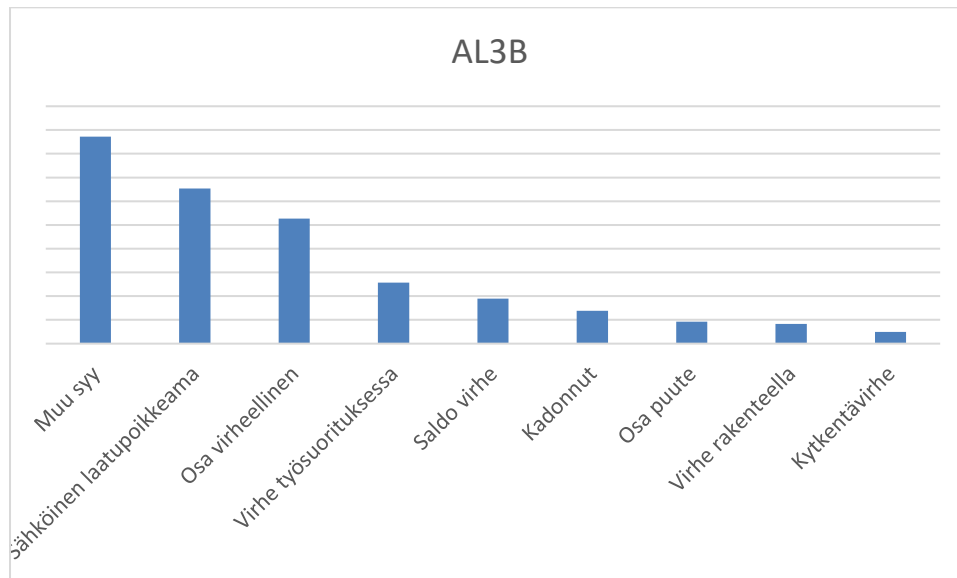
### 7.3.1 AL3A

Tuotantolinjalla AL3A valmistetaan valurautarunkoiset moottorit, joiden akselikorkeus on 71 – 132 millimetriä. Useimmin esiintynyt ongelma oli sähköiset virheet. Niitä oli 47,7 % kaikista pysähdyksistä AL3A-linjalla. Suurin osa sähköisistä virheistä oli tyhjäkäyntivirtojen ja oikosulkuvirtojen poikkeukselliset arvot. Nämä ongelmat yhdessä kattavat kaikista AL3A-linjalla kirjatuista laatupysähdyksistä 29,9 %. Sähköisten laatupoikkeamien jälkeen muu syy oli toiseksi usein esiintynyt ongelma. Sen prosenttiosuus oli 11,1 % kaikista laatupysähdyksistä tuotantolinja AL3A:lla. Kahden yleisimmän laatupysähdyssyy jälkeen esiin nousevat saldovirheet, kytchentävirheet ja virheelliset osat. Kaaviossa 6 sähköiset laatupoikkeamat on avattu kaavion lukemisen selkeyttämiseksi. Taulukossa 7 on esitetty yleisimmät laatupysähdykset AL3A-linjalla.

