



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mira Backman

# MOOTTORITEHTAAN KOEKENTÄN KAPEIKKOANALYYSI

Tekniikka  
2014

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan koulutusohjelmassa. Työn tilasi ABB Oy:n Moottorit ja generaattorit -yksikön Vaasan tuotantoyksikkö.

Opinnäytetyön ohjaajina toimivat Moottorit ja generaattorit -yksiköstä koestamopäällikkö Tommi Pantti sekä logistiikkapäällikkö (englanniksi PG IEC LV Motors Logistics Manager) Mikko Ristimäki. Vaasan ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen -yksiköstä opinnäytetyön valvojana toimi lehtori Timo Männistö. Haluan kiittää valvojia sekä kaikkia, jotka ovat auttaneet ja neuvoneet opinnäytetyön teossa.

Vaasassa 14.5.2014

Mira Backman

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mira Backman
Opinnäytetyön nimi	Moottoritehtaan koekentän kapeikkoanalyysi
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	44 + 2 liitettä
Ohjaaja	Timo Männistö

---

Insinööriyön tavoitteena oli kartoittaa Vaasan moottoritehtaan koestamossa olevia tuotannon pullonkauloja ja niiden juurisyitä. Koestamon toiminta on joutunut tarkasteluun, koska koestamossa myöhästymää on enemmän kuin muissa tilaus-toimitusprosessin osa-alueissa. Työn tarkoitus on antaa lähtötietoja ja ehdotuksia pullonkaulan avartamiseen.

Työssä keskitytään pullonkaulaan koestamon näkökulmasta, mutta avataan myös vähän tapahtumia, jotka aiemmissa osaprosesseissa vaikuttavat siihen, että pullonkaula syntyy koestamoon. Tutkimusmateriaalia on hankittu haastattelemalla koestajia ja toimihenkilöitä sekä aiemmista opinnäytetöistä ja ABB:n sisäisistä tiedostoista.

Tutkimuksen aika kävi ilmi, että pullonkauloja aiheuttaa monet erilaiset asiat, jotka käsittelevät niin työkaluja, koekentän kapasiteettia, tietokonejärjestelmien viikoja kuin vanhoja laitteita. Eniten kapeikkoa avarretaan hallitsemalla rajallista kapasiteettia, korjaamalla mittausjärjestelmän toimintaa sekä vähentämällä laatuongelmia. Kapeikon avartamista edesauttaa koekentän toiminnan visuaalinen esittäminen sekä automaation lisääminen.



# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	ABB OY .....	7
	2.1 ABB Oy yleisesti .....	7
	2.2 ABB Oy Moottorit ja generaattorit .....	8
3	TYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	10
	3.1 Lean.....	10
	3.2 Pullonkaula .....	10
	3.3 Kapeikko-ohjaus .....	11
	3.3.1 Tuotannonohjauksen pääperiaatteet .....	11
	3.3.2 Ohjaussääntöjä .....	13
	3.3.3 Kapeikkoajattelun kehitysprosessi .....	14
	3.4 Tilaus-toimitusprosessi kohdeyrityksessä.....	14
4	KOESTAMON NYKYTILA .....	17
	4.1 Koestamon organisaatio.....	17
	4.2 Testipaikkojen toiminta .....	17
	4.3 Suoritettavia koestuksia .....	19
	4.3.1 Rutiinitesti.....	19
	4.3.2 Tyypitesti .....	19
	4.3.3 Leimaus ja laivasertifiointi.....	19
	4.3.4 Muita testejä.....	20
	4.3.5 Silmämääräiset tarkastukset.....	20
	4.3.6 Koestukset numeerisesti.....	21
	4.4 Kuormitus, kapasiteetti ja ohjaus.....	21
5	PULLONKAULAAN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ.....	24
	5.1 Koestukseen myöhässä tulevat moottorit.....	24
	5.1.1 Tilausten käsittelyssä ja sovellussuunnittelussa myöhästymän aiheuttajia.....	24
	5.1.2 Osavalmistuksessa ja kokoonpanossa myöhästymän aiheuttajia	24
	5.2 Moottoreiden uudelleentestaus .....	25

5.2.1	Laatupoikkeamat .....	25
5.2.2	Mittausjärjestelmän virheellinen toiminta.....	26
5.3	Testauspaikkojen seisokit .....	27
5.3.1	Laiterikot.....	27
5.3.2	Rajallinen testikapasiteetti .....	27
5.3.3	Asiakastestaus ja äänitesti .....	27
6	KAPEIKON TEHOSTAMINEN .....	29
6.1	Työkalut ongelmien ratkaisuihin .....	29
6.2	Rajallisen testikapasiteetin hallinta.....	29
6.2.1	Kapasiteettia varaavat testit.....	29
6.2.2	Tietokonejärjestelmiin tehtäviä muutoksia .....	30
6.2.3	Testikapasiteetin määrittelyn hyötyjä .....	30
6.2.4	Testikapasiteetin määrittelyn haittoja .....	31
6.2.5	Testikapasiteetin asettaminen.....	31
6.3	Testipaikkojen seisokkien hallinta.....	34
6.3.1	Laitteiden kunnossapito .....	34
6.3.2	Laitteiden käyttöasteen seuraaminen .....	34
6.3.3	Laitteiden päivittäminen ja uusiminen .....	37
6.3.4	Laite- ja henkilökapasiteetin lisääminen.....	38
6.3.5	Laitekapasiteetin lisäämisen hyvät puolet.....	38
6.3.6	Laitekapasiteetin lisäämisen huonot puolet .....	38
6.4	Mittausjärjestelmien parantaminen.....	39
6.4.1	Ongelman etsiminen.....	39
6.4.2	Koestajan käyttöliittymän parantaminen.....	39
6.4.3	Ongelman ratkaiseminen.....	40
6.5	Moottoreiden uudelleentestauksien määrän vähentäminen .....	40
6.5.1	Moottorin laatupoikkeaminen vähentäminen.....	40
6.5.2	Asiakastestauksien väärinymmärryksien vähentäminen.....	41
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	42
	LÄHTEET.....	43
	LIITTEET	

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuvio 1.</b> ABB:n organisaatorakenne Suomessa vuonna 2014.	7
<b>Kuvio 2.</b> Moottorit ja generaattorit Vaasan yksikön organisaatorakenne 2014.	9
<b>Kuvio 3.</b> Kapeikko-ohjauksen periaate.	13
<b>Kuvio 4.</b> Tilaus-toimitusprosessi moottorin tuotannossa.	15
<b>Kuvio 5.</b> Koestamon pohjapiirros.	18
<b>Kuvio 6.</b> Testien prosentuaalinen jakautuminen.	21
<b>Kuvio 7.</b> Testipaikkojen kuormitus.	22
<b>Kuvio 8.</b> Moottorit ja generaattorit -yksikön käyttämät ohjelmistot, käyttöliittymät sekä tietokannat.	26
<b>Kuvio 9.</b> Varianttikoodien esiintyminen vuoden 2013 kaupoissa.	32
<b>Kuvio 10.</b> Esimerkinäkymä varatuista testeistä.	33
<b>Kuvio 11.</b> Machine Trackin tiedonkeruun rakenne.	37
<b>Taulukko 1.</b> Koestettavien koneiden kuormittaminen testipaikoille.	22
<b>Taulukko 2.</b> Vuonna 2013 kaupoilla esiintyvien varianttikoodien määrät.	32

**KÄYTETYT LYHENTEET JA TERMIT**

4Q	Projektihallinnan työkalu
ABB	Asea Brown Boveri
DBR	Drum, Buffer, Rope, kapeikko-ohjauksesta käytetty nimitys
IEC	International Electrotechnical Commission, standardisointijärjestö
KET	Keskeneräisen tuotannon määrä
MotLab	Koestamossa käytössä oleva mittausjärjestelmä
MUSD	Miljoona yhdysvaltain dollaria
OEE	Overall Equipment Effectiveness, käytettävyyys, nopeus, laatu - tehokkuuden mittaustapa
QN	Quality Notification, laatupoikkeama
Runkokoko	Etäisyys moottorin jalustasta akselin keskipisteeseen millimetreinä
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte, toiminnanohjausjärjestelmä
TO	Testing Order, koestustilaus
TOC	Theory of Constrains, kapeikko-ohjauksesta käytetty nimitys
TPS	Toyota Production System, Toyotan sisäinen tuotantofilosofia



**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Vuosina 2013 ja 2012 koestamossa avatut quality notifikaatiot

**LIITE 2.** Esimerkkinäkymä koestamosta varatuista testeistä

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa ABB Oy Moottorit ja generaattorit Vaasan moottoritehtaan koestamossa esiintyviä pullonkauloja. Pullonkaula on tuotantoprosessissa ongelmakohta, joka hidastaa tuotteen, tässä tapauksessa moottorin, läpimenoaikaa. ABB:llä on menossa Speed to Win -kehityshanke (S2W), jossa tuotteiden toimitusaikaa pyritään lyhentämään ja tuottavuutta sekä toimitusjoustavuutta parantamaan. Kapeikon tunnistaminen ja sen avartaminen edesauttaisi projektin teesien onnistumista.

Työssä tutustutaan moottoritehtaan nykytilaan ja kartoitetaan pullonkauloihin vaikuttavia ongelmakohtia. Suurimmat pullonkauloja aiheuttavat tekijät otetaan tarkemman tutkinnan alle ja pyritään löytämään ratkaisuja näiden ratkaisemiseksi.

ABB:llä puhutaan kapeikko-ohjauksesta, mutta kapeikosta käytetään yleisesti myös nimitystä pullonkaula. Tässä työssä käytetään molempia nimityksiä.

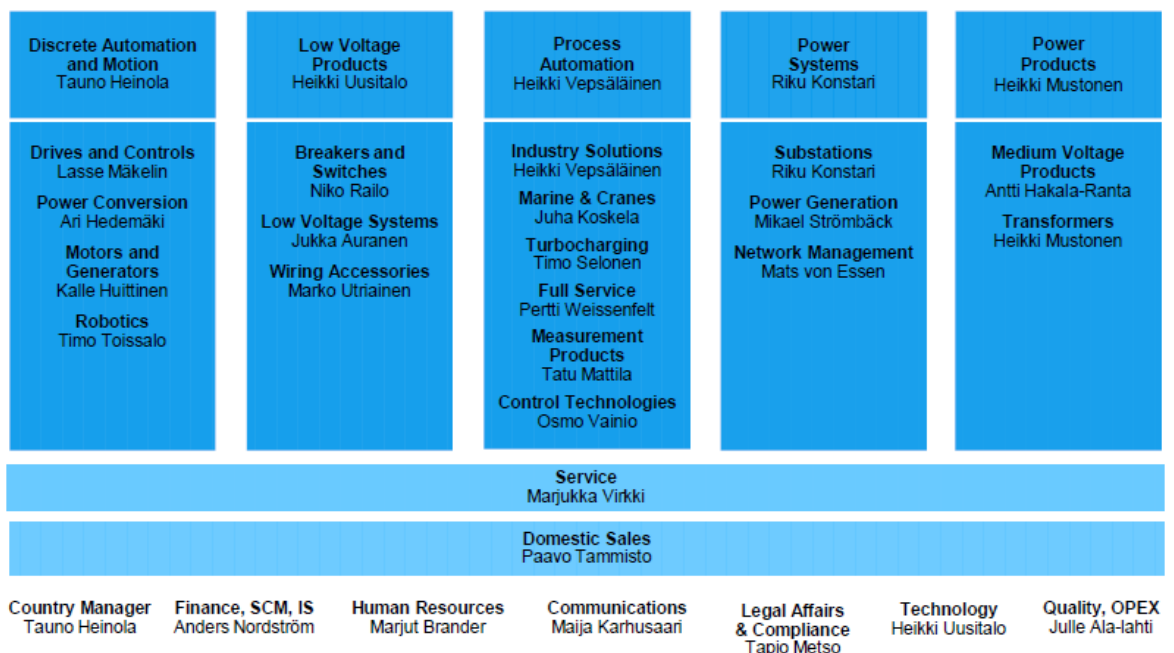
## 2 ABB OY

Tässä luvussa kerrotaan opinnäytetyön tilaajayhtiöstä.

