

Ville Mäkelä

**Ensisaannon automaattisen laskennan mahdollisuudet  
Epec Oy:n elektroniikkatuotannon automaattisilla tes-  
tauslaitteistoilla**

Opinnäytetyö

Kevät 2015

Liiketalouden yksikkö

Yrittäjyyden ja liiketoimintaosaamisen koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Liiketalouden yksikkö

Koulutusohjelma: Yrittäjyyden ja liiketoimintaosaamisen koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Asiakaskeskeinen liiketoiminta

Tekijä: Ville Mäkelä

Työn nimi: Ensisaannon automaattisen laskennan mahdollisuudet Epec Oy:n elektroniikkatuotannon automaattisilla testauslaitteistoilla

Ohjaaja: Jorma Imppola, Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 81

Liitteiden lukumäärä: 2

---

Ensisaannon mittaamisen voidaan katsoa olevan merkittävässä roolissa tuotannollisessa toiminnassa jossa suoritetaan tarkastamista tai testaamista. Ensisaannon mittaamisen avulla voidaan mitata valmistettujen tuotteiden sekä valmistusprosessin hyvyttä, laatua.

Tässä toiminnallisessa opinnäytetyössä tutkitaan ensisaannon automaattisen mittaamisen mahdollisuuksia Epec Oy:n elektroniikkatuotanto-osaston automaattisilla testilaitteistoilla. Kyseisillä laitteilla sekä varmistetaan valmistetun tuotteen laadullinen hyväksyntä että kehitetään laadullisesti testausta edeltävää prosessia.

Työn teoriaosuudessa kuvataan laatua, laadun mittaamista ja kehittämistä, laatu-kustannuslaskentaa sekä ensisaannon mittaamista ja laskentaa. Tutkimustyössä tarvittava käytännön tieto kerättiin haastattelemalla asioista vastaavia henkilöitä.

Tutkimustyön avulla kyettiin kartoittamaan millaisia eri vaihtoehtoja ensisaannon mittaamiselle on olemassa. Tutkimuksen avulla saatiin syvällisempää tietoa testilaitteistojen toiminnasta, ensisaannon mittaamisen mahdollisuuksista sekä testitulosien analysointityökaluista. Tämän työn avulla kohdeyrityksen on helpompaa tehdä ratkaisuja tulevista vaihtoehdoista ensisaannon mittaamiselle.

Avainsanat: elektroniikka, ensisaanto, laatu, testaus, FPY

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: Business School

Degree programme: Degree Programme in Entrepreneurship and Business Competence

Specialisation: Customer-oriented Business Operations

Author: Ville Mäkelä

Title of thesis: Possibilities of the First time yield measurement in company Epec Oy's electronics production automated test equipments

Supervisor(s): Jorma Imppola, Seinäjoki University of applied sciences

Year: 2015

Number of pages: 81

Number of appendices: 2

---

Measuring of the first pass yield can be seen in significant role in production where testing and inspection processes are common. Quality of the products and production process can be measured by first pass yield.

In this thesis there was a research what possibilities there are to measure first pass yield with case company's automated testing equipment. The purpose of the feedback information provided by the testing equipment is to ensure the quality of products and also to achieve better quality in production processes before test phase.

In the theoretical part of this thesis quality, measuring and developing quality, costs of poor quality and measuring first pass yield are described. The required practical information was gathered by interviewing the persons dealing with these issues.

During this research project it was possible to find out what kind of alternatives there is to measure the first pass yield. Also it was possible to get deeper knowledge how automated test equipment work, which are the possibilities to measure first pass yield and what tools to use when analysing the test results. With this thesis the case company has acquired more knowledge to decide how to measure first pass yield in the future.

Keywords: FPY, first pass yield, quality, testing, electronics

## Sisältö

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract .....	3
Sisältö.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	8
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>10</b>
1.1 Tutkimusongelma.....	11
1.2 Tutkimusongelman rajaus .....	11
1.3 Tutkimusmenetelmät.....	12
1.4 Tavoitetila.....	12
<b>2 LAATU JA SEN KEHITTÄMINEN .....</b>	<b>14</b>
2.1 Laadun kehittyminen eri aikakausina .....	15
2.1.1 Laatu menneisyydessä, laadun historiaa .....	15
2.1.2 Laatu eilen ja tänään.....	16
2.1.3 Laatu tulevaisuudessa .....	18
2.2 Laatu käsite.....	18
2.3 ISO9001:2008 laatustandardin määritelmä laadunhallintajärjestelmän vaatimuksista .....	21
2.4 Laadunmittaaminen ja laadun tarkastaminen .....	22
2.4.1 Mittaamisen historiaa lyhyesti .....	24
2.4.2 Ensisaanto ja sen laskeminen.....	24
2.4.3 Tuotantotestaus .....	28
2.5 Laadun johtaminen.....	29
2.5.1 Henkilöstö laadun tuottajana.....	30
2.5.2 Toimintojohtaminen, ABM .....	31
2.6 Laadun kustannukset .....	31
2.7 Laadun kehittäminen ja sen yleiset työkalut.....	34
2.7.1 TQM.....	36
2.7.2 SPC .....	36
2.7.3 Six Sigma.....	37

2.7.4	Lean.....	38
2.7.5	5-S .....	40
2.7.6	Jatkuva parantaminen.....	40
2.7.7	Auditointi .....	41
<b>3</b>	<b>TUTKIMUSYMPÄRISTÖ.....</b>	<b>43</b>
3.1	Kohdeyrityksen esittely .....	43
3.1.1	Elektroniikkatuotanto-osaston esittely .....	45
3.1.2	Tuotantotoiminnan esittely .....	46
3.1.3	Valmistettavat tyypilliset tuotteet .....	49
3.1.4	Kohdeyrityksen visio, missio ja arvot .....	50
3.1.5	Asiakaslähtöinen toiminta kohdeyrityksessä .....	51
3.2	Testauslaitteiston esittely .....	52
3.2.1	Alku- ja lopputestauksen tarkoitus .....	53
3.2.2	Testauslaitteiston toimintaperiaate.....	54
<b>4</b>	<b>EMPIRIA .....</b>	<b>56</b>
4.1	Kohdeyrityksen laadullinen nykytila.....	56
4.1.1	Laatukustannusten seuranta.....	57
4.1.2	Ensisaannon mittauksen nykytila .....	57
4.1.3	Laadunhallinta elektroniikkatuotanto-osastolla.....	58
4.2	Laadun kehityskohteet ja ongelmat elektroniikkatuotannossa .....	60
4.3	Ensisaannon mittaamisen merkitys.....	60
4.4	Automaattisten testauslaitteistojen tuottamat tiedot .....	61
4.4.1	Testcom:n valmistamassa testauslaitteistossa syntyvä tieto.....	61
4.4.2	Espotelin valmistaman testerin tuottama tieto .....	62
4.5	Valmiit kaupalliset ohjelmat .....	63
4.5.1	Testcom testdata viewer .....	64
4.5.2	WATS-ohjelma.....	67
4.6	IT-osaston valmius itse tekemiselle.....	69
4.7	Muissa järjestelmissä syntyvä tieto .....	70
4.8	Ensisaannon mittaamisen tavoitetila .....	70
4.9	Keinot tavoitetilan saavuttamiseksi .....	70
4.10	Realistisimmat vaihtoehdot ensisaannon mittaamiselle tulevaisuudessa .....	72

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	74
5.1 Tulokset .....	74
5.2 Jatkotoimenpiteet .....	76
LÄHTEET .....	78
LIITTEET .....	81

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Klassinen ensisaanto.....	25
Kuva 2. RTY:n laskeminen. ....	27
Kuva 3. Laatumuutosten jäävuorimalli (Salomäki 1999, 57).....	32
Kuva 4. Laadun kehittämisprosessi (Salomäki 1999, 77). ....	34
Kuva 5. PDCA-ympyrä, eli ns. Deminging laatuympyrä.....	41
Kuva 6. Organisaatiokaavio päätasolla.....	44
Kuva 7. Elektroniikkatuotanto-osaston organisaatio. ....	45
Kuva 8. Elektroniikkatuotanto-osasto (Epec 2015d). ....	46
Kuva 9. Tyypillinen tuotantoprosessi.....	47
Kuva 10. Tyypillinen tuote, Epec 3724 Control Unit (Epec 2015a, 10).....	49
Kuva 11. Tyypillinen koneenohjausjärjestelmä (Epec 2015a).....	50
Kuva 12. Tyypillinen testauslaitteisto (2kpl), lopputestaus. ....	53
Kuva 13. Testausohjelmisto.....	55
Kuva 14. Kuvaruutukaappaus TesdataViever –ohjelmasta.....	65
Kuva 15. TestdataViewer, graafinen näkymä. ....	66
Kuva 16. TestdataViewer, testivaiheiden tuloksia.....	67

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>ABC</b>	Activity-based costing. Toimintolaskenta.
<b>AOI</b>	Automated Optical Inspection. Konenäkötarkastus.
<b>ABM</b>	Activity-based management. Toimintojohtaminen.
<b>CAN</b>	CAN-väylä. Väylä jota pitkin ohjausjärjestelmän tuotteet kommunikoiivat keskenään.
<b>DNV</b>	Det Norske Veritas. Yritys joka toimii kohdeyrityksen toiminnanohjausjärjestelmän auditoijana.
<b>DPMO</b>	Defects per million opportunities. Viallisten osuus miljoonasta mahdollisuudesta.
<b>ERP</b>	Enterprise resource planning. Yrityskäyttöön suunnattu toiminnanohjausjärjestelmä. Tyypillisesti järjestelmän tehtävänä on hoitaa ostoa, myyntiä, taloushallintoa, varasto-toimintoja, tuotantoa jne. riippuen järjestelmän laajuudesta.
<b>FPY</b>	First Pass Yield. Ensisaanto. Luku kuvastaa sitä, miten tuote läpäisee tuotantotestauksen. Muita vastaavia termejä laskentatavasta riippuen, ovat TPY, FTY ja RTY.
<b>FTY</b>	ks. FPY
<b>JIT/JOT</b>	Just in time. Juuri oikeaan tarpeeseen. Tuotteet valmistetaan ja toimitetaan tilaajalle juuri oikeaan tarpeeseen.
<b>LCL</b>	Lower control limit. Laadun tai sen vaihtelun alaraja.
<b>RTY</b>	ks. FPY
<b>SPC</b>	Statistical Process Control. Prosessin tilastollinen seuranta.