**Taulukko 7.** Tuotantolinjan AL3A yleisimmät laatu­pysähdykset.

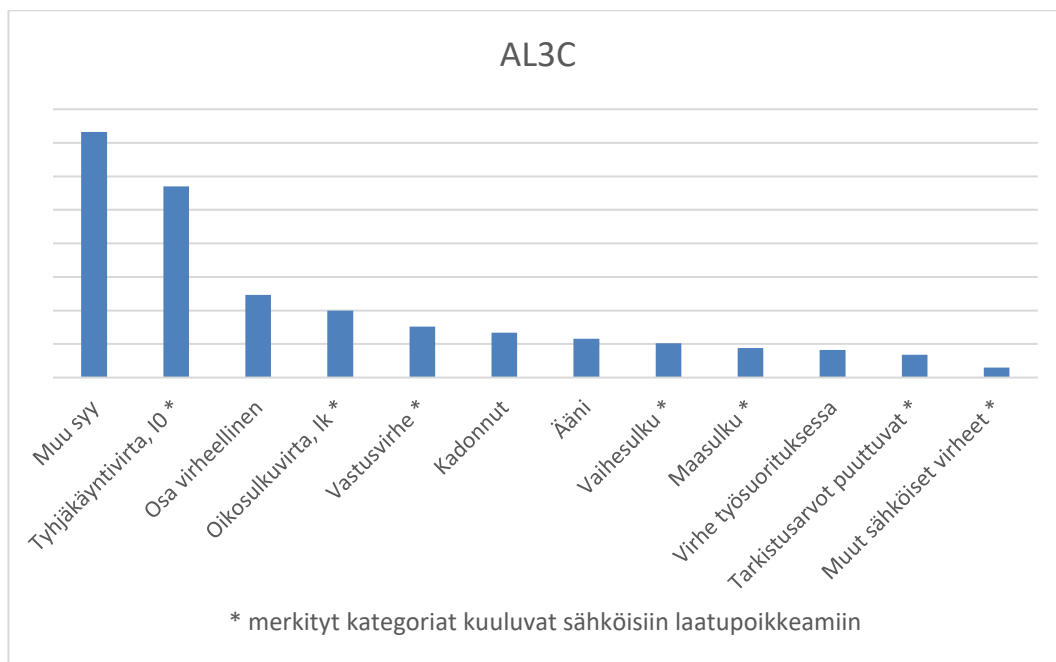
### 7.3.2 AL3B

Tuotantolinjalla AL3B valmistetaan valurautarunkoiset moottorit, joiden akselikorkeus on 160 – 250 millimetriä. Useimmin esiintynyt pysäytyksen syy on muu syy. Se oli 34,0 % kaikista pysähdyksistä AL3B-linjalla. Seuraavaksi yleisin syy oli sähköiset laatu­poikkeamat ja niiden prosenttiosuus oli 25,5 % linjan laatu­pysähdyksistä. Yleisimmät sähköiset virheet olivat tyhjäkäyntivirran aiheuttamat ongelmat ja oikosulkuvirrasta johtuneet virheet. Kolme yleisintä syytä erottuvat muista, sillä kolmanneksi yleisin pysähdysten syy oli virheelliset osat. Ongelmia virheellisten osien vuoksi tapahtui 20,6 % kaikista linjalla tapahtuneista laatu­pysähdyksistä. Työsuorituksessa tapahtuneiden virheiden prosenttiosuus AL3B-linjan laatu­pysähdyksistä oli 10,0 %. Taulukossa 8 on esitetty yleisimmät laatu­pysähdykset AL3B-linjalla.

**Taulukko 8.** Tuotantolinjan AL3B yleisimmät laaturypysähdykset.

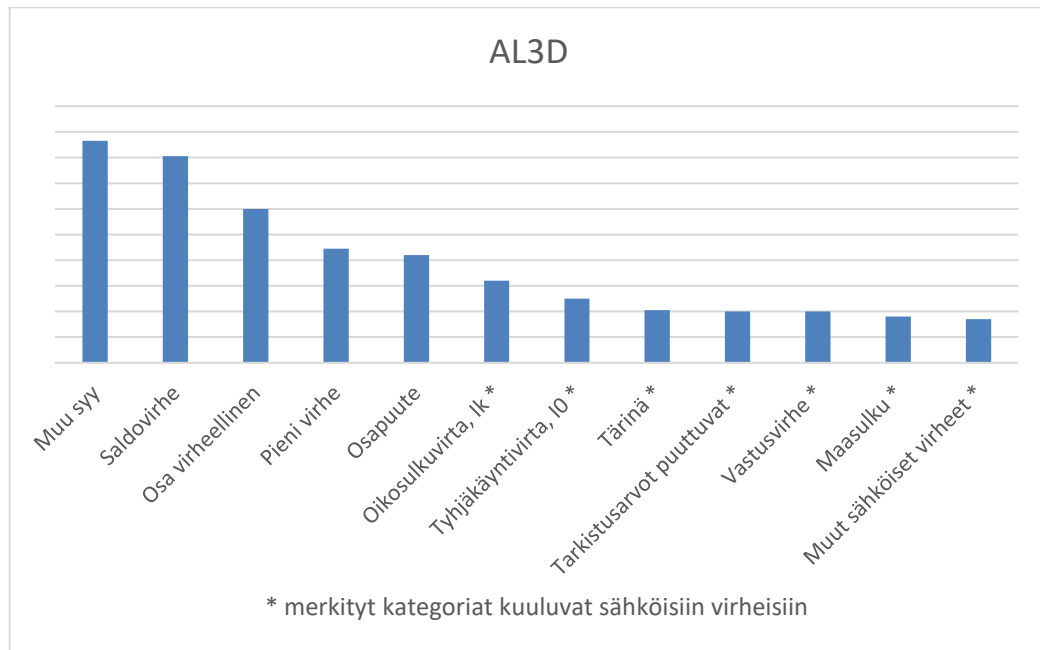
### 7.3.3 AL3C

Tuotantolinjalla AL3C valmistetaan alumiinirunkoiset moottorit, joiden akselikorkeus on 71 – 132 millimetriä. Sähköisten virheiden osuus oli 49,7 % kaikista linjalla tapahtuneista pysähdyksistä. Tyhjäkäyntivirran aiheuttamia ongelmia oli sähköisistä virheistä eniten. Niitä oli kaikista linjalla tapahtuneista laatuongelmista 21,4 %. Poikkeuksellisia oikosulkuvirta-arvoja esiintyi toiseksi eniten sähköisistä ongelmista. Toiseksi eniten laaturypysähdyksiä koko linjalla kirjattiin muu syy nimikkeellä (27,5 %). Sähköiset virheet ja muiden syiden takia tapahtuneet laatuongelmat kattavat 77,2 % kaikista linjalla tapahtuneista tuotannon pysähdyksistä. Taulukossa 9 on esitetty AL3C-linjan yleisimmät laaturypysähdykset ja sähköiset laatu poikkeamat on avattu kaavion lukemisen selkeyttämiseksi.

**Taulukko 9.** Tuotantolinjan AL3C yleisimmät laaturypysähdykset.

### 7.3.4 AL3D

Tuotantolinjalla AL3D valmistetaan valurautarunkoiset moottorit, joiden akselikorkeus on 160 - 250 millimetriä. Eniten laaturypysähdyksiä aiheutti sähköiset ongelmat ja niiden osuus oli 29,8 % kaikista linjalla tapahtuneista pysähdyksistä. Sähköisistä ongelmista eniten esiintyi oikosulkuvirta- ja tyhjäkäyntivirtavirheitä. Muun syyn prosentuaalinen osuus oli 16,9 % kaikista AL3D-linjan laaturypysähdyksistä. D-linjalla laaturypselmat ovat jakautuneet suhteellisen tasaisesti. Taulukossa 10 on esitetty AL3D-linjan yleisimmät laaturypselkset ja sähköiset laaturypselkeamat on avattu kaavion lukemisen selkeyttämiseksi.