### 2.1 ABB Oy yleisesti

ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, joka toimittaa tuotteita, palveluita ja järjestelmiä teollisuus- ja energiayhtiöiden tarpeisiin. ABB:n ratkaisut tehostavat energian tuotantoa, siirtoa, jakelua ja käyttöä. ABB:n pääkonttori sijaitsee Zürichissä, Sveitsissä. ABB:n liikevaihto vuonna 2013 oli noin 41,8 MUSD. Samana vuonna ABB työllisti 150 000 henkilöä noin 100 maassa. Henkilöstöstä työskenteli Suomessa 30 paikkakunnalla noin 5 400 henkilöä. Suomessa suurimmat tehdaskeskittymät sijaitsevat Helsingissä ja Vaasassa. Kuviossa 1 on esitettyä Suomen ABB:n organisaation rakenne vuonna 2014. /1/, /4/, /5/, /7/.

### ABB Oy, organisaatio

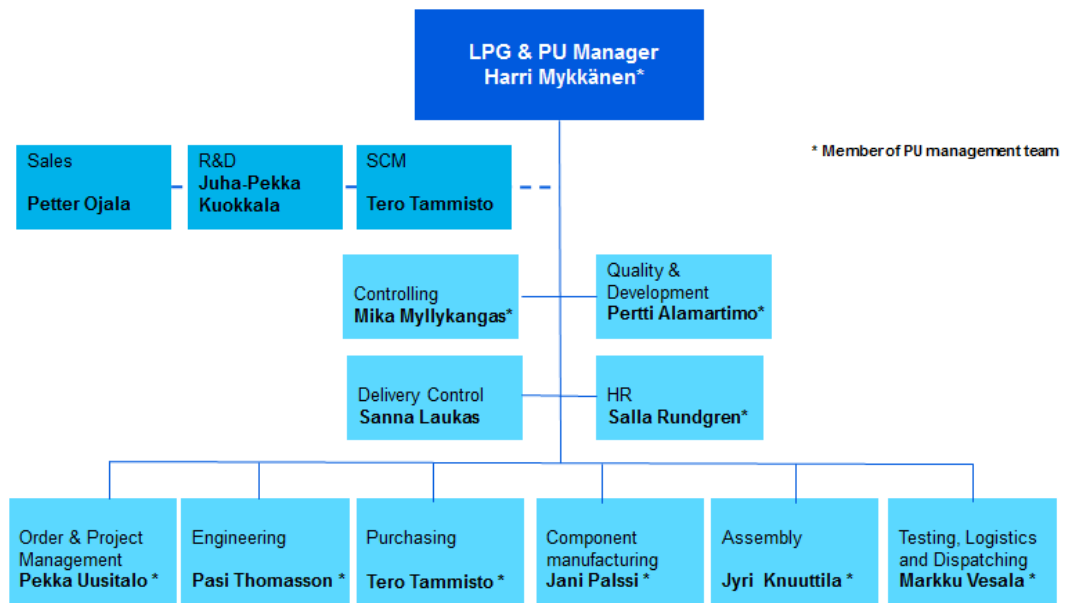


**Kuvio 1.** ABB:n organisaatorakenne Suomessa vuonna 2014. /2/

ABB muodostui vuonna 1889, kun sveitsiläinen Brown Boveri sekä ruotsalainen Asea yhdistivät sähkötekniiset liiketoimintansa. Suomessa ABB:n historia alkoi vuonna 1889, jolloin Gottfrid Strömberg perusti oman yrityksen. Liiketoiminnan ydin oli tasavirtakoneet, asuin- ja liikekiinteistöjen valaistuskeskukset sekä asennukset. Helsingin Pitäjänmäelle tuotanto siirtyi 1930-luvulla ja Vaasan tehtaat aukesivat 1940-luvulla. Strömberg myytiin Asealle vuonna 1986. /6./

## **2.2 ABB Oy Moottorit ja generaattorit**

Moottorit ja generaattorit – yksikkö kuuluu sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio -divisioonaan. ABB tarjoaa kattavan valikoiman luotettavia, korkean hyötysuhteen omaavia moottoreita ja generaattoreita kaikkiin sovelluksiin. Suomessa moottoritehtaita on Helsingissä sekä Vaasassa. Vaasan moottoritehtaalla valmistetaan lähinnä pienjännitteisiä asiakasräätälöityjä moottoreita runkokoossa 72 – 450. Vuonna 2013 Vaasan tehtaalla valmistettiin yhteensä 42 769 moottoria. Kuviossa 2 näkyy Vaasan Moottorit ja generaattorit – tuotantoyksikön organisaation rakenne huhtikuussa vuonna 2014. /5/, /10/, /16/.



© ABB Group  
-April 10, 2014 | Slide 1

**ABB**

**Kuvio 2.** Moottorit ja generaattorit Vaasan yksikön organisaatiorakenne 2014.

/10/

### 3 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Tässä luvussa esitetään tärkeimmät lähtökohdat, joiden perusteella työtä ryhdyttiin tutkimaan.

#### 3.1 Lean

Lean on virtaustehokkuuden strategia, joka muodostuu pääosin Toyota Production Systemin (TPS) periaatteiden pohjalta. Lean on tullut tutuksi sen keskittymisestä poistamaan alun perin Toyotan ”seitsemää hukkaa” parantaakseen asiakaskeskeytystä.

Hukan ongelman ratkaisemiseksi lean tarjoaa erilaisia työkaluja, kuten jatkuva prosessin kehitys (kaizen), ”5 kertaa miksi” ja virhemahdollisuuksien prosessista eliminointia. TPS on määritellyt seitsemän erilaista hukan muotoa, jotka jarruttivat tuotannon virtausta eivätkä tuoneet arvoa tuotteille eivätkä asiakkaille. Hukkaa on ylituotanto, turha odottelu, tarpeettomat kuljetukset, tarpeeton varastointi, tarpeettomat työntekijöiden liikkumiset ja liikkeet sekä vialliset tuotteet. Imuohjaus (kanban) on yksi työkaluista, joilla voidaan parantaa prosessin virtausta. /14/, /3/.

Virtausyksiköksi kutsutaan sitä tuotetta, jota prosessissa jalostetaan. Tässä tapauksessa moottori on virtausyksikkö, jonka näkökulmasta tuotantoprosessi on määriteltä. Virtausyksikön läpimenoaika on yksinkertaisesti aika, joka virtausyksiköltä kuluu kun se etenee määritetyn prosessin alusta loppuun. Läpimenoaika onkin yksi virtaustehokkuuden laskemisessa tarvittavista komponenteista. Virtaustehokkuus on arvoa tuottavien toimintojen summa suhteessa läpimenoaikaan, missä arvoa tuottavia toimintoja ovat toimet, joissa virtausyksikkö jalostuu. Esimerkiksi moottorin maalaaminen ja asiakkaan tilaaman testin suorittaminen ovat arvoa tuottavia toimintoja.

#### 3.2 Pullonkaula

Pullonkaula on prosessissa se vaihe, jossa läpivirtaus on pienintä. Sen takia pullonkaula rajoittaa koko prosessin läpivirtausta ja täten hillitsevät prosessien virtaustehokkuutta. Pullonkaulojen takia virtausyksikkö, tässä tapauksessa moottori,

ei voi virrata prosessin läpi pysähtymättä, mikä pidentää prosessin läpimenoaikaa. Pullonkauloja syntyy prosessiin kahdesta syystä. Ensimmäinen syy on se, että prosessin vaiheet pitää tehdä tietyssä järjestyksessä. Prosesseissa esiintyvä vaihtelu on toinen osasyypullonkaulojen syntymiseen. /14, 37-39/.

Prosesseilla, joissa on pullonkaula, on kaksi ominaispiirrettä:

1. Juuri ennen pullonkaulaa muodostuu jono.
2. Pullonkaulan jälkeen tulevat toimintovaiheet joutuvat odottamaan vuoroaan. Tämä tarkoittaa sitä, että pullonkaulan jälkeen olevilla vaiheilla ei ole niin paljon tekemistä kuin voisi olla – eli pullonkaulan jälkeen olevia vaihteita ei hyödynnetä täysin.

Usein on selvää mikä prosessin vaiheista on pullonkaula, etenkin kun virtausyksiöitä ovat materiaalit. Moottorit ja generaattorit – yksikössä on todettu pullonkaulan olevan koestamo. Pullonkaulaa lähdetään yleensä eliminoimaan esimerkiksi resursseja lisäämällä tai työskentelyä nopeuttamalla. Pitää muistaa, että vaikka pullonkaula saadaan eliminoitua yhdessä prosessin osassa, siirtyy pullonkaula toiseen kohtaan prosessia. Pullonkaulan eli kapeikon laajenemisella käsitetään tilanne, jossa kapeikko ei rajoita prosessin läpivirtausta yhtä vahvasti kuin alkutilanteessa. /14, 37-39/.

### **3.3 Kapeikko-ohjaus**

Tässä kappaleessa kerrotaan kapeikko-ohjauksen periaatteista, ohjaussäännöistä sekä kehitysprosessista.

#### **3.3.1 Tuotannonohjauksen pääperiaatteet**

Ohjauksen päätavoitteena on mahdollistaa korkean toimitusvarmuuden, lyhyen läpäisyajan ja korkean käyttöasteen (erityisesti kapeikossa) toteutuminen. Ohjausmallin pääperiaate on kapeikko-ohjaus, josta käytetään myös nimitystä DBR-ohjaus (Drum, Buffer, Rope) sekä TOC-ohjaus (Theory of Constraints). Kapeikkoajattelun perustana on ajatus, että jokaisessa prosessissa on yksi tai muutama tekijä, jotka rajoittavat prosessia ja joiden suorituskyky määrittää koko prosessin suo-

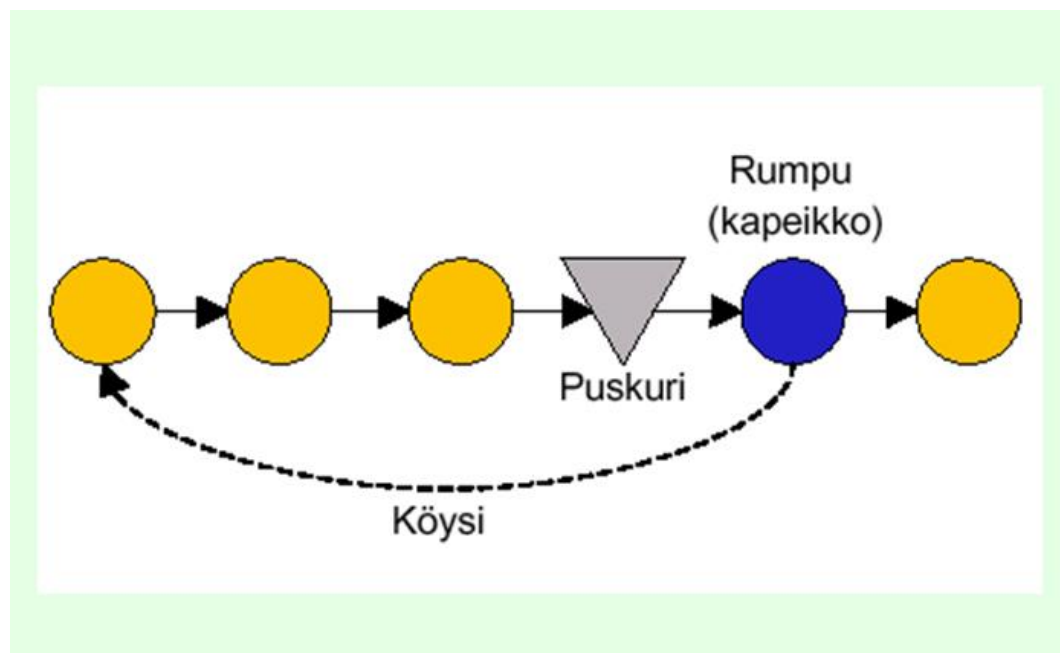
rituskyvyn. Kapeikko-ohjaus yksinkertaistaa prosessin ohjaamisen muutaman kapeikkoresurssin ympärille. Kapeikkoresurssia pyritään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti sillä kapeikko määrittää prosessin kapasiteetin. /8./

Kuviossa 3 esitetään kapeikko-ohjauksen periaate. Valitun kapeikon valmistussuunnitelmasta käytetään nimitystä rumpu, joka on kapeikko-ohjauksen kulmakiivi. Rumpu ohjaa muuta tuotantoa antaen rytmin muulle toiminnalle. Puskureilla (buffer) suojaudutaan prosessissa esiintyviltä häiriöiltä. Puskureita on kolme eri tyyppiä:

1. Kapeikkopuskuri, jolla suojataan rumpua aiempien vaiheiden häiriöiltä ja vaihteluilta.
2. Kokoonpanopuskuri, jossa on komponentteja, jotka eivät ole käyttäneet kapeikkoresurssia, mutta jotka kokoonpannaan kapeikkokomponenttien kanssa.
3. Lähetyspuskuri, jolla suojataan toimitusvarmuutta aiempien vaiheiden häiriöiden varalta. /8./

Tietokannassa olevassa ajoitusmallissa on kokoonpanopuskuria (assembly buffer) sekä lähetyspuskuri (shipment buffer). Aikamalleihin ei koekentän näkökulmasta tarvita kapeikkopuskuria sillä lähetyspuskuri ajaa jokseenkin samaa asiaa, sillä koekenttä on viimeinen osa-alue ennen lähettämöä. Lisäksi SAP lisää automaattisesti toimitukseen 5 tai 15 lisäpäivää, jotka on varattu moottorin koestamiseen. Lähetyspuskuri ja lisäpäivät takaavat, että pullonkaulan edessä on riittävästi puskuria.