<b>TQC</b>	Total Quality Control. Japanilaisen kokonaisvaltaisen laatujohtamisen mallin alunperäinen nimitys. Myöhemmin rinnalle on tullut termi TQM.
<b>TQM</b>	ks. TQC
<b>TPY</b>	ks. FPY
<b>TQM</b>	ks edellä TQC.
<b>UCL</b>	Upper control limit. Laadun tai sen vaihtelun yläraja.

## 1 JOHDANTO

Elektroniikkatuotanto Suomessa on vähentynyt olennaisesti viimeisten vuosien aikana (Elektroniikkatuotanto vähentynyt voimakkaasti Suomessa, 2007). Muutos on tapahtunut erityisesti 2000-luvun alkupuolelta lähtien. Suomesta on siirretty erittäin paljon tuotantoa halvempien työvoimakustannuksien maihin. Aluksi tuotantoa siirrettiin Baltiaan, erityisesti Viroon, myöhemmin Aasian eri maihin, Kiinaan, viimeisimpänä Vietnamiin. Nokia Oyj:n matkapuhelintuotannon päättyessä Suomessa, alalta poistui tuhansia työpaikkoja useilla eri paikkakunnilla, erityisesti Sallossa ja Oulussa sekä Tampereella. Edellä mainitun tapahtuman seurauksena lakkautettuihin tai ulkomaille siirtyneisiin yrityksiin on kuulunut myös lukuisia Nokian alihankkijoita mm. Perlos sekä Elcoteq. (Elektroniikkatuotanto vähentynyt voimakkaasti Suomessa, 2007.)

Suomessa on edelleen kuitenkin vielä jäljellä elektroniikan valmistusta useiden eri yritysten toimesta. Alalla toimivat yritykset ovat nykyisin pääasiassa pienempiä kuin aiemmin. Alalla edelleen mukana olevat yritykset ovat lisäksi keskittyneet pienempiin valmistusmääriin sekä erikoistuotteiden tuottamiseen. Erityisesti kuluttajatuotteiden valmistus kotimaassa ei ole ollut enää viime aikoina juurikaan kannattavaa, eikä sitä enää löydy muutamia erikoistuotteiden valmistajia lukuun ottamatta. Suomessa valmistetuiksi erikoistuotteiksi kuluttajamarkkinoille voidaan lukea esimerkiksi Polarin valmistamat sykemittarit. Kuluttajamarkkinoiden ulkopuolelle suuntautuneiden yritysten tuotteiksi voidaan lukea tietyn kapean sektorin käyttötarkoitukseen tarkoitettuja tuotteita. Tyypillisiä ominaisuuksia näille tuotteille ovat korkea laatu, vaativat olosuhteet, kuluttajamarkkinoita pienemmät valmistusmäärät sekä tietyn kapean sektorin vahva erityisosaaminen. Omalla kapealla sektorilla toimiminen on taannut edellytyksiä menestymiselle. Näin on ollut myös tämän opinnäytetyön kohdeyrityksessä.

## 1.1 Tutkimusongelma

Kohdeyrityksen elektroniikkatuotanto-osaston automaattitestereiden ensisaannon mittaaminen ei ole nykyaikaista. Mittaamisen tulisi olla nykyiseen käytäntöön verrattuna automaattisempaa, luotettavampaa, helpompaa sekä reaaliaikaista. Tällä hetkellä käytössä on manuaalinen ensisaannon mittaustapa, joka on jääne historiasta.

Kohdeyrityksessä on puuttunut selkeä tahtotila ensisaannon mittaamisen kehittämiseksi, vaikkakin siitä on käyty useassa eri yhteydessä keskusteluja vuosien aikana. Tämän opinnäytetyön osalta on ilmaistu selkeä tahtotila ensisaannon mittaamisen kehittämiseksi.

## 1.2 Tutkimusongelman rajaus

Tämä opinnäytetyö rajataan koskemaan kohdeyrityksen elektroniikkatuotanto-osaston automaattisen testauksen saantoraportoinnin automaattisoinnin mahdollisuuksia. Tämä työ koskee ainoastaan ns. I/O-moduulitestauksen alku- ja lopputestausta. Rajauksen ulkopuolelle jää siten näyttöjen, PC-valmistuksen sekä muiden yksittäisten laitteiden automaattiset testausprosessit. Tyypillinen testattava tuote on esitelty myöhemmässä kappaleessa. Rajauksen sisälle jäävät tuotteet ovat tyypillisiä suurimennekkisiä, yleisesti kohdeyrityksen asiakkaiden käytössä olevia, jatkuvasti tilattavia tuotteita, jotka muodostavat merkittävän osan elektroniikkatuotanto-osaston tuottamasta liikevaihdosta. Lisäksi tutkimus rajautuu mahdollisuuksiin tuottaa automaattinen ensisaannon mittaus kohdeyrityksen omilla resursseilla tai vaihtoehtoisesti valmiilla ohjelmistolla.

### 1.3 Tutkimusmenetelmät

Tämä opinnäytetyö on toiminnallinen opinnäytetyö. Vilkan ja Airaksisen (2003, 9) mukaan toiminnallinen opinnäytetyö on vaihtoehto ammattikorkeakoulun tutkimukselliselle opinnäytetyölle. Heidän mukaansa toiminnallinen opinnäytetyö tavoittelee ammatillisessa kentässä käytännön toiminnan ohjeistamista, opastamista, toiminnan järjestämistä tai järjeistämistä. Lisäksi heidän mukaansa toiminnallisissa opinnäytetyöissä ei aina voi kokonaan unohtaa selvityksen tekemistä. Ammattikulttuureissa on valtava määrä tietoa ja taitoa, joita ei aina tavoiteta ilman selvitystä.

Tässä työssä tutkimusmenetelminä käytetään keskusteluja kohdeyrityksen avainhenkilöiden kanssa sekä omatoimista selvitystyötä testilaitteistosta, sen toiminnasta sekä sen tuottamasta tiedosta mahdollista jatkojalostusta varten. Tutkimuksessa keskitytään nykytilan analysointiin sekä erilaisten tulevaisuuden vaihtoehtojen kartoitukseen.

### 1.4 Tavoitetila

Tämän päättötyöprojektin tavoitteena on kartoittaa erilaisia mahdollisuuksia mitata automaattisesti ja reaaliaikaisesti elektroniikkatuotannon automaattitestauslaitteiston ensisaantoa.

Tavoitteena on kartoittaa mahdollisuudet uuden laatumittarin luomiselle. Saavutetun tavoitetilan avulla kyetään parantamaan tuotelaatua sekä pienentämään kohdeyrityksen laatukustannuksia tuotantoprosessin osalta.

Pidemmän aikavälin tavoitteena on saada selville elektroniikkatuotannon prosessissa olevia haasteita halutun laatutason tuottamiselle. Lisäksi tavoitteena on saada testaustietojen avulla selville ne tuotteissa olevat materiaalit, jotka eivät vastaa toimittajilta odotettua laatutasoa.

Unelmatilanteessa tulevaisuudessa testaustiedon avulla päästäisiin analysoimaan ensisaannosta alkaen eri tuotteisiin, testausvaiheisiin, testereihin liittyviä tekijöitä, päätyen lopulta yksittäisen tuotteen yksittäiseen testitulokseen. Lisäksi tuloksia kyettäisiin vertailemaan eri testattavien tuotteitten, testereiden, testivaiheiden sekä

ajanjaksojen kesken löytäen ongelmien lähteen joko omassa prosessissa tai toimittajien toimittamissa materiaaleissa.

## 2 LAATU JA SEN KEHITTÄMINEN

Laadun voidaan sanoa yleisesti olevan subjektiivinen käsite. Siitä, mikä on laatua tai laadukasta, ja mikä ei, ei ole olemassa mitään tiettyä yksiselitteistä tai oikeaa määritelmää. Tyypillisesti laadusta puhuttaessa puhutaan kerralla oikein tekemisestä, nollavirheperiaatteesta, prosessien kehittämisestä, asiakkaan kokemasta laadusta, tilastollisesta analyysistä, huonon laadun kustannuksista sekä monista muista, useissa eri teoksissa useita eri kertoja esiintyvistä tietystä joukosta termejä tai ismejä. Eri laadun ammattilaisten suosimissa menetelmissä toistuu hyvin samantyyppisiä tapoja suunnitella, johtaa, toteuttaa sekä kehittää laatua.

Laatua käsitteleviä teoksia löytyy paljon, niin kotimaisia kuin ulkomaisia. Ho (1995, 21) katsoo laadun guruja olevan ainakin Joseph M Juran, Philip Crosby, Kaoru Ishikawa, Shigeo Shingo, sekä Yoshio Kondo.

Yleisesti kuitenkin voidaan puhua laadusta joka täyttää laadun kokemisen kautta laadulle asetetut odotukset. Kun puhutaan koetun laadun kohtaamisesta tai kokemisesta suhteessa odotettuun laatuun, laatu joko alitetaan tai ylitetään. Voidaan puhua laadun odotusten ja kokemusten kohtaamisen tasosta. Laatutason odotukset laadun kokijalle ovat saattaneet muodostua monella eri tavalla. Mielikuva tuotteen tai palvelun laadusta on voinut syntyä esimerkiksi pitkän asiakassuhteen aikana koetusta laadusta. Oletettu, tai pitäisikö sanoa odotettu laatu, on voinut syntyä mielikuvana markkinoilla vallinneista huhupuheista yritystä tai sen tuotteita kohtaan. Se on voinut syntyä myös palvelua tai tuotetta tarjoavan yrityksen mainonnasta tai markkinoinnista sekä mahdollisesti yrityksen jo olemassa olevasta imagokuvasta markkinoilla. Myös negatiiviset tai positiiviset uutiset mediassa saattavat vaikuttaa asiakkaan odotusten ja kokemusten kohtaamiseen palvelussa tai laadussa.