**Taulukko 10.** Tuotantolinjan AL3D yleisimmät laatuviat.



## 8 LAATUPYSÄHDYKSIEN SYYT TOP 5

Laatupysähdyksiä tapahtui 1.1.2018 – 28.2.2019 välisenä aikana MM-rakennuksessa sekä KK-rakennuksessa. Useimmin esiintyneet syyt laatupysähdyksiin olivat sähköinen laatupoikkeama, muu syy, osa virheellinen, saldovirhe ja osapuute. Viisi yleisintä syytä kattavat 78,6 % kaikista laatupysähdyksistä.

### 8.1 Sähköinen laatupoikkeama

Sähköinen laatupoikkeama on yleisnimitys useammille laatuongelmille, jotka jokin sähköinen vika on aiheuttanut. Yhteensä sähköisestä viasta johtuvia laatupysähdyksiä tapahtui 31,6 % kaikista laatupysähdyksistä. KK-rakennuksessa sähköistä laatupoikkeamaa havaittiin huomattavasti enemmän kuin MM-rakennuksessa. KK-rakennuksessa AL3A-linjalla sähköisiä laatupoikkeamia oli 33,2 % kaikista tapahtuneista sähköisistä laatupoikkeamista. MM-rakennuksessa eniten sähköisiä ongelmia havaittiin AL1A-linjalla, 11,1 % kaikista sähkövioista.

Sähköiset laatupoikkeamat ovat:

- eristysvastus
- kierrossulku
- lisälaittevirhe
- maasulku
- oikosulkuvirta,  $I_k$
- tarkistusarvot puuttuvat
- tyhjäkäyntivirta,  $I_0$
- tärinä
- vaihesulku
- vastusvirhe
- vyyhtisulku
- ääni.

### **8.1.1 Tyhjäkäyntivirta, $I_0$**

Tyhjäkäyntivirta oli useimmin esiintynyt sähköinen laatupoikkeama ja sen prosenttiosuus oli 29,3 % kaikista sähköisistä laatuongelmista. Tyhjäkäyntivirta tarkoittaa sähkömoottorin käyttämää virran määrää tyhjäkäynnissä eli ilman kuormaa. Tyhjäkäyntivirta-arvot mitataan rutiinitestauksessa moottorin käydessä ilman kuormaa. Tyhjäkäyntivirta saa olla  $\pm 10$  % suunnittelijoiden laskemasta arvosta. Kahden vaiheen välinen ero saa olla  $\pm 5$  % laskennallisesta arvosta. Jos testistä saadut arvot ovat niukasti sallittujen arvojen ulkopuolella, niin yleensä laskelmaa muutetaan sen verran, että testin tulokset ovat tarpeeksi lähellä laskennallisia arvoja. Jos testatut arvot poikkeavat huomattavasti laskelmasta, moottori avataan ja syy selvitetään. Syynä voi olla esimerkiksi liian suuri ilmarako tai se, että roottori ja staattori eivät ole kohdakkain.

### **8.1.2 Oikosulkuvirta, $I_k$**

Toiseksi eniten sähköisiä laatuongelmia aiheutti oikosulkuvirta-arvot. Oikosulkuvirroista aiheutuvia laatuongelmia oli 19,2 % kaikista sähköisistä laatupoikkeamista. Oikosulkuvirta tarkoittaa sitä, kuinka paljon moottori käyttää verkkovirtaa, kun moottorin akseli on lukittuna kiinni eikä se pääse pyörimään. Testausvaiheessa moottorille tehdään oikosulkukoe, jossa mitataan oikosulkuvirtaa. Testin tulokset saavat olla  $\pm 15$  % laskennallisesta arvosta. Jos mitatut arvot eroavat laskennallisista arvoista, toimitaan samalla tavalla kuin tyhjäkäyntivirtatapauksessa.

### **8.1.3 Tarkistusarvojen puuttuminen**

Tarkistusarvojen puuttuminen oli kolmanneksi yleisin sähköinen laatupoikkeama. Tarkistusarvojen puuttumisen takia johtuvia ongelmia tuotannossa oli 11,2 % kaikista sähköisistä laatupoikkeamista. Tarkistusarvot ovat suunnittelijoiden ennalta laskemat arvot, joihin testauksessa saatuja arvoja verrataan. Tarkistusarvojen puuttuminen johtuu järjestelmävirheestä, jolloin arvot eivät välity testauksessa käytävään ohjelmaan. Suurin syy virheelle on järjestelmän liittymän kaatuminen. Muita syitä voi olla, että suunnittelijoiden EA-kanta ei vastaa tai ElApp-liittymä ei lähetä tietoja eteenpäin. On myös mahdollista, että koko asiakkaan kauppa puuttuu

suunnittelijoiden järjestelmästä. Tällöin tarkistusarvoja ei voi lisätä järjestelmään kaupan moottoreille. Sähkösuunnittelija voi lisätä tarkistusarvot manuaalisesti järjestelmään jälkikäteen.