**Kuvio 3.** Kapeikko-ohjauksen periaate.

Köydellä tarkoitetaan mekanismeja, joka vapauttaa kapeikon tarvitsemat komponentit aiemmissa vaiheissa tuotantoon. Köysi estää töiden liian aikaisen vapauttamisen tuotantoon. Köysi voidaan toteuttaa kahdella tavalla.

1. Lasketaan työn vapautushetki taaksepäin kapeikon tarvehetkestä ajoitusmalleja käyttämällä
2. Vakioidaan ennen kapeikkoa auki olevien töiden määrä. Tällöin kapeikoista valmistuva tuote antaa luvan alkupään valmistukselle vapauttaa materiaalit yhteen uuteen tuotteeseen. /8./

### 3.3.2 Ohjaussääntöjä

Kapeikko-ohjauksessa on muun muassa seuraavanlaisia ohjaussääntöjä:

- Kapeikon paikka on määritetty ja se tarkistetaan määrävälein.
- Karkeakuormitus kohdistetaan kapeikkoon.
- Kapeikon edessä on puskuri.
- Puskurien paikat, koot ja sisältö on määritelty.
- Priorisointisäännöt on määritelty toimintajärjestelmässä ja niitä noudatetaan.

- Ennakoinneilla ohjataan poikkeavien kapasiteettiviikkojen toimituksia.
- Jonojärjestyksestä pidetään kiinni kaikissa prosessien vaiheissa.
- Toimitusaikaa määrittäessä otetaan huomioon pitkän toimitusajan osat, mahdollinen koestus sekä poikkeuksellisen tilaussuunnittelun vaatima aika.
- Vapautukset tuotantoon tehdään kapeikon läpäisyn mukaan – KETin määrä pyritään pitämään vakiona.

Ohjausperiaatteita ovat tilausohjaus, varasto-ohjaus sekä hybridi. Tilausohjauksesta käytetään yleisesti nimeä työntöohjaus ja varasto-ohjaukseen liitetään käsite imuohjaus. Työntöohjauksen hyvänä puolena on kyky valmistaa asiakasrätälöityjä tuotteita, mutta huonoina puolina on vaara korkean KET:n muodostumiseen sekä hyvän valmistussuunnitelman tekemisen vaikeus. Varasto-ohjauksen etuja ovat muun muassa nopea toimituskyky ja hyvä toimitusvarmuus. /8./

### **3.3.3 Kapeikkoajattelun kehitysprosessi**

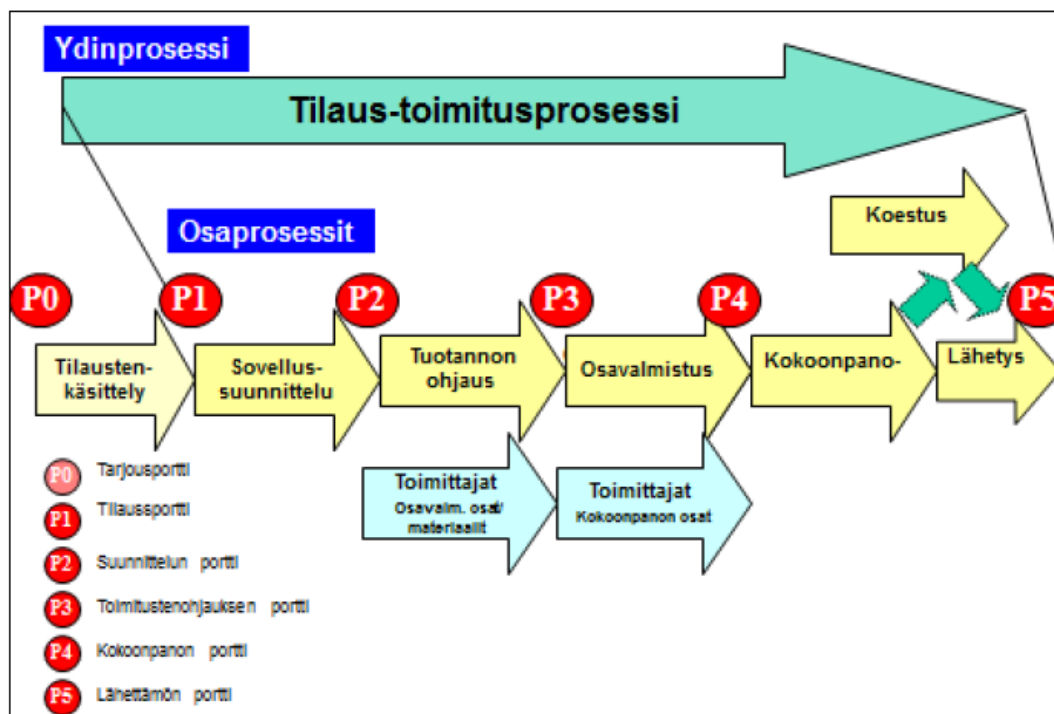
Kapeikko on aina olemassa jossakin kohtaa prosessia, joten kapeikkoajattelun kehitysprosessi on jatkuvaa. Kehitysprosessi voidaan jakaa viiteen vaiheeseen:

1. Tunnista kapeikko.
2. Tehosta kapeikon toimintaa.
3. Järjestä muu toiminta tukemaan kapeikkoa.
4. Avarra kapeikkoa.
5. Mikäli kapeikko saadaan rikottua jossakin edellisessä vaiheessa, palaa ensimmäiseen vaiheeseen.

## **3.4 Tilaus-toimitusprosessi kohdeyrityksessä**

Kohdeyrityksen eli ABB Oy Moottorit ja generaattorit – tuotantoyksikön tilaus-toimitusprosessi on esitetty kuviossa 4, jossa tilaus-toimitusprosessiin liittyvät osaprosessit on esitetty prosessikaaviomuodossa. Prosessin kuvauksessa on merkittynä myös ABB:n käyttämän porttimallin portit sekä niiden sijainnit prosessivaiheissa. Jo-

kaiselle portille on ennakolta määritelty porttisäännöt, jotka tulee olla selviä tai tehtynä ennen kuin portilta voidaan edetä seuraavaan prosessivaiheeseen. /17./



**Kuvio 4.** Tilaus-toimitusprosessi moottorin tuotannossa. /9/

Tilausten käsittelyn pääasiallisena tehtävänä on tarkastaa kauppakohtaisesti tuotantoyksikköön tuleva tilaus, täydentää sitä tarvittaessa ja vahvistaa tilaus myyntiyhtiöön. Toinen tärkeä tehtävä on tilausmuutospyyntöjen käsittely yhdessä muun organisaation ja myyntiyhtiön kanssa. Tilausten käsittelyn apuna on kokenut suunnittelija, joka tarkastaa tilaukset myös teknisesti ennen tilauksen käsittelyä kaupallista tarkistusta. Muita sovellussuunnittelun tehtäviä on tilausten aikamallin mukainen oikea-aikainen suunnittelu, asiakkaan tilauksen mukaisen tuotteen tuotantorakenteen luonti, tilauskohtaisen asiakasdokumentaation luonti ja tuotannossa ilmenneiden rakennevirheiden korjaaminen. /17./

Tuotannon ohjauksen tehtäviin kuuluu valmiiksi suunniteltujen moottoreiden vapauttaminen tuotantoon ohjausmallin sääntöjen mukaisesti. Lisäksi tuotannon ohjaus huolehtii koko käämintäverkoston kuorman tasaamisesta sekä tarkistaa vapautuksen yhteydessä kaupan valmiskustannuskatteen. Tuotannon vastuulla on

tuotteen oikea-aikainen ja tuotantorakenteen mukainen valmistaminen. Tuotantoon kuuluvat myös oston ja sisäisen logistiikan organisaatiot. Osto on vastuussa moottoreihin yrityksen ulkopuolelta tulevien komponenttien hankinnasta ja varmistaa, että kyseiset komponentit ovat ajoissa kokoonpanon käytettävissä. Sisäinen logistiikka vastaa hankittujen komponenttien vastaanotosta ja siirtämisestä oikeaan paikkaan. Sisäinen logistiikka vastaa myös asiakkaan toimesta palautettujen moottorien vastaanotosta ja siirtämisestä. /17./

Koestamossa suoritetaan vain asiakkaan tilaamat koestukset sekä taajuusmuuttajasyöttöiset testit, kuten reluktanssimoottorin tyhjäkäyntitesti. Jokainen moottori rutiinikoestetaan IEC 60034-1:n mukaisesti jo kokoonpanolinjan lopussa, täten varmistetaan moottorin toimiminen ennen asiakkaalle lähettämistä. Koestamon tehtäviin kuuluu myös laivaluokituslaitosten sertifiointin hakeminen, mikä usein edellyttää moottoreiden koestamista. Koestamoa kuormittaa myös globaalin tuotekehityksen prototyyppien koestaminen. Lähettämön tehtävänä on toimittaa moottorit tehtaalta eteenpäin aiemmin sovittuna päivänä sekä moottoreiden pakkaaminen laiva- tai lentorahtia varten. Lähettämö huolehtii lisäksi laskutuksesta, tulli- ja asiakirjojen valmistelusta ja tarvittaessa alkuperäistodistuksien hankinnasta. /17./

## **4 KOESTAMON NYKYTILA**

Tässä luvussa kerrotaan koestamon nykytilasta.

### **4.1 Koestamon organisaatio**

Koestamon organisaatio koostuu 12 koestajasta ja 4 toimihenkilöstä. Toimihenkilöiden työnimikkeet ovat koestamon päällikkö, koestuspäällikkö, koestusinsinööri sekä tekninen dokumentoija.

Koestamon päällikkö vastaa koestamo-osaston toiminnasta, koestamon ylläpito- ja kehitysasioista sekä toimii kriittisten työvaiheiden vastuuhenkilönä. Koestuspäällikkö toimii koestajien esimiehenä, mutta lisäksi valmistelee koestustilauksia, vastaa koestusprosessista, laitteiden kalibroinnista ja turvallisuudesta sekä hyväksyy koestustulokset.

Teknisen dokumentoijan työnkuvaan kuuluu muun muassa asiakkaalle menevien testipöytäkirjojen sekä Marine -sertifikaattien luominen. Koestusinsinöörin tehtäviin kuuluu valmistella testing orderit koestusvalmiiksi, sopia asiakaskoestuspäivämäärät, hienokuormittaa moottoreita testipaikoille sekä vastata dokumentointiin ja testauksiin liittyviin asiakaskyselyihin.