## 2.1 Laadun kehittyminen eri aikakausina

Laadun kehittymistä pidemmällä aikavälillä voidaan kuvata laadun siirtymisellä laadun tarkastamisesta laadun tekemiseen heti ensimmäisellä kerralla oikein. Historiassa voidaan nähdä tehtaita joissa Taylorismin aikakauden vallitessa tuotettiin paljon tuotteita mahdollisimman nopeasti. Laatu syntyi tällöin tarkastamisen kautta. Ne tuotteet hylättiin tai korjattiin jotka eivät läpäisseet tarkastusprosessia.

### 2.1.1 Laatu menneisyydessä, laadun historiaa

Eräänä historian merkittävimmistä laatuun vaikuttaneista henkilöistä voidaan kiistatta pitää yhdysvaltalaisista tohtori Demingiä. Hänen, sekä Juranin ja Crosbyn nimet tulevat esiin useita kertoja useissa eri alan teoksissa.

Vastoin yleistä olettamusta, laadun oppiminen sekä kehittäminen eivät ole lähteneet japanilaisista itsestään, vaan se on heille tuotu amerikkalaisten konsulttien toimesta. Näiden oppien jälkeen japanilaiset ovat kuitenkin soveltaneet erilaisia laatutekniikoita kunnioitettavan paljon, sekä tuottaneet laadukkaita tuotteita joista parhaita esimerkkejä ovat olleet autot sekä elektroniikka.

Ho (1999, 22) kertoo yhtenä laadun merkittävimpänä guruna olleen tohtori W. Edwards Demingin, syntynyt 1900. Hän oli tilastotieteilijä, työskennellen Yhdysvaltojen hallitukselle. Toisen maailmansodan jälkeen Deming lähetettiin Japaniin kenraali MacArthurin toimesta opastamaan heitä väestönlaskennassa. Japanissa ollessaan hän tutustui Koyanagi -nimiseen henkilöön, joka pyysikin häntä palaamaan Japaniin uudelleen opettamaan teollisuuden laadunhallintamenetelmiä. Deming palasi Japaniin vuonna 1950 puhumaan 21 yrityksen pääjohtajille. Nämä yritykset muodostivat 80 % Japanin pääomasijoituksista. Tässä vaiheessa Deming ei puhunut enää pelkistä tilastoista, vaan laajemmasta kokonaisuudesta laadunhallinnassa. Japanilaiset ymmärsivät että Demingin puheissa oli järkeä ja ne edustivat täysin uudenlaista lähestymistapaa senhetkiseen verrattuna. Deming rohkaisi Japanilaisia hyväksymään systemaattisen lähestymistavan ongelmanratkaisuun. Tätä lähestymistapaa alettiin myöhemmin kutsua Demingin PDCA-ympyräksi. Lisäksi Deming kannusti ylempiä johtajia aktiivisesti vaikuttamaan yrityksen laadun-

kehittämishjelmiin. Demingin merkittävin viesti oli että asiakkaat ovat tuotantolinjan tärkein osa. Asiakkaan vaatimusten kohtaaminen tai ylittäminen muodostui tärkeimmäksi tekijäksi. 1980-luvun lopulla hän esitteli organisaatiokulttuurin uuden ilmaston, positiivisella yhteistyöllä johtamisen, joka koostui nautinnollisesta työstä, innovoinnista sekä yhteistyöstä.

Toisen maailmansodan jälkeen Euroopassa vallitsi tilanne jolloin kaikesta oli pulaa (Silvennoinen, Michelsen & Niemi 2008, 11–13). Yritysten ei tarvinnut kiinnittää huomiota tuottamiensa tuotteiden kustannuksiin tai laatuun, kaikesta oli pulaa. Tuotteet kävivät hyvin kaupaksi ja laatu ei ollut ensimmäinen tekijä tuotetta ostettaessa. Myöhemmässä vaiheessa 60-luvulla kuluttajilla alkoi olla enenevässä määrin ostovoimaa ja he tulivat entistä laatumietoisemmiksi. Jo 1970-luvulla USA:ssa tehtiin ensimmäisiä tutkimuksia japanilaisten laatumietoisuudesta, mutta vasta vuosikymmenen lopulla sekä etenkin 1980-luvun alussa japanilaisten laadullinen ylivoima koettiin uhkaavaksi. Samaan aikaa Joseph Juran esitti artikkeleitaan japanilaisesta laatumietoisuudesta ja sen ylivoimaisuudesta tayloristiseen tuotantomalliin verrattuna. 80-luvulla tapahtui varsinainen laatuajattelun läpimurto angloamerikkalaisessa liikkeenjohdossa (mp.). Julkaisut koskien japanilaista liikkeenjohtoa moninkertaistuivat ja niitä alettiin arvostaa. Yritysjohtajat tekivät matkoja Japaniin opiskellakseen heidän johtamistapaansa, yritysfilosofiaa, elinikäistä työuraa sekä laatua. Nämä otettiin vastaan lupauksina parantaa kilpailukykyä idän uutta jättiläistä vastaan ja tarjota ratkaisuja amerikkalaisten taloudellisiin vaikeuksiin.

### **2.1.2 Laatu eilen ja tänään**

Salomäen (1999, 20–21) mukaan jopa 1960-luvulle saakka laatu yhdistettiin vain tuotteen spesifikaation mukaisuuteen. Uutuuksia hankittiin työn helpottajiksi, vaikka entisilläkin menetelmillä pärjättiin. Tuote kesti aikansa ja romutettiin, tuotteen laatu todettiin entistä lyhyemmän käyttöajan perusteella. Perustettiin kaatopaikkoja, jotka alkoivat täyttyä. Nykyään vain harvat tuotteet syntyvät alusta loppuun yhden yrityksen valmistamina. Tuotteen synnyttää keskinäisen työnjaon perusteella syntynyt toimittajaverkosto. Tuotteita valmistetaan soluissa ja tiimityöryhmissä suuria määriä monenlaisina eri variaatioina. Asiakas voi itse vaikuttaa lopputuotteeseen



varioimalla sitä. Tuotteen laadun ratkaisee sen kyky palvella käyttäjää. Tuotteen laatu ratkaistaan heti käytön alkuvaiheessa. Usein teknisesti täysin käyttökelpoinenkin tuote korvataan entistä paremmalla ja tehokkaammalla tuotteella.

Viimeaikoina laadusta on puhuttu enenevässä määrin. Laatua on tutkittu paljon sekä kotimaassa että maailmanlaajuisesti. Piiraisen (2013) mukaan tulokset suomalaisessa laadussa eivät ole mairittelevia. Tosiseikkana hän pitää sitä että suomalainen laatu ei ole tänä päivänä hyvää. Hän siteeraa nettiartikkelissaan amerikkalaista laatututkimusta jossa Suomi oli häntäpäässä tutkimuksen kaikilla osaluilla. Tutkimuksessa tutkittiin laadun strategista merkitystä, laatujohtamisen roolia, laadun mittaamista, laatutyökalujen käyttöä sekä laatukoulutusten määrää ja laatuosaamista eli kompetenssia. Osassa tuloksista Suomi oli huonoimmalla sijalla, ollen kaikissa muissa vähintään kolmen huonoimman maan joukossa. Tutkimuksessa oli mukana 22 eri maata. Suomen ohi meni mm. Kiina, sekä muita maita joiden laatua suomessa yleisesti väheksytään. Karjalainen näkee että laatu työssä keskitytään ohjeiden luomiseen, reklamaatioiden käsittelyyn ja tarkastamiseen.

Karjalainen ja Karjalainen (2009) kiteyttävät laadun kehittymisen viimeisten vuosikymmenten aikana seuraavasti:

”Olemme kokeneet menneinä 20 - 30 vuotena ällistyttävän suuren muutoksen laadussa, laatujohtamisessa ja laadun tekemisessä. Tätä voitaneen kuvata "vallankumouksena". Tarkastajista ja tarkastuksesta on siirrytty Six Sigmaan ja huippuammattilaisiin, jotka ennaltaehkäisevät virheet ja parantavat monin tavoin tuottavuutta. Vielä 1970-luvulla ja pitkälti 80-luvulla laatu syntyi tarkastamalla. Huonot osat pyrittiin karsimaan pois. Tarkastusosastot olivat suuria ja laatutasokin tähän päivään nähden oli heikkoa etenkin jos huomioidaan tuotteiden monimutkaisuuden kasvu, joka lisää vaatimuksia nykypäivän laadulle. Tarkastamalla ei saa hyvää laatua!

1980-luku muutti kaiken. W. Edwards Deming esitti teesinsä ennaltaehkäisystä ja korosti SPC:n merkitystä, tuli ISO 9000 ja laatupalkinnot. Koulutimme koko henkilöstön laatuun ja laadun tekemiseen. Perustimme Laatuyhdistyksen laatukoulutuksen 1983 ja saimme laatu professorin (Paul Lillrank) ja itsekin toimin vähän aikaa professorina. Laatu nousi uudelle tiedon tasolle ja myös koulutustasolle. Laadusta tuli korkeakoulukelpoinen ja ensimmäiset Suomessa väitelleet laatuohjorit valmistuivat. Vielä meiltä puuttuvat kattavat laaturkurssit yliopistoista ja ammattikorkeakouluista. Aivan liian paljon keskitytään ISO 9000

laatujärjestelmään, tilastollisten laatumenetelmien (laadun parannuksen) jäädessä vähäiselle huomiolle.

1990-luvulla tietokoneet ja niiden käyttö alkoivat yleistyä, tuli "läppärit". Vasta 2000-luvun vaihteessa ensimmäisen kerran pystyimme julkisille kursseilla "vaatimaan" kannettavan tietokoneen jokaiselle ja tähän laatu- ja tilasto-ohjelmat. Tämä mahdollisti Six Sigman ja tehokkaiden laatuohjelmien, kuten Minitabin, käytön. Virheet vähenivät merkittävästi – 10, 100, 1000 osaan. Laadun mittarina virheprosentti muuttui PPM:ksi (parts per million). Laadussa siirryttiin huippuammattilaisiin, Six Sigma Black Belt ja Green Belt, joiden tuloksentekeyky tuottavuudessa ja laadussa on huippua ja mitä tärkeintä tämä kyky on osoitettu projektityöllä, josta saa sertifikaatin”.