## 8.2 Muu syy

Muu syy kirjataan yleensä silloin, kun järjestelmän valmiissa vaihtoehdoissa ei ole sopivaa kuvausta ongelmalle. Silloin otsikoksi valitaan ”muu syy”, ja ongelman kuvauskenttään kerrotaan mahdollisimman tarkasti havaitusta virheestä. Muu syy oli toiseksi useimmin esiintynyt laatupoikkeamien syy kaikki tuotantolinjat mukaan luettuna. Niitä esiintyi 21,2 % kaikista laaturaportteista.

Notifikaatiota tehdessä ongelman syyksi ei pysty laittamaan ”muu syy”. Se vaatii tarkemman selityksen, esimerkiksi suunnittelu- tai rakennevirheen. Mutta jos MES-järjestelmässä moottorin valmistus on keskeytetty, (pause-tila) eli järjestelmään kirjataan, että moottorin valmistus on pysäytetty, niin pysäytyksen syyksi voi laittaa muun syyn. Muu syy on lähes aina tuttu rakennevirhe, josta halutaan ilmoittaa, mutta moottoria ei haluta lukita, eli moottoria ei voi siirtää SAP-järjestelmässä seuraavalle työvaiheelle ja se estää moottorin valmistuksen jatkamisen. Rakennevirheet ovat toistuvia ja usein työntekijät tietävät kokemuksellaan, kuinka ongelma ratkaistaan, eikä moottoria tarvitse pysäyttää tuotantolinjalla. Yksittäinen moottori korjataan, mutta juurisyy pysyy edelleen ongelmana. Moottorin vian perinpohjainen syy pitäisi saada aina tietoon.

Suurimmalle osalle virheistä, jotka on kirjattu otsikolla ”muu syy”, löytyy tarkempi kategoria. Esimerkiksi monta virheellistä tuuletinsuojaa ja sähköistä vikaa oli kirjattu kategoriaan muu syy. Jos muu syy -koodia on käytetty ja ongelmalle olisi tarkempikin selitys niin voi olla, että ongelmaan ei olla perehdytty lainkaan. Laatuinsinöörejä auttaa vähäinenkin tieto, siitä mihin ongelma liittyy. Notifikaatioon voi kirjata esimerkiksi käämintäongelman, jos ongelma liittyy käämintään. Tällöin laatuinsinöörit voivat yhdistää ongelman käämintään, mikä nopeuttaa ongelman ratkaisemista.

Muu syy -otsikon alle sopivia virheitä olivat ongelmat, joissa moottori oli kirjattu liian aikaisin seuraavalle työvaiheelle tai jotain työvaihetta ei ollut kirjattu järjestelmään ollenkaan. Muu syy -otsikkoa pitäisi välttää ja yrittää etsiä tarkemmin ongelmaa kuvaava kategoria. Mikäli parempaa kategoriaa ei ole, kuvauskenttään pitäisi kirjoittaa tarkka selitys ongelmasta.

### **8.3 Osa virheellinen**

Kolmanneksi yleisin syy laaturaportteihin oli virheellinen osa. Niiden osuus oli 12,2 % kaikista laaturaportteista. Osa on voinut tulla jo alihankkijalta viallisena, se on voinut vioittua kuljetuksen aikana tai tuotannon työntekijälle on käynyt inhimillinen virhe ja osa on vioittunut sitä käsiteltäessä. Virheelliset osat pyritään aina korjaamaan ABB:llä ajan säästämiseksi. Jos virheellistä osaa ei voida korjata, osa romutetaan tai lähetetään takaisin alihankkijalle ja tilataan korvaava osa tilalle.

Virheellinen osa voi olla mikä tahansa moottorin osa, joka on vioittunut. Yleisimpiä virheellisiä osia viime aikoina ovat olleet vialliset akselit, läpivientilaippaongelmat, naarmut ja kolhut tuuletinsuojissa sekä ongelmat laakerikilpien kanssa. Samoja virheellisiä osia tulee yleensä enemmän kuin yksi. Virheelliset osat esiintyvät joukkona ja usein samasta toimituserästä osasta riippumatta. /10/

### **8.4 Saldovirhe**

Saldovirheet olivat neljänneksi yleisin syy laaturaportteille. Saldovirheiden prosenttiosuus oli 7,2 % kaikista laaturaportteista. Saldovirhe tarkoittaa sitä, että järjestelmän ilmoittama lukumäärä tai sijainti ei vastaa osien todellista lukumäärää tai sijaintia. Käytännössä se tarkoittaa esimerkiksi, että yrityksen sisäisen järjestelmän mukaan tiettyä osaa pitäisi löytyä hyllystä yksi kappale, mutta hyllyssä onkin kaksi kappaletta kyseistä osaa. Osa moottoriin asennettavista osista ovat moottorikohtaisia. Jos hyllyssä on osia, mitä ei ole tietojärjestelmässä, pitää selvittää mille moottorille ylimääräinen osa kuuluu. Ongelman ratkaisemiseksi yhtiössä tehdään säännöllisin väliajoin inventaarioita, mutta sekään ei takaa tarkkaa lukumäärää kaikista osista. Osia pitäisi ottaa vain sieltä mistä SAP-järjestelmä määrää eikä sieltä mistä niitä löytyy. Tällöin saldovirheet vähentyisivät.