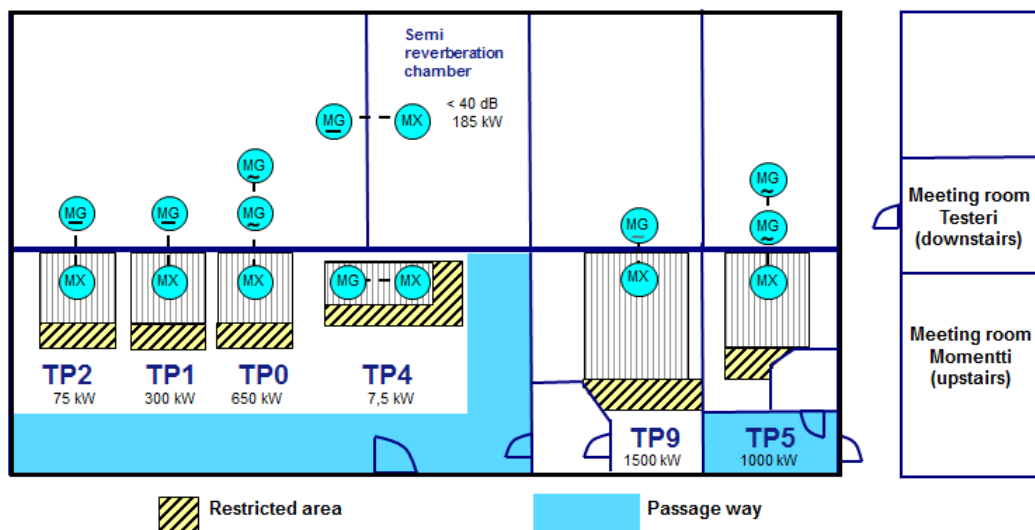
Koekentällä varsinaiset mittaukset ja testaukset suorittavat koestajat. Lisäksi heidän toimintaansa kuuluu koestuksien raportointi, koestuksiin tulevien koneiden vastaanottaminen sekä niiden eteenpäin toimitus. Koestajat myös raportoivat mahdollisista vikatilanteista koekentällä.

### **4.2 Testipaikkojen toiminta**

Vaasan moottoritehdas koostuu kahdesta rakennuksesta, MM-tehtaasta, jossa valmistetaan runkokoon 280–450 moottoreita sekä KK-rakennuksesta, jossa valmistetaan runkokoon 72–250 moottoreita. KK-rakennuksesta valmistuvat moottorit kuljetetaan MM-rakennukseen testattavaksi, mikäli tilauksessa on koestuksia määriteltä. Opinnäytetyön kirjoitushetkellä on KK-rakennukseen rakenteilla oma koestuspaikka pienille sähkökoneille.

Koestamossa on kuusi testipaikkaa, jotka on jaettu alueisiin moottorin runkokoon ja koestuspaikalla käytettävissä olevan tehon mukaan. Koestuspaikoista käytetään nimityksiä TP0, TP1, TP2, TP4, TP5 ja TP9. Kuviossa 5 näkyy koestamon pohjapiirros, josta näkee testipaikkojen sijainnit sekä alueet, joilla ei saa oleskella ilman lupaa (restricted area).

## ABB Oy, Motors Test Floor



© ABB Oy, Motors  
April 11, 2014, 1/2008

**ABB**

**Kuvio 5.** Koestamon pohjapiirros. /8/

Koestamon työntekijöillä on käytössä erilaisia mitta- ja säätölaitteita sekä erilaisia tietokoneohjelmia. Mitta- ja säätölaitteita on esimerkiksi yleismittari, tehoanalyysaattori, momentianturi, kaksinapainen jännitteenkoetin, vastusmittari, lämpötilapiirturi, ylijännitekoestuslaite ja Pulsen värinä- ja äänimittalaite. Koestamossa käytettäviä tietokoneohjelmia on muun muassa MotLab, ElApp, TP5-, TP9 ja TP0 – valvomosovellukset sekä SAPin puolella pitää hallita koekentän työjono sekä pitää osata avata notifikaatio (QN).

### **4.3 Suoritettavia koestuksia**

Koekentällä moottorille suoritetaan asiakkaan tilaamia testejä sekä prototyyppien ja tuotesuunnittelun vaatimia testejä. Tässä kappaleessa esitetään yleisimmät testit.

#### **4.3.1 Rutiinitesti**

Rutiinitesti on tyyppitestiä suppeampi testi, jonka kesto on yleensä noin 1 – 2 tuntia. Rutiinitestissä mitataan vaiheiden väliset käämien vastukset, suoritetaan tyhjäkäyntikoe, oikosulkutesti, ylijännitetesti sekä eristysvastusmittaus.

#### **4.3.2 Tyypitesti**

Tyypitesti on rutiinitestiin verrattuna laajamittaisempi testaus, joka kestää 4 – 12 tuntia. Aluksi moottoriin asennetaan lämpötilan mittauselementtejä. Moottorille suoritetaan kylmävastusmittaus, lämpöajo, mitataan käynnistysvirta ja -momentti, moottorin jäähtymiskäyrän mittauspisteet mitataan, lasketaan hyötysuhde ja tyhjäkäyntiajosta saadaan moottorin tyhjäkäyntikäyrä. Lisäksi koneelle haetaan oikosulkukäyrä ja suoritetaan suurjännitetesti ja eristysvastusmittaus.

#### **4.3.3 Leimaus ja laivasertifiointi**

Leimaamista vaativa moottori ei tarvitse koekentällä tapahtuvaa koestamista. Moottori haetaan odotusalueelta yleensä koestamon puolelle, jossa sille suoritetaan silmämääräinen tarkastus ja leimataan runkoon laivaluokituslaitoksen sertifiointinumbero.

Sertifiointiin vaativille moottoreille on omanlainen koestusohjelma, joka riippuu laivaluokituslaitoksesta. Laivasertifiointissa moottorille suoritetaan rutiini tai tyyppitesti ja leimaus. Laivalaitoksen hyväksyjä valvoja pitää olla paikalla, mikäli kone ei ole tyyppihyväksytty tai koestusprosessia ei ole sertifioitu. Tarkastaja lyö moottorin runkoon hyväksyjän leiman testien suorittamisen jälkeen ja moottori on valmis siirrettäväksi lastauspaikalle odottamaan kuljetusta lähettämöön.

#### 4.3.4 Muita testejä

Muita koneille tehtäviä testejä on muun muassa äänitason sekä äänispektrin mittaukset. Äänitasossa mitataan moottorista lähteviä ääniä desibeleinä ja äänispektrissä mitataan moottorista lähtevien äänien taajuuksia. Molemmissa mittauksissa mitataan 6 mittauspistettä. Äänitason mittauksessa huomioidaan taustamelun vaikutus, joka vähennetään mitatusta arvosta.

Asiakastestissä moottorille suoritetaan koestamossa asiakkaan valvomia testejä. Testien valvoja voi olla loppuasiakas tai asiakkaan palkkaama konsultti.

Kaikkia tuotantoprosessiin kuuluvia testauksia ei voida suorittaa tuotantolinjalla, jolloin moottorit on tuotava koestamoon testattavaksi. Esimerkiksi synkronireluktanssimoottorille taajuusmuuttajalla suoritettava tyhjäkäyntitesti suoritetaan koestamossa koestajien toimesta. Lisäksi erään asiakkaan tilaamille koneille suoritetaan tasapainotustyö, joka kuuluu osaan tuotantoprosessia.

#### 4.3.5 Silmämääräiset tarkastukset

Moottoreille tehdään lähes poikkeuksetta ainakin silmämääräinen tarkastus jos moottori toimitetaan asiakkaalle koekentän kautta. Linjoilta suoraan lähettämöön meneville moottoreille suoritetaan silmämääräinen tarkastus tuotantolinjalla. Koestamossa tehtävässä moottorin silmämääräisessä tarkastuksessa tarkastetaan

- tuotekoodi vastaa koneen rakennetta
- arvokilven merkinnät
- tuulettimen, tuulettimen moottorin, liittimien, liitäntäkotelon sekä muiden liitäntäosien ja lisälaitteiden tyyppi, koko ja kunto
- akselin kunto
- moottorin IP-luokka
- moottorin maalipinta
- läpivientiholkit
- samaan tilaukseen kuuluvien moottoreiden identtisyys. /8./



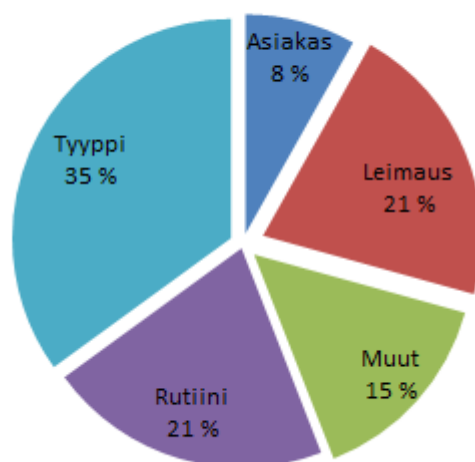
#### 4.3.6 Koestukset numeerisesti

Jokaiselle tilaukselle, jolle asiakas on tilannut lisätestejä, luodaan testing order (TO), joka sisältää testin speksit. Yksi TO voi sisältää useamman moottorin, joten niiden määrä ei suoraan kerro testattujen moottoreiden määrää. Vuonna 2013 koestettiin yhteensä 2 800 TO:ia ja ne jakautuivat testityyppien mukaan seuraavasti:

- asiakaskoestuksia 229 kpl.
- leimauksia 591 kpl.
- muita testejä 414 kpl.
- rutiinitestejä 586 kpl.
- tyyppitestejä 980 kpl.

Kuviossa 6 on esitettyä eri testien prosentuaalinen jakautuminen. Yli kolmasosa viime vuonna suoritetuista koestuksista oli tyyppitestejä. Kuviossa 6 olevasta kaaviosta puuttuu prototyypin testiosuudet.

#### Koestetut v. 2013



**Kuvio 6.** Testien prosentuaalinen jakautuminen.

#### 4.4 Kuormitus, kapasiteetti ja ohjaus

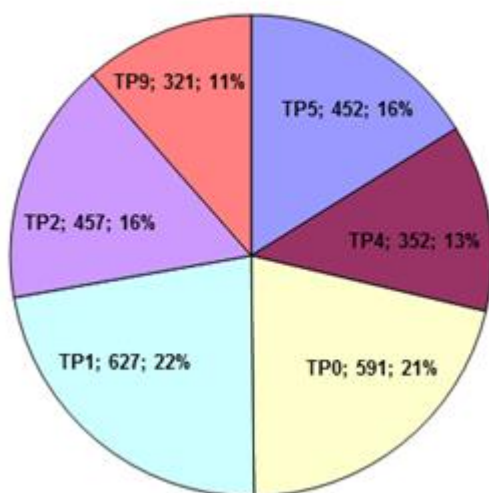
Tilauksen ilmestyessä koekentän työjonoon hienokuormitetaan kone testauspaikalle. Nykyhetkellä hienokuormittamisen tekee koekentän toimihenkilö. Hienokuormitus testipaikalle katsotaan moottorin runkokoon ja maksimi tehon mukaan

taulukon 1 mukaisesti. Kuviossa 7 esitetään vuoden 2013 kauppojen koestukset testipaikoittain.

**Taulukko 1.** Koestettavien koneiden kuormittaminen testipaikoille.

Testipaikka	Runkokoko	Maximi teho 1500 rpm:llä
TP0	280-355	650 kW
TP1	225-315	300 kW
TP2	160-225	75 kW
TP4	80-132	7,5 kW
TP5	355-450	1 000 kW
TP9	355-450	1 500 kW

**Koestetut v. 2013**  
Koestetut kaupat yhteensä testipaikoittain



**Kuvio 7.** Testipaikkojen kuormitus.

Koekentälle ei ole määritetty kapasiteettia, joten siellä katsotaan aina olevan resursseja moottorin koestamiseen välittömästi. Koska koestamossa ajatellaan olevan rajoittamaton kapasiteetti aiheuttaa tämä sen, että moottoreiden valmistamistiheyttä ja kuormaa katsotaan vain tuotannon näkökulmasta. Tuotannon ohjaus ei siis huomioi, onko koestamossa ruuhkaa, konerikkoja tai työntekijöitä lomalla.