### **2.1.3 Laatu tulevaisuudessa**

Tulevaisuudesta tai sen arvailusta laadun kohdalla ei löytynyt teoksista mitään selkeitä merkkejä. Missään teoksista ei edes yritetty ennustaa sitä. Itse arvioisin että laadun tulevaisuus muuttuu siten, että laadusta ja sen kehittämisestä tulee yleinen osa toimintaa, siten että se erottuu entistä vähemmän erillisenä toimintona tai osastona yrityksissä. Laadusta tulee kiinteä osa toimintaa ja oletuksena laadun ja sen hallinnan tulee olla automaattisesti kunnossa pärjätäkseen kovenevassa kilpailussa. Laadun sopivuus käyttöön korostuu. Voisiko seuraava askel olla enemmän sen suuntaista jossa laatu on yhteisesti asiakkaan kanssa määriteltyä kompromissin löytämistä siitä mikä on laadullisesti mahdollista ja järkevää toteuttaa niin että se hyödyttää mahdollisimman paljon sekä laadun tuottajaa että koki- jaa, eikä pelkästään sopivuutta asiakkaan käyttöön?

## **2.2 Laatu käsite**

Laatu käsitteenä voidaan jakaa useisiin erilaisiin näkökulmiin. Lehtonen (2004, 141) puhuu esimerkiksi laadun jakamisesta tekniseen laatuun sekä asiakaslaatuun. Hän katsoo teknisen laadun tavoitteen olevan suunnitelman ja toteuman mahdollisimman täydellisen vastaavuuden. Se saavutetaan, kun tuotantoprosessi on täydellisesti kontrolloitu ja virheiden lukumäärä on nolla. Kuitenkin hän näkee nollavirheperiaatteen olevan käytännössä lähes mahdotonta. Asiakaslaadulla hän

tarkoittaa asiakkaan ja laadun tuottajan välistä interaktiivista laatua. Interaktiivisella laadulla hän tarkoittaa tuotteen sijasta toimitteita joiden rakenne ei ole ennalta tarkkaan määriteltyä. Hyvä esimerkki tällaisesta voi olla vaikkapa seuramatka joka rakennetaan tietyn raamin ympärille ja jonka sisältö muovautuu matkan aikana. Matkan tarkoitus toteutuu asiakkaan ja luotujen olosuhteiden välisessä vuorovaikutuksessa. Asiakas ei aina osaa kuvata tarpeitaan ennakolta.

Lecklinin (2006,18) mukaan laatukäsitteellä on monta erilaista tulkintaa eri tarkastelunäkökulmista riippuen. Hänen mukaansa yleisesti laadulla ymmärretään asiakkaan tarpeiden täyttämistä yrityksen kannalta mahdollisimman tehokkaalla ja kannattavalla tavalla. Asiakastyytyväisyyteen ei siis pitäisi pyrkiä hinnalla millä hyvänsä. Lecklin sanoo että laadun määritelmään on jo alusta alkaen sisältynyt se, ettei virheitä tehdä.

Lecklin (2006, 20) määrittelee laatukäsitteen kuudella eri ominaisuudella.

*”Valmistuslaatu* keskittyy valmistusprosessiin ja varmistaa tuotteiden valmistuksen määritysten mukaan. Perinteinen laadunvalvonta tukeutuu tähän näkökulmaan. Prosessia kehittämällä virheet pyritään ennaltoimaan ja välttämään.

*Tuotelaatu* korostaa suunnittelun osuutta tuotteen laadun määrittämisessä.

*Arvolaadussa* korkein laatu on sillä tuotteella, joka antaa parhaimman kustannus-hyötysuhteen eli parhaan arvon sijoitetulle pääomalle.

*Kilpailulaatu.* Laatu on riittävä, kun se on yhtä hyvä kuin kilpailijoilla. Tätä parempi laatu on ylilaatua ja resurssien tuhlausta.

*Asiakaslaatu.* Asiakkaiden tarpeet ja luodut odotukset tyydyttävä laatu on hyvää laatua.

*Ympäristölaatu.* Laatua voidaan mitata myös ympäristön ja yhteiskunnan kannalta. Tuotteen suunnittelussa tulee myös sen elinkaari, resurssien käyttö suunnittelusta hävittämiseen asti ottaa huomioon”.

Lecklin näkee käytännön toiminnassa edellä lueteltujen ominaisuuksien olevan kaikkien jossain määrin edustettuina ja toisiaan täydentävinä.

Lehtosen (2004, 141) mukaan laatu viittaa tavara- ja palvelutuotteiden määrättyihin ominaisuuksiin, joilla on merkitystä niin tuotantokustannusten kuin asiakastyytyväisyydenkin kannalta. Hän jakaa laadun kahteen eri osa-alueeseen, tekniseen laatuun sekä suunnittelun laatuun. Nämä yhdessä muodostavat asiakaslaadun. Näistä suunnittelun laatu kattaa lähinnä vaatimukset, odotukset sekä itse suunnittelun. Teknisellä laadulla hän tarkoittaa varsinaista tuotantoprosessia sekä siinä syntyvää tulosta.

Järvinen, Lemetti & Virtanen (2001, 4) määrittelee laadun taloudellisena ja teknisenä käsitteenä olevan vanhaa perua. He näkevät että kustannus, hinta, laatu, riski ja voitto ovat olleet perusilmiöinä läsnä niin kauan kun ihminen on tavaroita tehnyt ja niillä kauppaa käynyt. Heidän mukaan laatu tarkoittaa arkikielessä milloin mitään hyväksi koettua asiaa. Yrityksen toimintaa kehitettäessä on kuitenkin syytä määrittellä kunkin tuotteen ja toiminnon kohdalla erikseen riittävän tarkasti, mitä sanalla tarkoitetaan. Heidän mukaansa alan kirjallisuudessa esitetyt laatukäsitykset voidaan ryhmitellä neljään eri luokkaan: laatu erinomaisuutena, laatu rahan vastineeksi saatavana arvona, laatu vaatimusten mukaisuutena sekä laatu asiakkaiden odotusten täyttämisenä ja ylittämisenä.

Juran (2010, 5) näkee laadun sopivuutena käyttöön. Hänen mukaansa, jos organisaatio ymmärtää monien asiakkaidensa tarpeet, sillä tulisi olla kyky suunnitella hyödykkeitä jotka ovat sopivia käyttötarkoitukseensa. Edellä mainitulla Juran haluaa korostaa asiakkaan ymmärtämistä pelkän ns. insinööri-laadun, eli tuotelaadun ymmärtämisen lisäksi. Juranin (2010, 6) mukaan laatujohtajuus synnyttää myös paremmat hinnat ja paremman tuoton.

Salomäen (1999, 31) mukaan joissakin yhteyksissä laatu voi tarkoittaa vain positiivista asiaa, laadukas tai laatutuote. Joskus laatu-sana ei ota kantaa hyvyyteen ja sanaa tarkennetaan etuliitteellä, kuten huonolaatuinen, pahalaatuinen tai hyvälaatuinen. Asiakin voi olla joskus laadultaan vakava. Kieliopissa puhutaan adjektiivivista, laatusanasta, jolloin tuotetta kuvaavia laatusanoja ovat esimerkiksi pitkä, vihreä ja kevyt. Kuten aiemmin Juran (2010, 5), niin ikään Salomäki (1999, 97) kokee

laadun asiakaslaatuina, parempana hyötynä käyttäjälleen kuin huonolaatuinen tuote. Hyvän tuotteen avulla hän näkee käyttäjänkin prosessin suorituskykyisempänä ja lopputuloksen hyödyllisempänä. Heidän lisäksi myös Ritvanen ym. (2011, 148) sanoo laadun olevan odotusten-, käytön- ja tarkoituksenmukaisuutta siten, että asiakkaiden nykyiset ja tulevat tarpeet täytetään.

Voidaan siis yleistäen todeta, että jos tuote on aina täysin virheetön, se ei kuitenkaan ole aina laadukas, mikäli se ei sovellu käyttötarkoitukseensa. Toisin sanoen, virheetönkään tuote ei tuota huimia markkinaosuuksia ja huipputuottoja jos sitä ei kukaan osta. Laadun voidaan katsoa näin ollen sopivuutta käyttötarkoitukseensa asiakkaalla. Tämä kaikki lähtee tuotteen tai palvelun määrittelystä, suunnittelusta, asiakkaan ymmärtämisestä, kuulemisesta ja kuuntelemisesta, reagoinnista asiakkaan tarpeisiin, oikeiden ratkaisujen ehdottamisesta, neuvottelemisesta ja toteuttamisesta. Odotuksia ja kokemuksia tulee peilata paljon muullakin tasolla kuin vain teknisen laadun tasolla. Pelkkä nollavirheolettama teknisessä laadussa ei riitä.

### **2.3 ISO9001:2008 laatustandardin määritelmä laadunhallintajärjestelmän vaatimuksista**

ISO 9001:2008 standardissa laadunhallintajärjestelmien vaatimuksista sanotaan seuraavasti.

ISO9001:2008 standardi määrittelee laadunhallintajärjestelmiä koskevat vaatimukset, joita organisaatio voi hyödyntää kun

- a) sen tarvitsee osoittaa kykynsä toimittaa johdonmukaisesti tuotteita, jotka täyttävät asiakasvaatimukset sekä tuotetta koskevat lakien ja viranomaisten vaatimukset
- b) se pyrkii lisäämään asiakastyytyväisyyttä soveltamalla vaikuttavasti järjestelmää, joka sisältää järjestelmän ja jatkuvan parantamisen prosessit ja asiakasvaatimusten sekä tuotetta koskevien lakien ja viranomaisten vaatimusten täyttämisen varmistavat prosessit.

Yleisistä vaatimuksista standardissa sanotaan, että organisaation tulee:

- a) määrittää laadunhallintajärjestelmää varten tarvittavat prosessit ja niiden soveltaminen koko organisaatiossa
- b) määrittää näiden prosessien keskinäinen järjestys ja vuorovaikutus
- c) määrittää kriteerit ja menetelmät, joita tarvitaan varmistamaan näiden prosessien vaikuttava toiminta ja ohjaus
- d) varmistaa näiden prosessien toiminnan ja seurannan tueksi tarvittavien resurssien ja informaation saatavuus
- e) seurata, mitata, jos mahdollista, ja analysoida näitä prosesseja
- f) toteuttaa toimenpiteet, joita tarvitaan suunniteltujen tulosten saavuttamiseen ja prosessien jatkuvaan parantamiseen.