## 8.5 Osapuute

Viidenneksi useimmin esiintynyt laatuongelma on osapuute. Niitä esiintyi kaikilla tuotantolinjoilla ja niiden prosenttiosuus oli 6,5 % kaikista laaturaportteista. Osapuute kirjataan silloin, kun moottorin valmistuksessa jotain sähkömoottorin osaa ei ole. Osapuutteita ovat esimerkiksi osan puuttuminen, vaikka osaluettelon mukaan kyseinen osa pitäisi löytyä. Virhe voi johtua rakennemuutoksesta tai siitä, että osa on hyllytetty väärään paikkaan.

Pääsääntöisesti moottorin valmistusta ei aloiteta, jos tiedossa on osapuute. Reworkilla moottorin valmistus voidaan aloittaa osapuutteesta huolimatta, mutta se ei ole virallinen toimintatapa. Rework luodaan osapuutteen vuoksi. Jos ennen moottorin valmistuksen aloittamista tiedetään, että jokin osa puuttuu, esimerkiksi jarru, luodaan rework. Tällöin hyllystä otetaan uusi jarru, mikä ei ole tarkoitettu kyseiselle moottorille ja se asennetaan moottoriin. Yrityksen tietojärjestelmästä nähdään puuttuvan osan olevan reworkilla. Kyseinen osa on irroitettu päärakenteelta, jotta moottorin valmistaminen voidaan aloittaa. Moottorin valmistuttua korvaavalla osalla, rework täytyy kuitata oikein tai seurauksena on saldovirhe. Jos reworkia ei kuitata ollenkaan, järjestelmä estää moottorin lähetyksen asiakkaalle.

## 8.6 Yhteiset tekijät

Useimmin esiintynyt syy laaturaportteihin lähes kaikilla tuotantolinjoilla oli sähköinen virhe tai muu syy. MM-rakennuksessa sähköisistä virheistä yleisin oli tarkistusarvojen puuttuminen, kun taas KK-rakennuksessa yleisimmät sähköiset laatuongelmat johtuivat tyhjäkäyntivirrasta tai oikosulkuvirrasta. Syy rakennusten välisiin eroihin sähköisissä virheissä voi olla, että KK-rakennuksessa moottorit ja suunnittelijoiden laskemat laskelmat ovat hyvin samanlaisia keskenään. MM-rakennuksessa valmistettavat moottorit eroavat enemmän toisistaan kuin KK-rakennuksessa. Tällöin moottoreiden laskelmatkin eroavat toisistaan ja se aiheuttaa enemmän tarkistusarvojen puuttumisia kuin KK-rakennuksessa.

## 8.7 Tuotantolinjakohtaiset tekijät

Suurin ero laatupoikkeamissa MM-rakennuksen ja KK-rakennuksen välillä oli, että KK:ssa saldovirheitä oli huomattavasti enemmän. Tämä selittyy osin sillä, että KK-rakennuksessa valmistetaan huomattavasti enemmän moottoreita kuin MM-rakennuksessa. AL2B-linja oli ainoa linja, jossa sähköiset laatupoikkeamat eivät olleet viiden yleisimmän syyn joukossa. AL2B-linjalla oli havaittu yhdeksän sähköistä laatupoikkeamaa, mikä on valmistuneisiin moottoreihinkin nähden pieni prosenttiluku muihin linjoihin verrattuna.

AL2-linja erottuu muista tuotantolinjoista myös rakennevirheiden osalta. Se oli linjan kolmanneksi yleisin syy tuotannon pysähtymiseen. AL2B-linjalla havaittiin myös rakennevirhettä ja se oli linjan toiseksi yleisin syy laatupysähdyksiin.

Kesätyöntekijät aloittavat työt ABB:llä yleensä toukokuun lopulla ja he työskentelevät elokuun puoleenväliin asti. Laatupysähdysten määrä ei vaihtelee merkittävästi kesäkuukausina, AL2A-linjaa lukuun ottamatta. Tilastojen mukaan AL2A-linjalla tapahtuu eniten laatupysähdyksiä kesätyöntekijöiden aikana.

## 9 LAATUINSINÖÖRIEN HAASTATTELUT

MM-rakennuksessa työskentelee kaksi operatiivista laatuinsinööriä. Heidän tehtävänsä on ratkaista laaturaportteja ja saada tuotanto jatkumaan mahdollisimman nopeasti. Jos sähkömoottoreiden valmistuksessa havaittua ongelmaa ei saada ratkaistua kahdessa päivässä, ongelman pitäisi siirtyä operatiivisilta laatuinsinööreiltä laatu tiimin hoidettavaksi, mutta näin ei aina tapahdu. Ongelma jää usein operatiivisten laatuinsinöörien ratkaistavaksi.

Yksi yleisimmistä ja aikaa vievimmistä laatu poikkeamista vuosien aikana on ollut staattoreihin ja käämintään liittyvät ongelmat. Useimmin esiintyviä virheitä ovat olleet ulostulokaapeleiden sijoittelu, ulostulokaapeleiden pituudet ja niiden ampaukset eli liitännät. Osasyitä näihin virheisiin ovat uudet tavarantoimittajat, koska ABB:n laatu kriteerit ovat korkeat. Laatu kriteerien saavuttaminen ja tottuminen laadukkaiden tuotteiden jatkuvaan valmistamiseen vie aikaa. Nyt samat virheet käydään läpi uudestaan toimittajan vaihtuessa. Uutta toimittajaa etsiessä tuotteiden laadulla pitää olla merkitystä hinnan lisäksi. Samoja laatuun liittyviä ongelmia on esiintynyt jo kauan ja niihin pitäisi puuttua tehokkaammin.