Koestamon toimihenkilöt ovat vastuussa koekentän kuormittamisesta. Toimihenkilö tulostaa testing ordereita ja vie ne paperisessa muodossa koekentän testipaikan työjonoon, josta työntekijät valitsevat omalla seulallaan kulloinkin aloitettavat

testit. Tämä ”oma seula”- tarkoittaa esimerkiksi sitä, että työpisteellä työskentelevä toinen työntekijä voi suorittaa leimauksen yhdelle moottorille sillä välin, kun toinen esimerkiksi suorittaa mittauksia toiselle moottorille.

## **5 PULLONKAULAN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ**

Tässä luvussa esitetään tutkimuksen aikana esiin tulleita ongelmakohtia, jotka vaikuttavat pullonkaulan olemassa oloon tai estävät pullonkaulan avartamista.

### **5.1 Koestukseen myöhässä tulevat moottorit**

Tässä luvussa esitetään syitä, jotka johtavat moottorin myöhästymiseen tuotannosta.

#### **5.1.1 Tilausten käsittelyssä ja sovellussuunnittelussa myöhästymän aiheuttajia**

Sovellussuunnittelusta myöhässä lähteneet tilaukset ovat auttamatta myöhässä myös tilaus-toimitusprosessin osaprosesseissa. Tämä tarkoittaa, että useasti koestuksiin varatut ”lisäpäivät” on syöty ennen kuin moottori edes ehtii koestamoon.

Sovellussuunnittelu on tietokoneella tapahtuvaa työskentelyä, joten isoimmat ongelmat liittyvät tietoteknisiin asioihin, kuten toimimattomat SAP – päivitykset tai yhteen sopimattomat päivitysversiot eri ohjelmien välillä. Paljon aikaa kuluu myös ristiriitaisuuksien, joita tapahtuu asiakkaan osalta aika ajoin, selvittämiseen. Välillä myöhästymä johtuu siitä, että hyväksymisestä vastaava henkilö on ehtinyt lähettä töistä, ennen kuin tilaus tulee hänelle hyväksyttäväksi.

#### **5.1.2 Osavalmistuksessa ja kokoonpanossa myöhästymän aiheuttajia**

Osavalmistuksen kaksi suurinta ongelmaa tämän opinnäytetyön aiheen kannalta on runkovalujen huono laatu sekä kuormituksen vaihtelun hallitseminen. Huonojen runkovalujen takia rungot eivät ole tuotannon käytössä koneen aikamallin mukaisena päivänä. Huonojen runkovalujen takia koneet siis valmistuvat tuotannosta myöhässä ja siksi ne saapuvat koestamoon myöhässä. Komponenttitehtaalla tapahtuu yllättäviä kuormituspiikkejä ja niiden hallitseminen ja ennustaminen on hankalaa. Esimerkiksi komponentteja halutaan yhtenä päivänä 300 komponenttia, mutta resursseja on valmistaa vain 200, jolloin 100 komponenttia joudutaan valmistamaan myöhässä.

Kokoonpanossa suurimmat myöhästymän aiheuttajat ovat laatuongelmat, rakennevirheet ja kokoonpanossa tarvittavien osien puuttuminen, jolloin ei kokoonpanoa pystytä aloittamaan aikamallin mukaisena päivänä. Rakennevirheitä syntyy muun muassa virheellisen suunnittelun seurauksena, minkä takia moottoriin valmistetut osat voivat olla väärän kokoisia.

## **5.2 Moottoreiden uudelleentestaus**

Tässä kappaleessa esitetään syitä moottoreiden uudelleen testauksille sekä esitetään miten ne vaikuttavat kapeikkoon.

### **5.2.1 Laatupoikkeamat**

Vuonna 2013 koekentällä avattiin 261 laatupoikkeamaa (QN). Laatupoikkeamia kirjattiin monesta eri syystä, mutta kahta poikkeamaa esiintyy eniten. Liitteessä 1 on esitetty vuosien 2013 ja 2012 laatupoikkeamat. Diagrammeista on luettavissa, että laatupoikkeamia aiheuttaa yhä eniten moottorin liiallinen tärinä. Vuonna 2013 huonosta hyötysuhteesta johtuvia laatupoikkeamia avattiin yli 5 kertaa enemmän kuin vuonna 2012. Tämä johtuu pitkälti tiukentuneista hyötysuhdevaativumuksista.

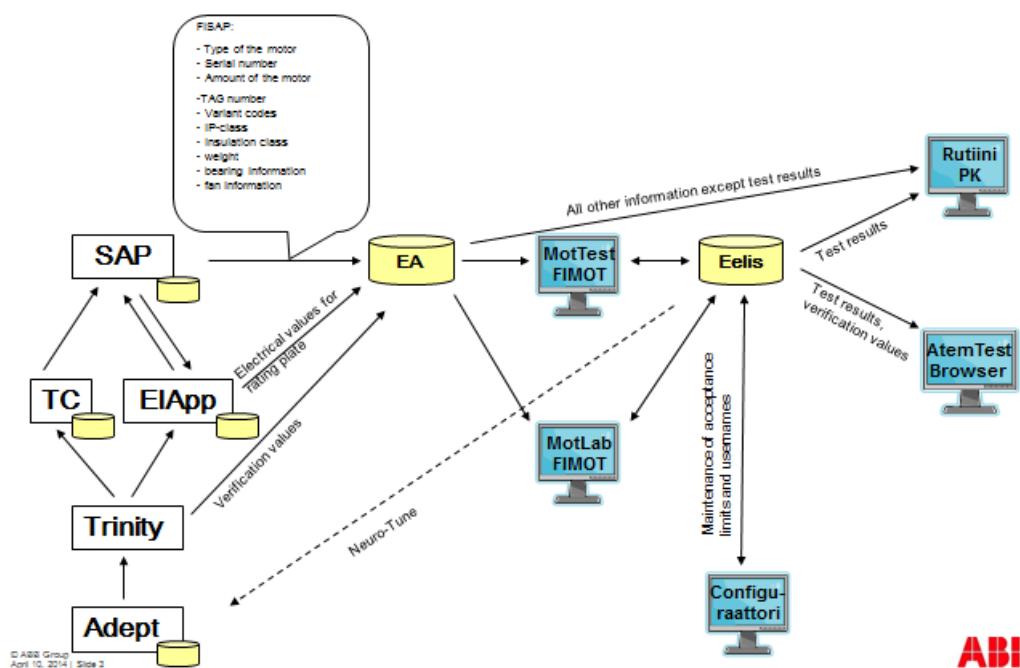
Koestaja luo SAPIin laatupoikkeamista ilmoituksen, jossa ilmoitetaan muun muassa moottorin sarjanumero sekä lyhyt kuvaus viasta ja mahdollisesti vian aiheuttaja. Laatupoikkeamailmoitukseen lisätään myös laatuinsinöörin nimi, jonka työhön laatupoikkeamailmoitus siirtyy. Laatuinsinöörien tehtävänä on tutkia syyt, jotka ovat johtaneet laatupoikkeamaan ja delegoida tehtävät muutokset sekä uusien komponenttien hankinnat eteenpäin.

Moottorin liialliset tärinät ja huono hyötysuhde johtuvat moottorin laadullisista tekijöistä, kuten huolimattomasta kokoonpanosta. Esimerkiksi liian löysä staattoripakka aiheuttaa ylimääräistä tärinää. Tällä hetkellä on vaikeaa palauttaa tuotannosta valmistunut moottori takaisin tuotantolinjalle, joten laatupoikkeaman saaneen moottorin SAP-status yleensä jää ”koekentällä”-tilaan. Tämän takia ei esimerkiksi ole aina täyttä varmuutta siitä missä korjausta vaativa moottori on.

Kaikki laatu poikkeamat eivät tosin aiheuta uudelleentestaamista, esimerkiksi maalipinnan naarmujen korjaaminen ja liitinosapussin vääränlaiset osat eivät vaadi koestamista uudelleen. Korjauksesta palaavat moottorit tulee testata ensimmäisenä, jotta tilaus saadaan lähetettyä ajoissa asiakkaalle.

### 5.2.2 Mittausjärjestelmän virheellinen toiminta

Koestajat ovat huomanneet, että MotLab-mittausjärjestelmän tietoliikenneyhteyden kanssa on ajoittain ongelmia. Ongelman vika ei ole selvillä, eikä se missä tilanteissa vika syntyy ja kuinka usein. Kuviossa 8 esitetään koestamossa käytettävät ohjelmistot, käyttöliittymät ja tietokannat. Keltaiset lieriöt kuviossa 8 kuvaavat tietokantoja ja nuolen suunnat indikoivat tiedon kulkusuuntaa.



**Kuvio 8.** Moottorit ja generaattorit -yksikön käyttämät ohjelmistot, käyttöliittymät sekä tietokannat. /11/

Tehtaalla on käytössä tuplavarmennettu kuituverkko, jonka ristikytkentäkaapeleiden kytkimien tilaa seurataan. Kytkimien valvojalta ei ole tullut tietoa, että verkko katkeilisi, joten ongelma mitä todennäköisimmin ei ole verkkoyhteyksissä.

### **5.3 Testauspaikkojen seisokit**

Tässä kappaleessa esitetään asioita, jotka vaikuttavat siihen, että testauspaikat eivät ole käytettävissä.

#### **5.3.1 Laiterikot**

Koekentällä on paljon mekaanisia ja teknisiä laitteita, joten laiterikoilta ei voi välttyä. Laiterikojen määrän ja keston minimoiminen parantaa koestamon tehokkuutta. Testauspaikkojen rikkoontumien aiheuttaa lisäkuormaa muille koestuspaikoille. Koestamossa on paljon vanhoja laitteita, joiden toimittajien tuki on loppunut, mikä nostaa varaosien hintaa. Varaosien saatavuus on usein vähäistä vanhoilla laitteilla, sillä toimittajat uusivat laitevalikoimaansa ja samalla lopettavat vanhojen laitteiden varaosien valmistamisen. Lisäksi osaavan korjaushenkilön löytäminen vanhoille laitteille on aika-ajoin haastavaa, sillä vanha huoltopartneri on vaihtunut ja sen mukana myös vanhat huoltajat.

#### **5.3.2 Rajallinen testikapasiteetti**

Rajallinen testipaikkojen käyttö tulee vastaan etenkin 60 Hz:n testeillä. Vanhoilla testauspaikoilla, TP0, TP1 ja TP4 käytetään samaa laitteistoa 60 Hz:n testeillä, joten testin aikana vain yhdellä testauspaikalla voi suorittaa testin ja kaksi muuta seisovat tyhjillään.

Erään asiakkaan moottorin tasapainotustestin voi suorittaa vain TP9:llä, sillä siinä on tarpeeksi jäykkä alusta testin suorittamiselle. Moottori ei tarvitse kuin sähkönsyötön testauspaikalta, eli sitä ei tarvitse asentaa generaattorin akseliin. Tilanpuutteen vuoksi ei ole mahdollista suorittaa tasapainotustestiä silloin kun TP9:llä suoritetaan toista koestusta.

#### **5.3.3 Asiakastestaus ja äänitesti**

Asiakastestit sujuvat yleensä sujuvasti, mutta aika-ajoin asiakas jättää tulematta testiin tai saapuu testiin myöhässä. Koestajat asettavat moottorin testauspaikalle

siten, että se on heti koestettavissa asiakkaan saapuessa. Asiakkaan odottelu syö koestamon testausresursseja ja muiden moottoreiden testausaikaa.

Moottoreista lähtevä ääni usein hukkuu tehtaan taustameluun, joten äänitestejä varten täytyy löytää hiljainen hetki tehtaassa. Tällöin esimerkiksi testipaikkojen pyörivät koneet on oltava pysähdyksissä, jotta äänet saadaan mitatuiksi. Etenkin pienistä moottoreista lähtevä ääni on hyvin hiljainen eikä koestajilla ole käytössä äänieristettyä tilaa, jossa äänet voisi testata.