## 2.4 Laadutason mittaaminen ja laadun tarkastaminen

Haluttaessa tuottaa odotettua laatua, on laadutaso jollain tavalla määriteltävä ja se on kyettävä lisäksi mittaamaan. Koska laatu on kuitenkin subjektiivinen käsite, on tuottajan määriteltävä odotettu laadutaso yksin tai mieluummin yhdessä sen tahon kanssa joka laadun kokee. Määritelmä voi olla yksinkertainen, mutta myös yksityiskohtaisempi. Laadutason määrittelyjä voivat olla esimerkiksi:

- nollavirhe-periaate
- parempi laatu kuin kilpailijoilla
- asiakkaiden odotukset täyttävää laatua, yhdessä sovittua laatua asiakkaan kanssa
- olosuhteisiin sopivaa laatua
- alle 1 % takuuvaihtoja/-palautuksia ensimmäisen vuoden aikana

Kun edellä mainitun kaltaisia määrittelyjä laadulle tehdään, tulee laatua voida myös mitata laadun tuottamisen tason varmistamiseksi. Nollavirheperiaatetta käytettäessä on jostain tultava palaute siitä onko tuote ja/tai palvelu ollut nollavirhepe-

riaatteen mukainen. Mikäli puolestaan halutaan tehdä parempaa laatua kuin kilpailijat, on kilpailijoiden laatu oltava ensin selvillä ja omaa laatua on kyettävä peilamaan siihen tavalla tai toisella. Jos tarkoituksena on tyydyttää asiakkaiden odotukset laadusta, on asiakkaiden kuuleminen erityisen tärkeää. On hyvin yleistä että asiakastytyväisyystutkimusten, asiakastapaamisten yms. avulla yritetään selvittää asiakkaan kokema laadun taso. Lisäksi usein tutkimuksissa pyritään selvittämään miten oma tuote tai palvelu asemoituu markkinoilla laatua tarkasteltaessa kilpailijoihin vertailtaessa.

ISO 9001:2008:n mukaan (ISO 9001:2008, 24) tuotteen toteuttamista suunniteltaessaan organisaation tulee määrittää soveltuvin osin tuotekohtaisesti tarvittavat todentamis-, kelpuutus-, seuranta-, mittaus-, tarkastus- ja testaustoimenpiteet sekä tuotteen hyväksymiskriteerit.

ISO 9001:2008-standardissa (ISO 9001:2008, 32) kuvataan lisäksi se miten organisaation tulee määrittellä suoritettavat seurannat ja mittaukset sekä tarvittavat seuranta- ja mittauslaitteistot, joiden avulla osoitetaan, että tuote täyttää määritellyt vaatimukset. Samassa kappaleessa puhutaan myös mittauslaitteistojen mahdollisesta kalibrointitarpeesta, virittämisestä sekä näiden merkitsemisestä siten että niiden tila voidaan määrittellä.

ISO 9001:2008-standardi (ISO 9001:2008, 36) ottaa myös kantaa tiedon analysointiin siten, että organisaation tulee määrittää, kerätä ja analysoida tarkoituksenmukaista tietoa, jotta se voi osoittaa laadunhallintajärjestelmänsä soveltuvuuden ja vaikuttavuuden sekä arvioida, millä alueilla laadunhallintajärjestelmän vaikuttavuutta voitaisiin jatkuvasti parantaa. Tietojen analysoinnin tulisi tuottaa informaatiota mm. asiakastytyväisyydestä, tuotevaatimusten täyttymisestä sekä prosessien ja tuotteiden ominaisuuksista ja niiden kehityssuunnista, mukaan lukien mahdollisuudet ehkäiseviin toimenpiteisiin.

### 2.4.1 Mittaamisen historiaa lyhyesti

Robinson (2007, 7) käsittelee teoksessaan mittaamista hyvinkin seikkaperäisesti. Hänen mukaansa mittaaminen on nykyaikana erottamaton osa arkielämäämme. Eteemme tulee yhtä mittaa kelloja, kalentereita, viivaimia, vaatekokoja, lattiapinta-aloja, ruokaohjeita, parasta ennen—päivämääriä, alkoholipitoisuuksia, ottelutuloksia, nuotteja, karttojen mittakaavoja, Internet-protokollia, sanamääriä, muistisiruja, pankkitilejä jne., tässä vain osa listasta mainittuina.

Historiassa mittajärjestelmässä vallinnutta kaaosta on pyritty standardisoimaan. Robinsonin mukaan (2007, 12–13) metrijärjestelmä suunniteltiin korvaamaan kaaos yhdellä mittajärjestelmällä 1700-luvun lopulla. Tämä järjestelmä on täysin desimaalimuotoinen ja perustuu sopimukseen että metri on kymmenesmiljoonasosa Maan ympärysmitan neljänneksestä. Uuden järjestelmän aiheuttamat vakavat talousvaikeudet johtivat kuitenkin lopulta siihen että Napoleon kumosi alkuperäisen lain ja salli jälleen monien vanhojen mittojen käyttämisen metrijärjestelmän rinnalla piittaamatta tiedemiehistä joiden mielestä tällainen kompromissi oli ”takaperoinen sekasikiö”. Osittain tämän vuoksi meillä on edelleen olemassa lukuisia erilaisia mittajärjestelmiä ja niiden yksiköitä.

Liike- ja talouselämässä käytetään paljon numeroita kaikenlaiseen mittaamiseen. Tieteessä tarvitaan taitoa ja arvostelukykä sovitettaessa havainnot luonnonlakien mukaisiksi. Liike-elämässä niitä tarvitaan taloudellisten tunnuslukujen muokkaamiseen ihmisten lakien ja odotusten mukaisiksi. (Robinson 2007, 207.)

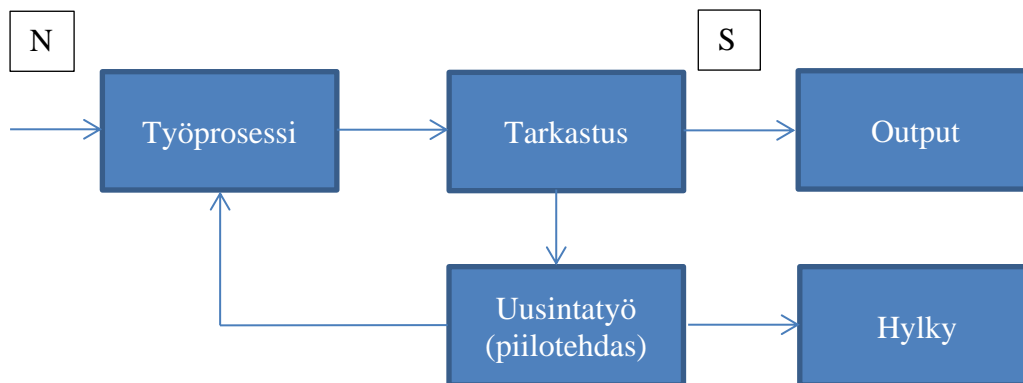
### 2.4.2 Ensisaanto ja sen laskeminen

Ensisaannolla tarkoitetaan tuotteiden läpäisemistä tuotantoprosessissa. Tyypillisiä ensisaannon tarkastelupisteitä ovat tuotteen laadun tarkastaminen tai testaaminen.

Klassisessa ensisaannon laskennassa otetaan huomioon kappalemääräisesti prosessiin menevät tuotteet ja siitä hyväksytysti ulostulevat tuotteet kappaleina, esi-



merkiksi tarkastus- tai testausvaiheen jälkeen. Ensisaanto voidaan tällöin laskea yksinkertaisesti  $S/N$  ja sitä kuvaava yksikkö on prosentti. Esimerkiksi  $0,95 = 95 \%$ .



Kuva 1. Klassinen ensisaanto.

Ensisaannon laskemiseen ja mittaamiseen käytetään lisäksi muutamia muitakin erilaisia tapoja. Näiden kaikkien eri laskentatapojen pääasiallinen tarkoitus on sama, kuvata ensisaantoa prosentuaalisena lukuna. Riippuen laskentatavasta, saadaan hieman erilaisia tuloksia. Tyypillisiä laskentatapoja ja niitä kuvaavia termejä ovat FPY, TPY, FTY ja RTY. Tarkemmat laskukaavat on kuvattu jäljempänä tässä luvussa.

*FPY ja TPY.* First Pass Yield tai Throughput Yield kuvaavat saantoa prosessin yhdessä vaiheessa, huomioiden korjattavat tai romutettavat tuotteet siten, että korjattavaksi tai romutettavaksi menevät tuotteet laskevat ensisaantoa. Termin FPY, First Pass kuvaa saannon laskentaa hyvin. Laskennassa otetaan huomioon vain prosessin ensimmäisellä kerralla läpäisseet tuotteet.

FTY, First Time Yield, kuvaa prosessin yhden vaiheen saantoa jossa ei ole huomioitu prosessissa syystä tai toisesta sivuun jääneitä tuotteita romutuksen tai korjauksen vuoksi. Toisin sanoen, FTY kuvaa prosessista ulostullutta saantoa kokonaisuudessaan, jättäen huomioimatta mahdollisen tuotteen korjaamisen.

RTY, Rolled throughput Yield kuvaa läpivyoitettua saantoa. Tällä tarkoitetaan prosessin eri vaiheiden FPY-saantojen kertomista keskenään. Tulos on sama kuin lopulta prosessissa virheettömästi ensimmäisellä kerralla ulostulleiden määrä.

Alla olevassa esimerkissä on kuvattu näiden eri ensisaantojen laskentamenetelmiä (Wikipedia). Wikipedia valittiin lähteeksi tiedon selkeän esittämistavan vuoksi, sekä siksi että tieto oli yhtä lailla oikeaa verrattaessa sitä muissa lähteissä esiintyneisiin tietoihin.