Laatuinsinöörien notifikaatiotyöjono toimii hyvin, jos laatu poikkeama on esitetty lyhyesti ja tarkasti. Jos näin ei ole tehty, ongelman selvittämiseen ja ratkaisemiseen kuluu turhaa aikaa. Kun tämä alkaa kertautumaan, työmäärä kasvaa välillä jopa liian suureksi kahdelle operatiiviselle laatuinsinöörille. Laatuinsinöörit tarvitsevat tukea varsinkin kiireellisinä aikoina, esimerkiksi muulta laatu tiimiltä.

Tuotannon työntekijät ja toimihenkilöt antavat kehitysideoita tuotannon kehittämiseen, ja operatiiviset laatuinsinöörit kirjaavat ne järjestelmään. Ongelma on, että hyvin usein kehitysideat jäävät vain tietokantaan, eikä niihin perehdytä tai niitä ei oteta käyttöön tuotannossa. /10/ /11/

## 10 KEHITYSIDEOITA

Tämän opinnäytetyön tarkoitus ei ollut ratkaista kaikkia laatuun liittyviä ongelmia. Työssä perehdytään useimmin esiintyviin laatupoikkeamiin ja esitetään mahdollisia ratkaisumalleja tiettyihin ongelmiin.

Datan ja materiaalin tarkastelussa esiintyi tiedon hakua hidastavia tekijöitä. Laatu-  
pysähdysten otsikot sharepointissa ja notifikaatioissa eivät täsmää täysin, mikä hi-  
dastaa ongelmien kokonaismäärän hahmottamista. Molempien järjestelmien haku-  
ja rajausominaisuudet ovat hyviä, mutta niiden pitäisi olla yhteneviä ja toisiaan tu-  
kevia.

Notifikaatioihin pitäisi kirjoittaa mahdollisimman tarkka kuvaus ongelmasta. Vir-  
heellisen osan tapauksessa, yksi tärkeimmistä tiedoista on virheellisen osan osanu-  
mero. Operatiiviset laatuinsinöörit voivat etsiä moottorin valmistuksessa käytettä-  
viä osia yrityksen sisäisestä järjestelmästä osanumeron avulla. Järjestelmästä löytyy  
osien piirustukset, joihin viallista osaa voidaan verrata. Jos osanumero on kirjattu  
notifikaatioon, säästetään aikaa ongelman ratkaisemisessa ja reklamoinnissa.

Moottorin osiin olisi hyvä lisätä pysyvä tunniste, esimerkiksi kaiverrus. Tällöin osa  
tunnistettaisiin, vaikka tunnistelappu olisi irronnut kuljetuslavasta. Osiin voisi lisätä  
myös juoksevan numeroinnin, josta näkisi mille tilaukselle osa on ja miltä toimit-  
tajalta osa on tullut. Tämä helpottaisi osan tunnistamista ja mahdollista reklamoin-  
tia. /11/

Lopputarkastuksessa moottori tarkastetaan viimeisen kerran ennen asiakkaalle lä-  
hettämistä. Lopputarkastajia voisi kierrättää eri tarkastuspaikkojen välillä, koska eri  
tarkastajat kiinnittävät huomiota eri asioihin. Tämä vähentäisi asiakasreklamaatioi-  
den määrää.



### **10.1 Laatuypysähdyksistä eroon pysyvästi**

Arvokilvessä on moottorin tärkeimmät tiedot ja se asennetaan moottoriin lopputäydennyksessä. Arvokilvet tulevat Lasermark-yritykseltä ja niitä puuttuu toisinaan, eikä moottoria voi lähettää eteenpäin ilman arvokilpeä. Arvokilpien tulostus moottoritehtaalla voisi poistaa kokonaan arvokilpiongelmia. Nykyinen järjestely toimii, mutta se olisi tehokkaampaa talon sisällä hoidettuna. /10/

Tarkistusarvojen puuttuminen johtuu järjestelmävirheestä. Suurin syy tähän on järjestelmän liittymän kaatuminen. Liittymää voisi kehittää siten, että tarkistusarvot välittyisivät varmemmin koestamossa käytettävään ohjelmaan. Tarkistusarvojen pitäisi kulkeutua automaattisesti järjestelmään, ja niiden lisääminen manuaalisesti työllistää sähkösuunnittelijoita.