## **6 KAPEIKON TEHOSTAMINEN**

Tässä luvussa esitetään koekentän kapeikkojen ongelmia ja esitetään ratkaisuja ongelmiin. Yleensä pullonkauloja lähdetään avartamaan resursseja lisäämällä tai työskentelyä nopeuttamalla.

### **6.1 Työkalut ongelmien ratkaisuihin**

Alkuvuodesta 2014 pidettiin koekentän Kaizen- työpaja, jonka tavoitteena on nopeuttaa ja parantaa koekentän toimintaa. Työpajassa jakauduttiin ryhmiin tutki- maan isompia kokonaisuuksia. Isommat kokonaisuudet käsittelivät testipaikkojen seisokkeja, testien nopeuttamista ja helpottamista sekä koestamon rajoittamatonta kapasiteettia. Työkaluina ongelmien juurisyiden etsimiseen käytettiin esimerkiksi 5 x miksi ja kalanruotokaaviota. Saatu data kerättiin yhteen ja muodostettiin 4Q-ryhmät, jotka vievät 4Q-projektia eteenpäin.

### **6.2 Rajallisen testikapasiteetin hallinta**

Tässä kappaleessa esitetään ehdotus koekentän kapasiteetin hallitsemiseksi luomalla osalle suoritettavista testeistä kapasiteettia.

#### **6.2.1 Kapasiteettia varaavat testit**

Kaikille testeille ei ole mielekästä varata koekentältä kapasiteettia, sillä toiminto menee liian monimutkaiseksi ja tehtaan tuotanto saattaisi laskea. Sen sijaan on järkevämpää varata kapasiteettia vain osalle testeistä. Koestamon henkilökunnan mielestä järkevintä olisi varata kapasiteettia kaikille muille tyyppitesteille paitsi tyyppitesteille, jotka vaativat Marine-sertifikaatin. Testit joille halutaan varata kapasiteettia (nykyinen varianttikoodi sulkeissa)

- standardi tyyppitesti (146)
- laajennettu tyyppitesti (222)
- tyyppitesti asiakkaan speksien mukaan (149)
- ydinvoimalamoottorin testi (241)
- tyyppitesti ABB:n taajuusmuuttajan kanssa (764)

- asiakastestit (150)
- tuotekehityksen testit.

### **6.2.2 Tietokonejärjestelmiin tehtäviä muutoksia**

Tilannetta voisi lähestyä luomalla erilliset varianttikoodit testeille, joille varataan kapasiteettia koestamossa. Mikäli varianttikoodien muuttaminen on yksinkertaista voidaan tutkia mahdollisuutta päivittää olemassa olevia varianttikooodeja. Tämä tarkoittaa, että ainakin SAPIin on tehtävä muutoksia. SAPIin tehtävä muutos voisi olla esimerkiksi sellainen, että tilauksen vapautuspäivä (Releasing date) määräytyisi nykyisten aikamallien mukaisesti siten, että moottori on valmis tuotannosta testin kapasiteetin edeltävänä päivänä. Esimerkiksi testillä on vapaa kapasiteetti keskiviikkona, tulee koestettavan moottorin olla valmis linjalta tiistaina. Lisäksi SAPIin on tuotava koekentän kapasiteetti testipaikkakohtaisesti. Kapasiteetin voisi esimerkiksi asetella jokaiselle kuukaudelle erikseen, ottaen huomioon koekentän häiriötilat ja myyntitrendin ynnä muuta sellaista.

Työntekijöiden avuksi voitaisiin luoda kapasiteetin seurantaikkuna, josta näkyisi testipaikkakohtaisesti esimerkiksi kahden tulevan viikon kapasiteettivaraukset. Näyttö antaisi koestajille mahdollisuuden suunnitella milloin esimerkiksi tuotannosta myöhässä tulleen moottorin voi koestaa ilman, että se käyttäisi toisen moottorin testiaikaa.

Lisäksi tietojärjestelmään on luotava hienokuormitus, jotta tilauksen vastaanottaessa moottorin tilaustietojen perusteella moottorille osataan varata oikealta testipaikalta kapasiteettia. Tämä mahdollistaa sen, ettei testipaikkoja voida ylikuormittaa.

### **6.2.3 Testikapasiteetin määrittelyn hyötyjä**

Moottoreiden virtaustehokkuus osaltaan kasvaa kun moottoreiden odotusaika koestettavaksi lyhenee. Odotusajan lyhentyessä myös toimitusaikaa saatetaan saada lyhennettyä, mutta se vaatii kaikkien osa-alueiden täydellistä onnistumista, eli lähinnä sitä, että moottori on valmis koestettavaksi sinä päivänä kuin koestamossa

on varattuna sille kapasiteettia ja moottori menee koestuksesta läpi ensimmäisellä kerralla.

Koestamon kuormituksen hallittavuus paranee kapasiteetin määrittelyn myötä, minkä johdosta koekenttää kuormitetaan kapasiteetin rajoissa. Tämä puolestaan vähentää ylityön määrää ja tarvetta. Testikentän seuranta helpottuu siltä osin, että on helppo seurata pystytäänkö päivälle suunnitellut testit suorittamaan ajallaan.

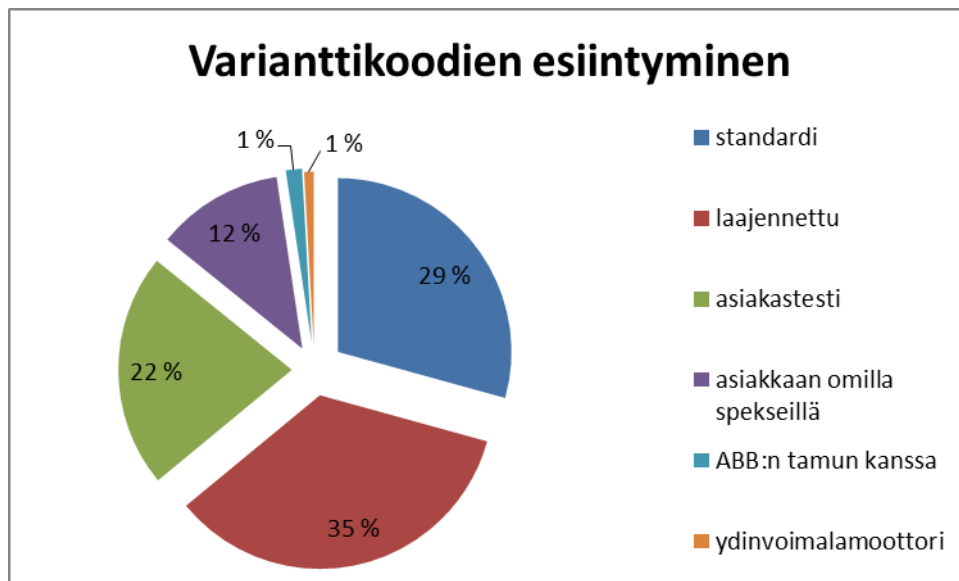
#### **6.2.4 Testikapasiteetin määrittelyn haittoja**

Ennalta määrätty aikataulus on herkkä häiriöille. Esimerkiksi yllättävät häiriötilanteet koestamossa tai sitä edeltävissä osa-prosesseissa voivat vaikuttaa negatiivisesti koestamoa edeltävän tuotannon suunnitellulle kuormitukselle. Hetkellisten testikuormituspiikkien ennustaminen on vaikeaa, joten kapasiteetin määrittely on hankalaa, eikä sitä voi tehdä kovin pitkälle eteenpäin.

Kapasiteetin asettelun myötä tulee jo tilausten käsittelyssä ottaa huomioon sekä tuotannon, että koekentän kapasiteetti, mikäli tilaus sisältää testin, jolle on kapasiteetti varattu. Toimitusaika määräytyy siis sen mukaan milloin tuotannossa ja koekentällä on vaadittava kapasiteetti käytössä. Mikäli koestuksia on tilattu paljon, voi olla, että koestamon seuraava vapaa kapasiteetti on käytettävissä myöhemmin kuin tuotannon oma on. Eli moottori valmistuisi tuotannosta aikaisemmin kuin mitä koestamolla olisi valmiutta sitä koestaa.

#### **6.2.5 Testikapasiteetin asettaminen**

Isoin haaste on testien kapasiteettien määrän asetteleminen. Kapasiteetin määrän asettelussa voi käyttää esimerkiksi hyväksi edellisen vuoden kauppojen tietoja. Kuviossa 9 on esitettyä kohdan 6.1.1 varianttikoodien esiintyminen vuoden 2013 kaupoissa. Prototesteille ei vielä ole omaa varianttikoodia, joten niiden osuus koestuksista ei näy kuviossa 9.



**Kuvio 9.** Varianttikoodien esiintyminen vuoden 2013 kaupoissa.

Kuvion 9 arvot on otettu taulukosta 2, jossa esitetään varianttikoodien esiintyminen vuoden 2013 kaupoissa. Noin kolmasosa koestuksista oli standardi- tai laajennettuja tyyppitestejä ja neljännes asiakastestejä. Yhteensä kyseisiä varianttikodeja löytyi 1 134 kaupalta vuonna 2013.

**Taulukko 2.** Vuonna 2013 kaupoilla esiintyvien varianttikoodien määrät.

varianttikoodi	testi	määrä
222	standardi tyyppitesti	394
146	laajennettu tyyppitesti	332
150	asikastesti	247
149	testi asiakkaan omilla spekseillä	134
764	ABB:n taajuusmuuttajan kanssa	17
241	testi ydinvoimalamoottorille	10

Asiakasteseteille voidaan laittaa rajoitukseksi 1 päivässä kutakin testauspaikkaa kohden. Pienien moottoreiden asiakastestejä voidaan suorittaa kaksikin päivässä, sillä pienien moottoreiden lämpenemäajoon kuluu vain muutama tunti. Yleisesti voidaan katsoa, että taulukossa 2 esiintyviä testejä tehtäisiin maksimissaan 2 per työpäivä.

Kappaleen 4.4 kuviosta 7 näkyy testipaikkojen kuormitettavuudet vuonna 2013, minkä perusteella testipaikkoja TP1 ja TP0 kuormitettiin eniten. Täten näille tes-

tipaikoille varattavien testien viikkokapasiteetti tulee olla pienempi kuin muiden, sillä kyseisillä testipaikoilla tehdään paljon muitakin koestuksia.

Prototyypin testit ovat tärkeitä yrityksen kannalta, jotta pystytään tarjoamaan asiakkaille kilpailukykyisempiä moottoreita kuin muut valmistajat. Prototyyppitesteille voitaisiin varata kapasiteettia, esimerkiksi joka kuukauden ensimmäinen ja kolmas tiistai. Etukäteen ei osata sanoa, minkä teholuokan protoja koestetaan, joten kapasiteettia on vaikea varata millekään testipaikalle erikseen. Protomootto-reillekin tulee luoda testing order, jolla ilmoitetaan millä teholla koe pitää suorittaa. Tällöin koestuspaikkojen viikkokapasiteetti kuormittuisi vain siltä osalta, jossa koestus tehtäisiin, jotta toisten testipaikkojen kapasiteetti vapautuu muiden testien suorittamiseen. Lisäksi on järjestettävä esto, ettei voi varata samalle päivälle useammalta testipaikalta koestusaikaa prototyyppien testeille.

Kuvio 10 on periaatekuva siitä miltä viikonäyttö voisi näyttää kapasiteettia varattavien testien osalta. Tarpeeksi suurella näytöllä voidaan esittää kahden viikon työkuorma (LIITE 2). Valkoinen indikoi vapaasta ajasta eli sinä päivänä on varattu vain yhdelle testille kapasiteettia. Näyttö on mahdollista tehdä vasta kun, SA-Pissa on kaikki tieto kunnossa, eli siellä tulee olla esimerkiksi varianttikoodit päivitettyinä tai uusittuna.

		vko 14					
		max 10 per vko	max 8 per vko	max 8 per vko	max 10 per vko	max 10 per vko	max 10 per vko
standardi tyyppitesti							
laajennettu tyyppitesti							
asiakastesti							
tyypitesti asiakkaan sepksellä	Pe 4.4						
ydinvoimalamoottorin testi	To 3.4						
prototesti	Ke 2.4						
tyypitesti ABB:n tamulla	Ti 1.4						
	Ma 31.3						
		TP0	TP1	TP2	TP4	TP5	TP9

**Kuvio 10.** Esimerkinäkymä varatuista testeistä.

Tehtaalla on käytössä jo erinäisiä keinoja esittää tietoja, mutta mielekästä olisi rakentaa oma järjestelmä. Esimerkiksi kyseiseen dataan ei ole tarpeellista päästä käsiksi nettiselaimesta eikä kyseisen muotoista dataa tarvi varastoida tai jatkojalostaa. Koekentän mittaristoihin käytettävän datan voi hakea SAPista.