### **FTY:n laskeminen.**

Kuvittele prosessi jossa on neljä eri vaihetta: A, B, C ja D. Oletetaan että prosessiin syötetään 100 yksikköä (tuotetta). Laskeaksesi FTY:n, täytyy tuntea prosessin vaiheeseen syötettävä kappalemäärä, sekä prosessista ulostuleva kappalemäärä.

Esimerkiksi prosessin vaiheeseen A syötetään 100kpl tuotetta. Prosessista lähtee ulos hyväksytyinä tuotteina 90 kpl. Prosessin A FTY-saanto on  $90/100 = 90 \%$ . Sama laskentasääntö pätee prosessin muihin vaiheisiin. Oletetaan että prosessissa vaiheeseen B etenee 90kpl tuotteita, ja sen läpäisee 80. Prosessin B FTY-saanto on täten  $80/90 = 88,89 \%$ . C vaiheeseen etenee 80 tuotetta joista 75 läpäisee prosessin. C-vaiheen FTY-saanto on tällöin  $75/80 = 93,75 \%$ . D-vaiheeseen etenee 75 tuotetta joista 70 läpäisee prosessin. D-vaiheen FTY on  $70/75 = 93,33 \%$ . Kokonais-FTY on tällöin  $FTY(A) * FTY(B) * FTY(C) * FTY(D) = 0,9 * 0,8889 * 0,9375 * 0,9333 = 0,7 = 70 \%$ .

### **FPY:n laskeminen.**

Prosessi on vastaava kuin aiemmassa esimerkissä. Nyt otetaan huomioon korjaukseen menevät tuotteet.

Vaiheessa A 100 yksikkö/tuotetta menee prosessiin, näistä 5 joutuu korjattavaksi ja 90 läpäisee prosessin. Vaiheen A FPY on  $(90-5)/100 = 85 \%$ . Vaiheeseen B etenee 90 tuotetta joista yhtään ei korjata, 80 läpäisee prosessin, jolloin FPY:ksi muodostuu  $80/90 = 88,89 \%$ . Vaiheeseen C etenee 80 tuotetta joista 10 korjataan ja 75 läpäisee prosessin, jolloin FPY:ksi muodostuu  $(75-10)/80 = 81,25 \%$ . Vaiheeseen D etenee 75 tuotetta, joista 8 korjataan ja 70 läpäisee prosessin, jolloin FPY:ksi muodostuu  $(70-8)/75 = 82,67 \%$ .

### RTY:n laskeminen.

FPY:tä käytetään FTY:n tavoin vain prosessin yhden vaiheen saannon mittaamiseen. Haluttaessa mitata kokonaissaantoa FTY:n avulla, puhutaan RTY:stä, läpivörytetystä saannosta. Edellisen esimerkkita-pauksen mukaisesti tällöin  $RTY = 0,85 * 0,8889 * 0,8125 * 0,8267 = 0,5075 = 50,75 \%$ .

On huomioitavaa että molemmissa esimerkeissä prosessin eri vaihei-siin etenee sama määrä tuotteita, vain ensisaannon laskentatavat poikkeavat toisistaan. Vain FTY kuvastaa sitä määrää tuotteita jotka läpäisevät prosessin ensimmäisellä kerralla hyväksytysti ilman tarvetta korjaamiselle. RTY-laskenta FTY-saantojen avulla osoittaa prosessin todellisen hyvyyden.



Kuva 2. RTY:n laskeminen.

Karjalaisen ja Karjalaisen (2002, 37) mukaan ensisaantoa mitattaessa pelkän FTY:n saannon mittaamisen sijaan oikeampi tapa olisi laskea RTY- (Rolled Throughput Yield), eli läpivörytetty saanto. He kokevat että RTY on FTY:n sijaan suorassa korrelaatiossa asiakasreklamaatioihin, laatuksannuksiin ja yrityksen tulokseen. Myöhemmässä vaiheessa samassa teoksessa Karjalaiset (2002, 106.) kuvaavat läpivörytetyn saannon tarkoittavat sitä osuutta tuotteista, jotka on prosessoitu ilman yhtään virhettä. Samassa yhteydessä he kuvaavat piilotehtaan, paikan joka generoi huonon laadun kustannukset, ja joka on paikka jossa maksetaan virheiden käsittelystä, menetetään kapasiteettia, läpimenoaikaa jne. Piilotehdasta voidaan näin ollen pitää paikkana joka ei tuo lisäarvoa tuotteelle tai asiakkaalle, se ainoastaan kuluttaa resursseja.

Jokaisen valmistavan yrityksen tulisi mielestäni mitata ensisaantoa RTY:n avulla. Pelkkä FTY tai FTY ei yksistään kuvaa prosessin laadukkuutta riittävästi.

### 2.4.3 Tuotantotestaus

”Tuotantotestauksen tavoitteena on estää virheellisen tuotteen pääseminen asiakkaalle. Testauksella pyritään takaamaan laitteen toimivuus, kuten se on suunniteltu. Tuotteen laadulla on ratkaiseva merkitys yrityksen maineeseen ja menestymiseen, siispä tuotantotestauksesta pyritään tekemään mahdollisimman kattava, jotta vialliset tuotteet eivät joutuisi asiakkaalle. Hyvä laatu täyttää asiakkaiden tarpeet, vaatimukset ja odotukset sekä lisää asiakaskysyntää”. (Hakamäki, 13.)

”Osana laatua ja laadunhallinnan kehittämistä on tuotteiden tuotantotestaus tehokkaassa testausjärjestelmässä. Testausjärjestelmä on mielletävä kokonaisuudeksi, joka kattaa kaikki osa-alueet testausohjelmiston suunnittelusta aina testauksesta saatavien tulosten hyödyntämiseen. Kattava testausjärjestelmä varmistaa tuotteen toiminnan ja mahdollistaa tehokkaamman kehitystyön tuotteen elinkaaren kaikissa vaiheissa”. (Ahola, 1.)

”Puutteellisesti suoritettu testaus aiheuttaa tarpeetonta korjaus- ja tarkastustyötä, josta kertyy helposti suuria kustannuksia, mikä syö tuotteen katetta ja yrityksen kannattavuutta. Pahimmillaan nämä tilanteet aiheuttavat toimittajan maineen heikkenemisen asiakkaan silmissä. Usein esim. reklamaatiota seuraavat toimenpiteet jäävät ongelman välittömän aiheuttajan etsintään ja korjaukseen sekä toimivien tuotteiden toimitukseen asiakkaalle. Testaustulosten aktiivisen seurannan kautta tapahtuva tuotantotestauksen kehittäminen ja toiminnan laadun parantaminen usein estäisi tulevia ongelmatilanteita”. (Ahola, 1.)

Voidaan katsoa että tuotantotestauksen tavoitteena tulisi yleisesti ottaen olla tuotteen laadun varmistaminen ennen sen toimittamista asiakkaalle. Tuotantotestauksen toissijaisena tavoitteena tulisi myös olla tuotantoprosessin kehittäminen siten, että testausta edeltävien prosessien laaduntuottokyky paranisi. Tuotantotestauksen tuloksiin ja tuotteen laadun hyväksyntään tulisi kyetä luottamaan. ISO 9001:2008 – standardissa on otettu kantaa mm. mittalaitteiden luotettavuuteen, kalibrointiin yms. seikkoihin joiden tulisi varmistaa tällainen laadun tuottamisen kyvykkyys. Tästä standardin vaatimuksesta löytyy tietoa jo aiemmin kirjassa 2.4.

## 2.5 Laadun johtaminen

Silenin (1997, 16) mukaan nykyisten laatujohtamismallien juuret ulottuvat 1930-luvun tilastolliseen laadunvalvontaan Yhdysvalloissa ja Englannissa. Hänen mukaansa laatujohtamisen käytännön kehitystyö on tapahtunut pitkälti toisen maailmansodan jälkeisessä Japanissa. Hän näkee keskeiseksi japanilaisen laatujohtamisen I. TQC:n kehittäjäksi tohtori Edward Demingin joka luennoi ahkerasti Japanilaisille johtajille ja insinööreille tilastollisesta laadunvalvonnasta 1950-luvun alkuvuosina.

Karjalaisen (2013) mukaan siirryttäessä laadun määrittelystä laadun tekemiseen, siirrytään laatu teknologiaan. Tällä hän tarkoittaa laatujohtamista ja -tekniikoita. Laadun johtamisen osa-alueita ovat laadun suunnittelu, ohjaaminen ja parantaminen. Usein tätä kuvataan Juranin trilogiana (kuva 7). Näitä osa-alueita käsitellään esimerkiksi ISO 9001 - standardissa. Tuleva päivitys kyseiseen standardiin, joka astuu voimaan vuonna 2015, nostaa Karjalaisen mukaan esiin mm. suorituskyky-käsitteen (Cp/Cpk) sekä parantamiseen ja toimintaan liittyvät riskit, eli miksi jonkin epäonnistuu. Tämän hän näkee ennakoivana lähestymisenä verrattuna aiempaan vikojen käsittelyyn ja korjaamiseen. Hän kokee että yrityksen tulisi luoda laadukas johtamisjärjestelmä, jossa johto on määritellyt laatu päämäärät sekä prosessit. Tällaisessa toiminnan korostuu laadun suunnittelu, ohjaus ja parannus organisoidusti.

Salomäen (1999, 73) mukaan laadun kehittämisessä, kuten missä tahansa muusakin kehittämisprosessissa ei voida onnistua, ellei omistaja ja ylin johto ole sitoutunut asian toteuttamiseen. Hän näkee viestinnän tärkeänä osana laadun kehittämistä, johdon määritellesä laatu politiikan johon liitetään tarvittaessa maininta tilastollisten menetelmien merkityksestä. Pelkän mittaamisen avulla voidaan myös parantaa laatua, mutta vaarana on tilanteen palaaminen ennalleen mittaamisen loppuessa. Parhaana tapana aloittaa laajempi lautyö on hänen mukaansa valita tavoitteet sekä viitekehys omista tai asiakkaan todellisista tarpeista, jotka liittyvät suoraan tuotannon tehokkuuteen ja laatuun.