### **10.2 Laatuypysähdykset, joita voidaan vähentää**

Tehtaan sisäisessä logistiikassa on parannettavaa. Roottoreita ja staattoreita toimitetaan MM-rakennukseen koko ajan ja osat siirretään mahdollisimman nopeasti hyllyyn tai sinne missä niitä tarvitaan. Tämän seurauksena roottoreita ja staattoreita on hukassa ja niitä romutetaan sekä tilataan uusia. Romutuskustannukset ovat korkeat ja uusien osien saamisessa kuluu aikaa. Osa osista tulee ulkoisesta varastosta, jossa osat ovat olleet säilytyksessä. Varastoon viedyt ja sieltä tulevat osat lisäävät tavaliikennettä. Tulevan tavaran ohjausta ja koko logistiikkaketjun toimintaa voisi kehittää. Tämä vähentäisi osapuutteita, eikä osia olisi niin paljon kateissa. /11/

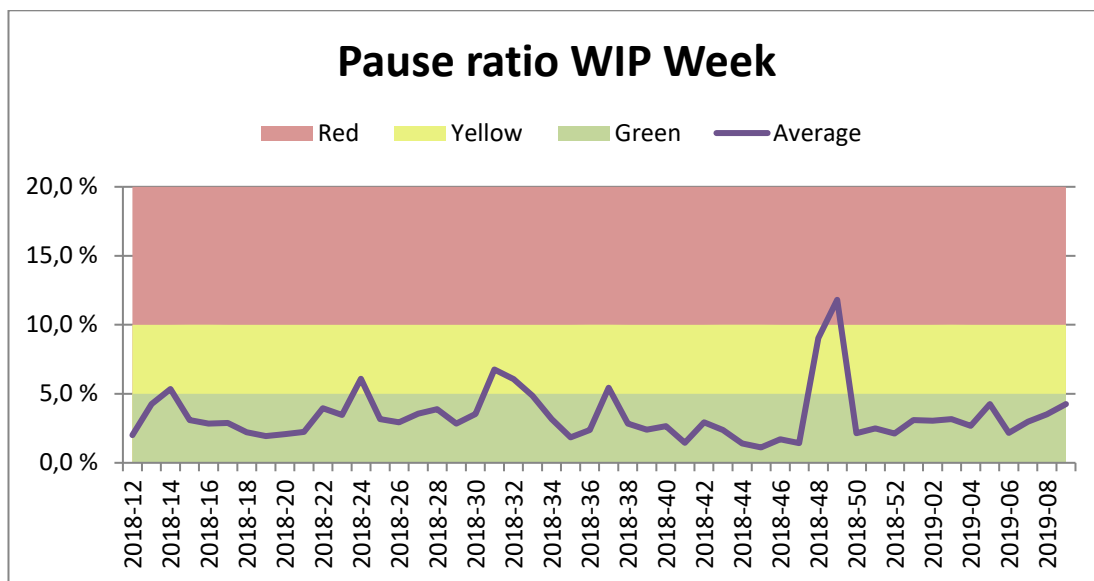
Staattoreiden hartsauksessa on esiintynyt virheitä. Osan staattoreista hartsaavat tavantoimittajat ja osa hartsataan ABB:n hartsaamossa. Yrityksen sisäiseen SAP-järjestelmään on tehty määrittämiä, jotka ohjaavat staattorin oikeaan hartsauspaikkaan. Siihen vaikuttaa staattoripaketin koko, staattorin eristysohje ja hartsaustapa. Uuden toimittajan aloittaessa yhteistyön ABB:n kanssa, yrityksen edustajan pitäisi mennä toimittajan tehtaalle katsomaan ja ohjeistamaan työn aloittamisessa. Tällöin varmistettaisiin hartsauksen laatu ja oikeat toimintatavat yhteistyön alkuvaiheessa.

### 10.3 Seurantakaavio

Pysäytettyjen moottoreiden seurantakaaviossa on kuvattu kaikki tuotannossa pysäytetyt moottorit suhteessa kaikkiin tuotannossa oleviin moottoreihin. Pysähdykset johtuvat laatuongelmista. Kaavion päivittäminen on automatisoitu ja se hakee itse tietoa ABB:n sisäisestä järjestelmästä viisi kertaa viikossa.

Kaavio ei ole aktiivisessa käytössä laatuhenkilöiden työnteossa. Läheskään kaikki toimihenkilöt eivät tiedä kaavion olemassaolosta, vaikka se olisi hyödyllinen työkalu laatupoikkeamien seurannassa. Kaavio löytyy yrityksen internetsivuilta Sharepointista, jonne kaikilla ABB:n työntekijöillä on pääsy. Kaaviossa pystyy rajaamaan eri tuotantolinjat ja tarkasteluajat, mikä mahdollistaa laatuongelmien seurannan yksityiskohtaisemmin kuin ennen.

Kaaviossa pystyy muuttamaan vihreän, keltaisen ja punaisen alueen prosenttirajoja. Rajat voisi muuttaa joka tuotantolinjalle sopivaksi ja esimerkiksi laatuinsinöörit tai työnjohtajat tarkastaisivat kaavion tietyn ajan välein. Vihreällä alueella liikuttaessa kaikki olisi hyvin, mutta käyrän noustessa keltaiselle alueelle, asiaan pitäisi perehtyä. Asetetuista rajoista riippuen keltaisella alueella laatu pysähdyksiä voisi alkaa tarkastelemaan, jotta selviää piikin syy. Punaisen alueen rajat voisi asettaa tasolle, jossa pysähdyksiä on poikkeuksellisen paljon. Siinä kohtaa laatu pysähdyksien syyksi voisi epäillä esimerkiksi saman erän osien alhaista laatua. Jos käyrä nousee punaiselle alueelle asti, ongelmaan oltaisiin jo varauduttu ja pysähdysten määrä saataisiin mahdollisimman nopeasti laskemaan. Tällöin laatuongelmien ratkaisussa säästettäisiin aikaa. Taulukossa 12 on esitetty seurantakaavio pysäytetyistä moottoreista.