### **6.3 Testipaikkojen seisokkien hallinta**

Tässä kappaleessa esitetään miten testipaikkojen seisokkeja voitaisiin vähentää ja lyhentää.

#### **6.3.1 Laitteiden kunnossapito**

Yksinkertaisin tapa lisätä laitteiden kapasiteettia on pitää laitteet kunnossa, jolloin niiden käyttöaste paranee kun käyttökatkot vähenevät. Laitteiden kuntoa voidaan valvoa mittauksilla ja aistinvaraisilla havainnoilla. Esimerkiksi koneista kuuluvat poikkeavat äänet usein indikoivat tulevasta tai olemassa olevasta viasta. Ennakkohuoltotoimenpiteitä on erilaisia, riippuen koneen ominaisuuksista. Ennakkohuoltoilla ja erilaisilla tarkastuksilla voidaan välttyä konerikoilta.

Ainakin TP0, TP5 ja TP9 paikoille on eräässä lopputyössä suunniteltu huolto-ohjelma vuodelle 2014. Tätä noudattamalla laitteiden käyttöikä saadaan pidentettyä. Huolto tulee valita päivälle jolloin koekentällä ei ole paljoa kuormitusta, jotta huollosta aiheutuvat seisokit ja kapasiteetin aleneminen jäisivät mahdollisimman pieniksi. Huollon haastavuuden mukaisesti päätetään kuka huollon suorittaa, sillä talon henkilökunta osaa suorittaa jotain huoltoja, muttei kaikkia.

#### **6.3.2 Laitteiden käyttöasteen seuraaminen**

Laitteiden käyttöasteen seuraamisesta saa hyvän kuvan koestamon laitteiden tilasta ja tehokkuudesta. Suunnitteilla on seurantaikkuna, jossa näkyy jokaisen testipaikan tila, eli esimerkiksi otetaanko generaattorilta sähköä, onko testipaikalla vika tai onko testipaikka huollossa. Seurantaikkuna näytetään koestamoon tai koestamon välittömään läheisyyteen asennettavalta näytöltä. Myös SAPista siirtyvät koestuksien varatut kapasiteetit voidaan näyttää samalta tv-ruudulta, mutta omassa

ikkunassaan. Näyttöjä pitäisi olla 3, joista 2 asetetaan koestamon häkkien sisäpuolelle ja 1 ulkopuolelle.

ARROW Machine Track on laajasti käytössä oleva lean-johtamisen työkalu, jolla voi helposti valvoa tuotannon tilaa. Machine Track kerää automaattisesti tietoa tuotannon koneilta ja käsittelee dataa. Datalla voidaan tutkia muun muassa laitteiden käytettävyyttä, laitteiden käyttöastetta ja -suhdetta, mitata OEE:ta sekä kunnossapidon tunnuslukuja. Koneiden käyttösuhdetta voidaan laskea kaavan 1 mukaan. Kunnossapidon tunnuslukuja on muun muassa aika joka kuluu vikaantumisesta korjaukseen sekä keskimääräinen aika vikojen välillä. /15/. Tällä hetkellä MM-tehtaan tuotannossa on käytössä ARROW Machine Track, jolla seurataan tuotannon koneiden käyttöä.

$$\text{koneiden käyttösuhte} - \% = \frac{\text{toteutunut käyntiaika}}{\text{teoreettinen maksimikäyntiaika}} * 100 \quad (1)$$

ARROW Machine Trackiä on mahdollista hyödyntää myös koestamossa, mutta sitä ei ole otettu käyttöön sillä on ollut epäselvää mistä tilatiedot otetaan ja mitä tilatietoja halutaan. Aluksi tulee selvittää mitä tietoja koestamon koneista halutaan ja miten kyseiset tilatiedot voidaan kerätä automaatiota hyödyntäen. Esimerkiksi ABB:n kytкимиin on saatavilla lisäosia, joilla saadaan kytkimen tilatieto vietyä logiikalle.

Käytönvalvontaa kiinnostavat seuraavat testipaikan tilat:

- huollossa
- vapaana
- testimoottorin asennus meneillään
- ei käytettävissä.

Suunnitelmissa olisi viedä logiikalle generaattorin syöttävän katkaisijan tilatieto, joka indikoisi koestuksen olevan käynnissä eli ei käytettävissä -tilassa. Loput käytönvalvontaa kiinnostavat tilat ovat hankalia, ja jokseenkin epäloogisia, tuoda automaation kautta, joten tilamuutokset on tehtävä manuaalisesti. Tämä voidaan hoitaa operointipaneelin kautta, jonka välityksellä tilamuutokset näkyvät valvontaik-

kunassa. Operointipaneelin voidaan tuoda paljon erilaisia painikkeita, joita painamalla seurantajärjestelmän indikoinnit muuttuvat, mutta tulee miettiä tarkasti mitkä tilaindikoinnit oikeasti ovat tärkeitä. Onko esimerkiksi tarpeellista tietää erikseen onko koekentän testipaikalla menossa testimoottorin asennus vai sähköiset mittaukset. Testimoottorin asennukseen ja pois ottamiseen kuluvaa aikaa mittaamalla saadaan toisaalta lasketuksi kaavan 2 mukainen koneaikasuhte.

$$\text{koneaikasuhte} = \frac{\text{koneaika työvaiheessa}}{\text{koko vaihe aika}} \quad (2)$$

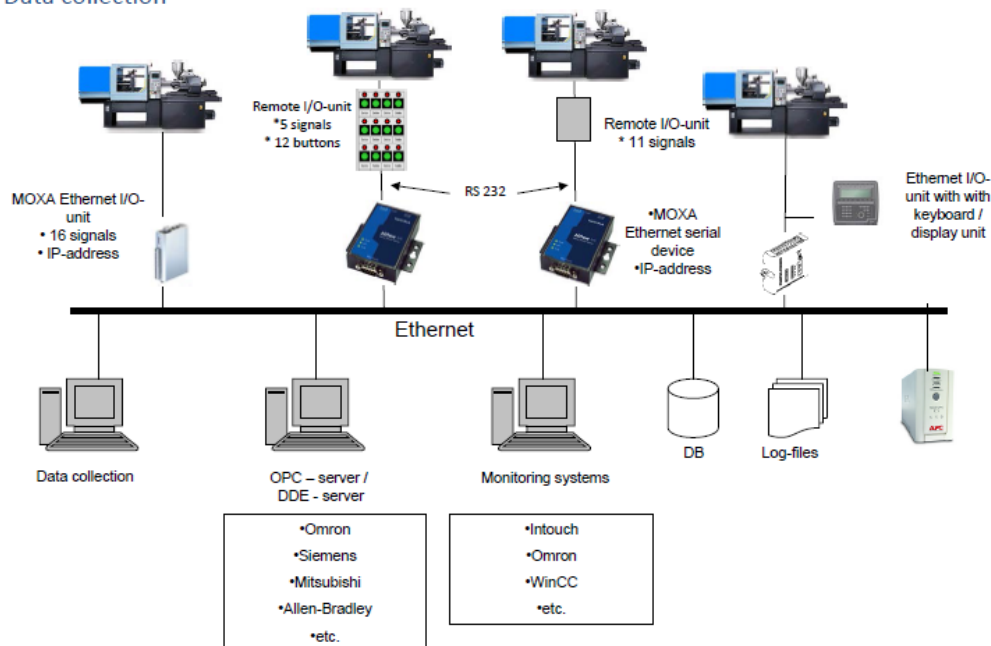
Syöttävää katkaisijaa suljetaan ja avataan kesken koestuksen, joten koestuksen aikana tapahtuvat testipaikan tilamuutokset tulee eliminoida esimerkiksi aikareleellä. Aikareleeseen takia tilamuutos siirtyisi vasta viiveajan kuluttua logiikalle. Esimerkiksi asetellaan aikareleeseen viivästysaika tunniksi, jolloin tila muuttuu käytössä tilasta käytettäväksi tilaan, kun kytkin on ollut tunnin auki. Aikareleeseen tulee olla nopeasti muutettavissa sillä moottorin asentamiseen ja pois ottamiseen kuluvat ajat riippuvat esimerkiksi moottorin napapariluvusta ja laipasta. Aikaviiveen voidaan myös asetella keskimääräiseksi ajaksi, joka kuuluu moottoreiden asennukseen ja pois ottamiseen. Aikareleeseen valinnassa tulee huomioida aika-asetusalue, releen kiinnitystapa, ohjausjännite sekä mahdolliset relelähdet.

Kuviossa 11 on esitetty ARROW Machine Trackin periaatteellinen kuva siitä, miten tiedonkeruu hoidetaan. Tietoa kerätään ja siirretään ethernetin välityksellä, joten tarvitaan erilaisia ethernet-laitteita, jotta tieto saadaan kerätyksi ethernet-verkkoon. Valvontaikkuna voidaan rakentaa esimerkiksi InTouchiin, johon voidaan esimerkiksi tuoda vikahälytykset ja indikoinnit testipaikkojen tiloista.



## Machine Track

Data collection



**Kuvio 11.** Machine Trackin tiedonkeruun rakenne. /13/

### 6.3.3 Laitteiden päivittäminen ja uusiminen

Koekentän laitekanta on osaltaan vanhaa ja varaosien saatavuus niihin on rajallista. Lisäksi toimittajien tuki on loppunut, mikä nostaa varaosien hintaa, jos varaosaa edes löytää. Laitteiden päivittäminen on kallista, mutta päivittämisen säästöt syntyvät kun koneiden huolto- ja kunnossapitokustannukset pienenevät ja laitteiden käyttökapasiteetti nousee.

Päivitettävät laitteet voidaan valita esimerkiksi sen perusteella, että miten niihin on vara- tai lisäosia saatavilla vuosien päästä ja kuinka kalliiksi ne tulevat. Lisäksi useasti korjaustarpeessa olevien laitteiden kohdalla on syytä miettiä saavutetaanko pitkällä aikavälillä säästettyä kustannuksissa laitteen uusimisella. ARROW Main-tista saa tietoa siitä, paljonko rahaa on käytetty laitteen korjauksiin ja näin voidaan määritellä laitteen uusimistarvetta.

Koekentän laitteiden seuranta vaatii automaatiota, joten koestamon laitteiden soveltuvuus automaatioon tulee tutkia. Laitteet, joista saadaan tai halutaan hyödy-

listä tietoa, tulee päivittää tai vaihtaa uudempaan, jotta tiedot saadaan kerättyä ja hyödynnettyä. Valvomoikkunan saa avattua tietokoneella, mutta tietojen esittäminen koko tehtaalle yhdellä vilkaisulla vaatisi näytön, joka näyttää tietoja käytävälle päin.

#### **6.3.4 Laite- ja henkilökapasiteetin lisääminen**

Helpoin tapa laiterikkojen aiheuttaminen lisäkuormien tasaamiselle olisi rakentaa uusia testauspaikkoja. Tällöin rikki menneen testauspaikan kuormaa voidaan jakaa useammalle testauspaikalle. Toisaalta kokonaan uuden testauspaikan rakentaminen on kallis investointi, eikä se maksa itseään takaisin kovin nopeasti. Lisäksi tehtaan tilanpuute rajoittaa koekentän alueen suurentamista, sillä tehdasta ei voi laajentaa ulospäin.

Testauskapasiteetin lisääntyessä tulee henkilökapasiteettiakin nostaa. Eli lisäkustannuksia seuraa uusista työntekijöistä ja heidän kouluttamisen aiheuttamasta hetkellisestä tehokkuuden laskemisesta. Tehokkuus toisaalta nousee aina, kun työntekijä oppii uuden asian.