ISO 9001:2008 standardissa (ISO 9001, 18) korostetaan johdon vastuuta laadun kehittämisessä, toteuttamisessa sekä vaikuttavuudessa jatkuvaan parantamiseen. Kyseisessä standardissa tämä määritellään viestimällä organisaatiolle asiakasvaa-

timuksien sekä lakien ja viranomaismääräysten täyttymisen tärkeydestä, laatu-  
tiikan määrittämisestä, laatutavoitteiden asettamisen varmistamisesta, johdon kat-  
selmointien suorittamisesta sekä varmistumisesta siitä että tarvittavat resurssit  
ovat käytettävissä.

### **2.5.1 Henkilöstö laadun tuottajana**

Puhuttaessa henkilöstön merkityksestä laadun tuottajana, koulutus, valta ja vastuu  
nousevat avainasioiksi.

Lumijärvi, Kiiskinen ja Särkilahti (1995, 15) näkevät tärkeäksi työssään viihtyvät  
työntekijät, jotka tekevät vain asiakkaalle lisäarvoa tuottavia toimintoja. Heidän  
mukaansa aidosti kustannustehokas yritys tekee asiat kerralla kuntoon. He näke-  
vät että kustannustehokkuus ei ole ristiriidassa laadukkuuden, asiakastyytyväisyy-  
den tai työviihtyvyyden kanssa, vaan päinvastoin.

Crosby (1995, 19) puhuu ”häsläävistä” ”ei-häsläävistä” yrityksistä. Crosby mu-  
kaan häsläävässä yrityksessä johto ja työntekijät eivät ole samalla puolella. Hä-  
släämättömässä yrityksessä kaikki sen työntekijöistä ovat yhdessä eikä mitään eril-  
lisiä puolia ole olemassa.

Crosby (1995, 20) sanoo myös että asiat jotka saavat työntekijät ärsyyntymään  
eivät yleensä ole kovinkaan suuria.

Crosby (1995, 24) jatkaa että ei-häsläävissä yrityksissä työntekijöillä on luottamus  
siihen, että johto kunnioittaa heitä ja tarvitsee heidän panostaan. He tietävät että  
työn vaatimukset ovat selkeästi asetettuja ja että heillä on ollut mahdollisuus vai-  
kuttaa tähän.

Voidaan yleistäen todeta että yrityksessä täytyy olla selkeästi yhdessä määritellyt  
laatutavoitteet. Mitä yritys haluaa laadullisesti ulospäin asiakkailleen olla? Mikä  
yrityksen tavoitteena laadullisesti on? Tuotteiden palautusprosentit ja niiden raja-  
arvot tulee määritellä. Yrityksessä tulisi olla yhteinen näkemys laadun tuottamises-

ta, ei ainoastaan johdon kertomana, vaan jalkautettuina missioina, visioina ja arvoina, kaikkien yhteisesti omaksumina, yhteisinä toiminnan ohjenuorina. Esimerkiksi jo suunnitteluvaiheessa vaatimukset tulee olla selkeitä, millaista laatua ollaan tavoittelemassa. Saman toiminnan tulee jatkua läpi koko ketjun, myynnistä toimitusprosessiin sekä mahdollisiin asiakaspalautuksiin asti.

## **2.5.2 Toimintojohtaminen, ABM**

Kaplan ja Cooper (1998,4) jakavat ABC:n sekä operatiiviseen että strategiseen toimintojohtamiseen. Yleisesti sanottuna heidän mukaansa voidaan puhua asioiden tekemisestä oikein (operatiivinen ABM) että oikeiden asioiden tekemisestä (strateginen ABM). Operatiiviseen tasoon sisältyy toimintojen suorittamista tehokkaammin. Voidaan puhua toimintojen johtamisesta, prosessien uudelleen suunnittelusta, kokonaislaadusta tai suorituskyvykkyyden mittaamisesta. Strategisella tasolla puhutaan mm. tuotesuunnittelusta, tuoteryhmistä, toimittajasuhteista, tilaus-toimitus-prosessista, markkinasegmenteistä ja jakeluketjuista.

## **2.6 Laatukustannukset**

Laatukustannuksilla tarkoitetaan kaikkia niitä kustannuksia, jotka häviäisivät, jos kaikki tehtäisiin ensimmäisellä kerralla oikein. (Järvinen ym. 2001, 1)

Crosby (1995, 44) sanoo laatukustannuksien mittaamisessa yhdeksi tärkeimmäksi tekijäksi poikkeaman hinnan. Hänen mukaansa se sisältää kaiken väärin tekemisen kustannuksen.

Ihalaisen mukaan (Ihalainen, 2001, 6) laatukustannuksia ovat kulut, jotka aiheutuvat poikkeamien syntymisen seurauksena hylätyistä tuotteista, tehdystä ylimääräisestä työstä ja korvausten maksamisesta asiakkaalle. Lisäksi Ihalainen (Ihalainen 2001, 49) toteaa että näistä kustannuksista puhutaan paljon, mutta harva yritys laskee näiden kustannusten merkitystä tuloksessaan.

Salomäki (1999, 55) puhuu prosessista, jonka tarkoituksena on tuottaa hyötyä. Sijoitettujen panosten arvon tulee jäädä pienemmiksi kuin prosessin lopputuloksen

antama hyöty. Erä hyötyä alentava tekijä hänen mukaansa on laatuongelmien aiheuttama hukkatyö. Hän näkee korjaamisen, tekemisen toiseen kertaan, tarpeettomasti hukkaan menevän materiaalin, työn, apuaineen energian yms. osuuden ylimääräisistä kustannuksista laatuksennuksiksi. Niin ikään hän katsoo että laatuksennuksia tulee harkiten seurata ja analysoida tilastollisin menetelmin.

Salomäki (1999, 57) kuvaa laatuksennuksia jäävuorimallilla oheisen kuvan mukaisesti.



Kuva 3. Laatuksennusten jäävuorimalli (Salomäki 1999, 57).

Laatuksennuskäsitteessä korostuu huonon laadun hinta tuotannon eri vaiheissa. Käsitteenä voitaisiinkin mieluummin puhua laaduttomuuskustannuksista laatuksennusten sijaan. Mitä myöhemässä vaiheessa tuotteen tai palvelun tuotantoketjua laaduttomuus huomataan, jopa vasta asiakkaalla asti, sen kalliimpaa koetun huonon laadun korjaaminen yleisesti on. Asiakkaalle, tai jopa loppuasiakkaalle päätyntä huono tuote tai palvelu voi aiheuttaa huomattaviakin kustannuksia. Voidaan olettaa että laatuongelma on saattanut aiheuttaa pelkän rahallisen menetyksen lisäksi paljon muitakin negatiivista, kuten esimerkiksi laadun tuottajayrityksen maineen menetys laadun kokijan silmissä. Lisäksi lähes aina huonon laadun koki- jalle on jo ehtinyt aiheutua ongelmia omassa prosessissaan. Tällaisia voivat olla esimerkiksi huonosta laadusta aiheutuneet toimittajareklamoinnin kustannukset, tuotannon viivytyksestä aiheutuneet sopimussakot kolmannelta osapuolelta, oman tuotannon uudelleen järjestelytoimet, reklamoitujen tuotteiden aiheuttamat osa- puutteet, maineen menetykset loppuasiakkaiden silmissä yms. Välillisiä seurauk-



sia voi olla huomattavasti enemmän mitä yleisesti osataan ajatella. Tässä niistä oli lueteltuna vain pieni osa todennäköisimmistä ja yleisimmistä mahdollisista seurauksista.

Laatukustannuksia mitattaessa puhutaan laatukustannuslaskennasta. Laatukustannuslaskenta on käsitteenä melko vieras monissa yrityksissä sekä myös oppikirjoissa. Yleisesti puhutaan toimintolaskennosta (ABC), joka tarjoaa omalta osaltaan työkaluja toimintokohtaiseen johtamiseen ja kehittämiseen. Kuitenkin silloin kun puhutaan laatukustannuksista, niiden korvamerkitsemisestä jollain tapaa, ei toiminnanohjausjärjestelmät tai laadunhallinnan menetelmät tarjoa siihen useinkaan suoraa apuvälinettä. Otettaessa käyttöön laatukustannuslaskentaa, tulisi ensin sopia mitkä asiat laskennassa tulee ottaa huomioon. Otetaanko esimerkiksi huomioon menetetty työaika ja siitä seurannut tuottojen menetys, vai lasketaanko pelkästään syntyneitä puhtaita kustannuksia laaduttomuudesta korjaukseen tai romutukseen käytettyjen työtuntien tilastoinnin avulla.

Kamensky (2001, 162) näkee taloudellisten analyysien olevan joissain yrityksissä ylikorostunutta ja toisaalta joissain yrityksissä liian vähäisessä asemassa. Pelkät talousluvut ovat riittämättömiä hänen mukaansa kahdestakin eri syystä: ne toteavat asiantilan jälkikäteen, eivätkä näin ollen kerro paljoakaan siitä mitä tulisi tehdä. Toisaalta nykytilankin suhteen taloudelliset luvut vastaavat Kamenskyn mukaan huonosti kysymykseen MIKSI ja näin on usein vielä pitkä analyysitie kuljettavana vastausten saamiseksi. Kamensky (2001, 165) puhuu myös siitä miten taloudellisten analyysien laiminlyönti on suuri ”rikos”. Hänen mukaansa taloudelliset asiat on aina oltava selvillä ja rahalla mitattavat taloudelliset tunnusluvut ovat aina eräs tosiasia, jota liiketoiminnan johtamisessa ja kehittämisessä ei voida ohittaa.

Lehtosen (2004, 154) mukaan laaduttomuuden kustannukset voivat olla yritykselle merkittävä kustannuserä. Hän näkee että tällä alalla aikaansaatu kehitys voi siis merkittävästi vaikuttaa yrityksen tulokseen. Niin ikään Lehtonen näkee laatukustannukset huonon laadun kustannuksina, jotka koostuvat kaikista niistä kustannuksista jotka syntyvät siksi, että asioita ei tehdä ensimmäisellä kerralla oikein.