**Taulukko 11.** Pysäytettyjen moottoreiden seuranta-kaavio.

#### 10.4 Tiedonkulku ja kommunikointi

Laadun parantamisessa tärkeä osa on, että tieto kulkee talon sisällä ja kommunikointi toimii. Moottorin valmistuksessa tapahtuu laaturaportteja ja niistä tehdään notifikaatio järjestelmään. Tuotannossa esiintyy myös ongelmia, jotka työntekijät korjaavat ja moottorin valmistus jatkuu. Esimerkiksi moottorin tullessa maalausvaiheeseen, maalari joutuu usein puhdistamaan tai paikkailemaan moottoria. Edellisissä työvaiheissa moottori on likaantunut tai kolhiintunut. Jokaisen työntekijän pitäisi noudattaa huolellisuutta ja katsoa, että moottori on siistissä kunnossa ennen sen siirtämistä seuraavalle työvaiheelle.

Pelkästään operatiiviset laatuhenkilöt ovat usein tekemisissä tavaran toimittajien kanssa. Kaikki laatuhenkilöt eivät tiedä kaikista laatuun liittyvistä ongelmista. Tiedon pitää kulkea paremmin yrityksen sisällä ja useamman henkilön välillä. Kehitysideoiden pitää päätyä linjalta oikeille toimihenkilöille, jotka voivat viedä ideaa eteenpäin ja edistää tuotantoa. Toimihenkilöillä pitäisi myös olla esteetön reitti kertoa muutoksista tai poikkeavuuksista tuotannon työntekijöille. Suunnittelijat voisivat vieraila useammin tuotantolinjoilla katsomassa moottorin valmistusta ja keskustelemassa kokoonpanijoiden kanssa. /11/

## 11 YHTEENVETO

Tämä työ on tehty osana jatkuvan parantamisen hanketta, joka aloitettiin yrityksessä laadun parantamiseksi. Olen ollut ABB:n Motors ja Generators-yksikössä kesätyössä operatiivisella laatuosastolla. Työkokemukseni on auttanut tämän työn tekemisessä.

Materiaalia oli saatavilla todella paljon ja sen läpikäyminen vei aikaa. Työhön on kerätty yleisimmät syyt laatuongelmiin liittyen. Tämän työn tarkoitus on havainnollistaa useimmin esiintyvien laatuongelmien syyt. Se myös helpottaa havainnollistamaan eniten esiintyviä laatueroja tuotantolinjoittain, ettei jatkossa tarvitsisi käydä koko materiaalia läpi.

Keskustelin paljon yrityksen työntekijöiden kanssa ja sain apua työn tekemisessä. Kaikki olivat heti valmiita auttamaan tai kertomaan keneltä kannattaa pyytää apua. Jatkuvan parantamisen työryhmä ja laatuosasto pohtivat miten yrityksen tuotteiden laatua voitaisiin parantaa. Toivon, että tämä työ auttaa heitä kehittämään tuotantoa ja parantamaan tuotteiden laatua.

## LÄHTEET

- /1/ ABB:n internetsivut historia. Viitattu 21.3.2019.  
<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia>
- /2/ ABB:n internetsivut facts and financial information summary.  
Viitattu 25.3.2019. <https://new.abb.com/investorrelations/company-profile/facts-figures>
- /3/ ABB:n internetsivut Suomen ABB:n liikevaihto. Viitattu 25.3.2019  
<http://www.abb.fi/cawp/seitp202/3f17e41c4444db4ac125822d00266b18.a>  
[spx](#)
- /4/ ABB Motors and Generators sisäinen tietokanta. Viitattu 27.3.2019
- /5/ Korpinen L. 10 Sähkökoneet, osa 1. Viitattu 28.3.2019  
[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/10sahkokoneet\\_1osa.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf)
- /6/ Holttinen, V. 2018. Oikosulkumoottorin laskentamallin toimintaperiaate ja tarkkuuden verifiointi, Kandidaattityö. Lappeenranta University of Technology.  
Viitattu 28.3.2019.  
[http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158370/Kandidaatintyo\\_Holttinen\\_Venla.pdf?sequence=1](http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158370/Kandidaatintyo_Holttinen_Venla.pdf?sequence=1)
- /7/ ABB:n internetsivut Laadukkaat asennustuotteet. Viitattu 2.4.2019.  
<https://new.abb.com/low-voltage/fi/kampanjat/laatusivut/asennustuotteiden-laatu>
- /8/ ABB:n internetsivut Toiminnan laatu. Viitattu 2.4.2019.  
<https://new.abb.com/low-voltage/fi/kampanjat/laatusivut/toiminnan-laatu>
- /9/ ABB:n internetsivut Hankinnan laatu. Viitattu 2.4.2019  
<https://new.abb.com/low-voltage/fi/kampanjat/laatusivut/hankinnan-laatu>

- /10/ Niemi, M. 2019. Operatiivinen laatuinsinööri. ABB Oy, Motor and Generators Vaasa. Haastattelu 17.4.2019
- /11/ Seppälina, J. 2019. Operatiivinen laatuinsinööri. ABB Oy, Motors and Generators Vaasa. Haastattelu 26.4.2019