#### **6.3.5 Laitekapasiteetin lisäämisen hyvät puolet**

Laitekapasiteetin lisääminen tehostaa koestamon toimintaa lyhentämällä laiterikoista aiheutuvien seisokkien kestoa. Lisäksi säästetään huolto- ja korjauskustannuksissa, kun laitteet ovat nykyaikaisia ja niiden varaosat ovat helposti saatavissa ja toimittajan tuen alaisia. Uudet testauspaikat mahdollistavat lisäkuorman tasaisemman jakamisen tilanteissa, joissa jokin testipaikoista ei ole käytössä.

#### **6.3.6 Laitekapasiteetin lisäämisen huonot puolet**

Suuri investointi vaatii paljon rahaa. Investointeihin käytettävät rahan takaisinmaksuaika on pitkä sillä investoinneista saatavat hyödyt eivät ole välittömiä vaan ne näkyvät mittaristossa sekä huolto- ja kunnossapidon säästöissä. Uusien laitteiden opettelu vaatii aina hieman aikaa, mikä on pois testaukseen käytettävästä ajasta. Muutostöiden aikana ei testipaikka saa olla jännitteellinen, joten päivittämis-

tä ja uusimisesta aiheutuu seisokkeja, joiden aikana moottoreita ei voida kyseisellä testauspaikalla koestaa.

## **6.4 Mittausjärjestelmien parantaminen**

Toimiva mittausjärjestelmä nopeuttaa moottorin läpivirtausta koestamosta lähettämöön. Tässä kappaleessa esitetään mittausjärjestelmän heikkouksia sekä esitetään mahdollisia ratkaisuja niiden poistamiseen.

### **6.4.1 Ongelman etsiminen**

Tässä luvussa puhutaan ongelmasta käyttökatkona, sillä ongelman laatu ja syy eivät ole selvillä.

Ongelman ratkaiseminen voidaan aloittaa siitä, että koestajat koekentällä kirjaavat ylös milloin käyttökatkot tapahtuvat tai milloin ne on huomattu, mitä käyttökatkon aikana on tehty ja millä testipaikalla ongelma esiintyy. Esimerkiksi SAPin alasmeno on hyvä indikaattori verkkoyhteysviasta, joten käyttökatkon tullessa koestaja voisi katsoa toimiiko SAP. Mikäli SAP toimii, ei vika ole verkkoyhteyksissä. Tiedot toimitetaan Vapice Oy:n työntekijälle, sillä Vapice Oy kehittää ja korjaa MotLab:ia. Tietojen perusteella voidaan saada osviittaa ongelman syystä. On epätodennäköistä, että ongelma esiintyisi juuri kun Vapice Oy:n työntekijä on paikalla, joten testipaikkojen valvominen koestamossa paikan päällä ei ole mielekäs ongelman etsintätapa.

Verkkoyhteyksissä oleva vika ei ole täysin poissuljettu, joten koestamon tietokoneita voidaan laittaa tarkemman tarkkailun alaiseksi jos huomataan, että katkoksia esiintyy vain tietyillä tietokoneilla.

### **6.4.2 Koestajan käyttöliittymän parantaminen**

MotLabin rajapinta, eli koestamon tietokoneen ruudun näkymä on tehtävä siten, etteä sen väärin käyttäminen ole mahdollista. Väärinkäytön sattuessa on oltava mahdollista palata aiempaan vaiheeseen ja korjata tapahtunut virhe. Esimerkiksi tällä hetkellä MotLab:sta tiedot eivät tallennu mikäli tietyssä solussa on väärää

dataa. Tällöin MotLab ei ilmoita virheestä vaan jättää tallentamatta koestustulokset.

### **6.4.3 Ongelman ratkaiseminen**

MotLab- ohjelmiston toimivuudesta vastaa Vapice Oy, joten yritykselle tulee antaa työnanto, jossa erikseen määritellään ongelmia, joihin halutaan parannuksia ja mahdollisesti esittää periaatteellinen rajapinta, joka halutaan saavuttaa.

Esimerkiksi yksi parannus voisi olla ”virhe-ikkunan” esiin ponnahtaminen tilanteissa joissa, esimerkiksi taajuuskenttään on kirjoitettu vahingossa XX.X -muodon sijaan XXX.X -muotoinen luku. Kyse on tällöin näppäilyvirheestä, joita tapahtuu aika ajoin. Virhe-ikkunassa voi olla vian ilmoitus, esimerkiksi taajuuden arvo väärin ja painike, jota painamalla pääsee takaisin ikkunaan, jossa arvon saisi muuttaa ja sitten tallentaa mittaustulokset.

Yksikössä on käynnissä MotLab 2 nimeä kantava projekti, jossa keskitytään parantamaan ja uudistamaan MotLab:ia, joten esitettyjä ongelmia varmasti käydään läpi kyseisessä projektissa.

## **6.5 Moottoreiden uudelleentestauksien määrän vähentäminen**

Tässä kappaleessa esitetään ratkaisuja, joilla voitaisiin vähentää moottorien uudelleen testaamista laatuongelmien takia.

### **6.5.1 Moottorin laatupoikkeaminen vähentäminen**

Laatupoikkeamia voidaan vähentää tutkimalla laatupoikkeamien juurisyitä sekä täsmentää kokoonpanovaihetta, jolloin esimerkiksi huolimattomuusvirheitä saadaan vähennettyä. Lisäksi pitää tehdä selväksi kenellä on vastuu vian etsimisestä.

Mekaanisen- ja sähköpuolen laatuinsinöörejä tulee painostaa ratkaisemaan tärinä- ja hyötysuhdeongelmat. Aluksi ongelmaa voidaan lähestyä keräämällä laatupoikkeamista dataa esimerkiksi siitä, mille runkokoolle laatupoikkeamia avataan ja mitkä syyt johtavat laatupoikkeamaan. Kerätystä datasta saatetaan saada selville laajemmat ongelmat ja tiedon, mihin panostaa ongelmien poistamiseksi.

### **6.5.2 Asiakastestauksien väärinymmärryksiä vähentäminen**

Motors Ohjeet- tietokannassa on hyvä dokumentti, jossa kerrotaan miten asiakastestaustapahtuma tulee viedä läpi. Dokumentissa on muun muassa ilmoitettu kelloaika jolloin testi tulee viimeistään aloittaa, jotta tapahtuma saadaan suoritettua loppuun kohtuullisessa ajassa. Tämän dokumentin ohjeen noudattamista voidaan painottaa projekti-insinööreille, jotta testaustapahtuma etenee jouhevasti niin asiakkaan kuin koekentän henkilökunnan osalta. Projekti-insinöörejä tulee myös painottaa siitä, että he ovat vastuussa tiedon siirtämisestä koestamoon, eli asiakkaan vaatimat speksit, suoritettavat testit ja testilaitteisto tulee olla koestajien tiedossa hyvissä ajoin ennen koestuksen tapahtumista.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Koestamon tilaa tulee seurata ja puuttua ongelmiin ennen kuin niistä ehtii muodostua pullonkauloja. Lisäksi Kaizen -projektista muodostuneiden 4Q-ryhmien ratkaisujen loppuun vieminen avartaa koestamon kapeikkoa. Kapeikko-ohjauksen kehitysprosessin mukaisesti tulee järjestää muu toiminta tukemaan kapeikkoa. Eli pitää kehittää tuotantoa yhdessä koko tilaus-toimitusprosessin osa-alueiden kanssa. Mikäli pullonkaula siirtyy johonkin muuhun kohtaan prosessia, tulee kyseiseen osaprosessin pullonkaulojen eliminoimiseksi keskittää resursseja.

Mahdollisten muutosten jälkeen tulee palata kapeikko-ohjauksen ohjaussääntöihin ja tutkia pystytäänkö muuttuvan tilanteen jälkeen toteuttamaan sääntöjä. Mikäli sääntöjä ei pystytä noudattamaan tulee vallitsevaa tilannetta muuttaa siten, että ohjaussääntöjä pystytään toteuttamaan.

ARROW Machine Track on hyvä laitteiden kuormituksen seurantajärjestelmä, mutta siitä on myös moneen muuhunkin. Seurantajärjestelmän tarjoamien hyötyjen tutkiminen on tarpeen, sillä Machine Track tarjoaa monipuolisia tietoja, joista on hyötyä koekentän tehokkuuden seuraamisessa ja parantamisessa. Uuden tiedon myötä tulee kehitellä uusia mittaristoja, jotka indikoivat koekentän laitteiden tilaa.

Tutkimuksen aikana havaittiin, että monet ongelmat ovat ratkaistavissa pelkillä yhteisten pelisääntöjen tarkentamisella sekä hyvällä vuorovaikutuksella muiden tilaus-toimitusprosessin työntekijöiden kanssa. Hyvä vuorovaikutus tarkoittaa muun muassa sitä, että tärkeä ja hyödyllinen tieto kulkee kaikille asianomaisille samanaikaisesti. Ennen isojen muutosten tekemistä tulee huomioida miten muutos vaikuttaa muihin osaprosesseihin.

Lopputyön aikana kävi ilmi, että koekentän laitteisto on vanhaa ja vähän automatisoitua. Automatisointi poistaa ihmisten tekemien virheiden määrää sekä nopeuttaa ja helpottaa työntekoa. Aiheellista olisi tutkia millaisilla automaatiosovelluksilla koekentän toimintaa voitaisiin tehostaa ja nopeuttaa.

## LÄHTEET

- /1/ ABB in Brief. Key Figures. Viitattu 24.2.2014  
<http://new.abb.com/about/abb-in-brief/key-figures>
- /2/ ABB in Finland. Organisaatio. Organisaatiokaaviot. Viitattu 24.2.2014  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot378.nsf/veritydisplay/b42c5c861d659f3dc1257c59004424e3/\\$file/ABB\\_Oy\\_organisaatio\\_01012014.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot378.nsf/veritydisplay/b42c5c861d659f3dc1257c59004424e3/$file/ABB_Oy_organisaatio_01012014.pdf)
- /3/ ABB inside. Viitattu 28.2.2014  
<http://inside.abb.com/cawp/gad00072/3e75a1d92a93408dc125737c00307ead.aspx>
- /4/ ABB lyhyesti. ABB Suomessa. Avainluvut. Viitattu 24.2.2014  
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/avainluvut>
- /5/ ABB lyhyesti. ABB Suomessa. Viitattu 24.2.2014  
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- /6/ ABB lyhyesti. Historia. Suomalaiset juuret. Viitattu 24.2.2014  
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>
- /7/ ABB lyhyesti. Viitattu 24.2.2014  
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti>
- /8/ ABB Moottorit ja generaattorit yksikön sisäinen materiaali. Motors Ohjeet-tietokanta. Viitattu 17.3.2014
- /9/ ABB Oy. Motors and Generators, Vaasa. Organisaatio. Organization Chart: IEC LV Motors Vaasa – Local Production Unit. Viitattu 10.4.2014  
<http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00195/6abc2f7be33df3c1c2256f660044b629.aspx>
- /10/ ABB Oy. Tuotteet ja järjestelmät. Moottorit ja generaattorit. Viitattu 25.2.2014  
<http://www.abb.com/product/us/9AAC133417.aspx>
- /11/ ABB:n sisäinen materiaali
- /12/ Alanen, N. 2003. Opinnäytetyö. Mittaaminen ja simulointi kapeikko-ohjauksen tukena. 9.
- /13/ ARROW Engineeringin lähettämä materiaali.
- /14/ Modig, N. & Åhlström, P. 2013. Tätä on lean. Ensimmäinen painos. Rheologica Publishing.
- /15/ Saira, V. 2013. Opinnäytetyö. Sähköennakkohuoltosuunnitelma. 2-3. Viitattu 23.4.2014

[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58301/Saira\\_Ville.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58301/Saira_Ville.pdf?sequence=1)

- /16/ Takala, K. 2013. Opinnäytetyö. Tehdasstandardin laatiminen. 8.
- /17/ Thomasson, P. 2012. Opinnäytetyö. Tilausmuutokset tilaus-toimitusprosessissa. 21-26



# LIITE 1