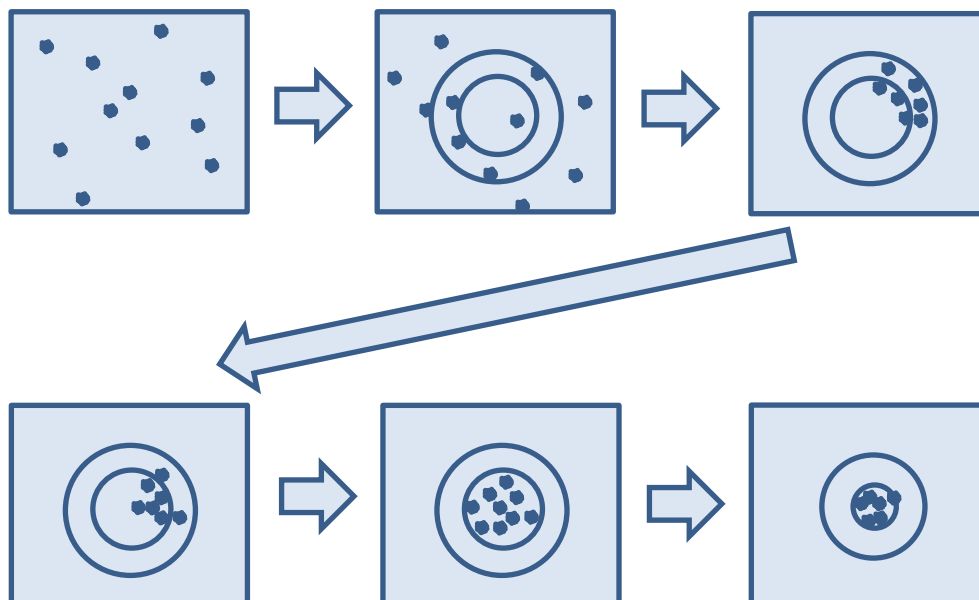
Tarkemmat laatukustannusten analyysit saattavat tarjota kokonaan uusia näkökulmia ja syy-seuraus-suhteita laatukustannusten määristä, synty tavoista ja juu-

risyistä. Ilman uusia näkökulmiakin, laatukustannusten seuranta jälkikäteen voi toimia välineenä prosessin kehittämisessä tulevaisuudessa paremmaksi. Kohdeyrityksestä puhuttaessa laatukustannusten seuranta voi toimia tukevana mittarina muiden laatumittareiden ohella. (Jääskeläinen)

## 2.7 Laadun kehittäminen ja sen yleiset työkalut

Laadun kehittämiseen on olemassa lukuisia eri työkaluja. Keskeistä monille työkaluille on laadun hallittavuuden kehittäminen minimoimalla prosessin hukkaa sekä vaihtelua. Monet työkaluista sisältävät samankaltaisuuksia keskenään, eikä yhtä oikeaa työkalua voi sanoa olevan olemassa. Alaluvuissa on muutamia laadun kehittämisen työkaluja kuvattu lyhyesti.

Salomäki (1999, 77) kuvaa laadun kehittämisprosessia selkeällä kuvaajalla jossa käytetään ammunasta tuttuja osumakuvioita kuvaamaan laadun kehittymistä vaihe vaiheelta. Mielestäni tämä kuvaaja on erittäin osuva ja helppo ymmärtää.



Kuva 4. Laadun kehittämisprosessi (Salomäki 1999, 77).

**Ensimmäisessä vaiheessa** ongelmia ei nähdä, vaihetta kutsutaan *tietämättömyyden* vaiheeksi.

**Toisessa vaiheessa** tunnustetaan että jotain on tehtävä ja vaiheen nimenä on kuvaavasti *herääminen*. Tässä vaiheessa laatua osataan mitata ja jonkinlaiset rajat on asetettu.

**Kolmannessa vaiheessa** laatua osataan jo ohjata. Tätä kutsutaan *oivaltamisen* vaiheeksi. Laadulliset mittaustulokset on saatu ohjattua haluttujen rajojen sisäpuolelle.

**Neljännessä vaiheessa** laatua on lähdetty parantamaan ja vaiheen nimenä on *ymmärtäminen*.

**Viidennessä vaiheessa** tuotetaan hyvää laatua, nimenä tällöin on *tietous*. Laatu on tässä vaiheessa selvästi parantunut.

**Viimeisessä vaiheessa** todeta olevamme paras. Tätä kutsutaan nimellä *varmuus*. Tässä vaiheessa laadun parantuminen voidaan todeta. Laadun mittaamisen raja-arvoja on jo lähdetty kiristämään ja parempaa laatua on lähdetty hakemaan. Korjaavia toimenpiteitä on suoritettu.

Kuvaajasta voidaan havaita yhtäläisyyksiä laadun jatkuvaan kehittämisen PDCA-ympyrään sekä Six Sigma -toimintaan, jossa erityisesti keskitytään laatuvaihtelun pienentämiseen. Six Sigmasta on kirjoitettu hieman tarkemmin myöhemmässä luvussa.

Salomäki (1999, 18) toteaa että laadun kehittämisen työkalut ovat melko uusia, vaikka hyvän eli laadukkaan lopputuloksen tavoittelu on aina ollut osa toimintaa.

Lehtosen (2004, 154) mukaan käytännön laatutyö koostuu laadun jatkuvasta valvonnasta, laatuvirheiden vähentämiseen tähtäävästä ongelmanratkaisusta, laadunvarmistusta tukevien laatujärjestelmien soveltamisesta sekä laatupalkintomallien mukaisesta organisaation kehittämisestä.

### 2.7.1 TQM

TQM, total quality management. Ho (1995, 4) kuvaa TQM menetelmää välttämättömäksi matkaksi jolla ei ole loppua. Hänen mukaansa TQM voidaan määritellä kirjaimien mukaan. Hän kuvaa T-kirjaimen tarkoittavan kokonaisvaltaisuutta organisaatiossa, siten että jokainen on osallinen jatkuvaan parantamiseen. Q-kirjaimen merkitystä hän on avannut siten, että asiakkaan odotukset ja kokemukset ovat täytetty täysin. M-kirjaimen merkityksen hän näkee johtotason henkilöiden täydellisenä sitoutumisena.

### 2.7.2 SPC

SPC, Statistical Process Control, on laatutyökalu muiden joukossa. SPC:n käyttäminen ja ymmärtäminen eivät perustu pelkästään matematiikkaan, vaan prosessien ymmärtämiseen. Yleisesti SPC:n käyttöönotto edellyttää organisaation halua ja kykyä muuttua, sekä johdon tukea, kiinnostumista ja halua toteuttaa se. SPC ei ole laadun kehittämisen työkaluista helpoimmin opittava, tehokas käyttöönotto on vaativaa. (Salomäki 1999, 8.)

SPC on tapa toteuttaa prosessin sekä tuotteen laadunvalvontaa tilastollisia menetelmiä käyttäen. Laajasti SPC tarkoittaa kaikkia niitä menetelmiä, joilla saadaan tilastollista pohjaa prosessin ohjaamiseen liittyvälle päätöksenteolle. Tärkein näistä menetelmistä on valvontakortti. (Salomäki 1999, 147.)

Kumen (1998, 8) mukaan on melkein mahdotonta, että jokainen valmistamamme tuotteista osoittautuisi virheelliseksi. Osa valmistetuista tuotteista on virheellisiä, osa ei. Toisin sanoen virheelliset ja virheettömät tuotteet seuraavat toisiaan satunnaisesti. Kume näkee tähän syyksi vaihtelun. Materiaalien, koneiden kunnan sekä työ- ja tarkastusmenetelmien vaihtelu aiheuttaa virheitä. Hänen mukaansa, ellei näissä missään tapahtuisi vaihtelua, olisivat kaikki tuotteet identtisiä eikä laatupoikkeamaa esiintyisi. Kume (1998, 154) toteaa teollisen tuotannon olevat usein samantyyppisen tuotteen massatuotantoa. Hänen mukaansa on välttämätöntä pitää näiden tuotteiden laatuominaisuuksien vaihtelu minimissään. Tämän saavuttamisen hän kokee olevan yksi laadunohjauksen päätavoitteista. Kumen

(1998, 154) mukaan on selvitettävä miten voimakkaasti eri edellä luetellut osateki-  
jät vaikuttavat laadun vaihteluun ja mitä vaihteluja on ohjattava. Lisäksi hänen mu-  
kaansa tulee miettiä keinoja vaihtelujen hallitsemiseksi.

Voidaan todeta että tilastollinen prosessin valvonta on lähellä seuraavassa kappa-  
leessa esiteltyä Six Sigma -toimintaa, jossa pyritään ensisijaisesti laadun vaihtelun  
minimoimiseen.

SPC:n eri työkaluja mietittäessä, Salomäki (1999, 317) toteaa että mihinkään on-  
gelmatilanteeseen ei ole olemassa yhtä oikeaa kehittämistapaa tai -välinettä. Hä-  
nen mukaansa laatumyönteisessä ympäristössä SPC:n avulla tai muulla tavalla  
esiin tullut pieni ongelma käsitellään jatkuvan parantamisen keinoin välittömästi,  
isomman ongelman ratkaisemiseen osallistuu prosessin työryhmä ja hankalaa ky-  
symystä käsittelee erityinen ongelmanratkaisutyöryhmä.

Kuten aiemmin todettiin SPC sisältää joukon erilaisia laadunkehittämisen sekä  
ongelmanratkaisun työkaluja. Tässä ainoastaan lyhyt luettelo keskeisimmistä, joita  
Salomäen (1999, 317–360) mukaan ovat mm. Seitsemän työkalun ryhmät, seit-  
semän johdon suunnittelutyökalua, seitsemän tuotesuunnittelutyökalua sekä muut  
laatutyökalut, joita ovat mm. aktiivinen kuuntelu, Poka-Yoke, aivoriihi, 5\*miksi,  
benchmarking, koetoiminta/-suunnittelu, tulosten ryhmittely, pilkkominen, järjestys-  
/siisteysmittari, tuotantoilmoitus, auditointi, itsearviointi, laatuviesti/laatutaulu, viisi  
askelta (5 Steps), korjaavat toimenpiteet, piirakkakuvaaja sekä muut laatutyökalut.

Edellä kuvatusta päätellen, SPC:n työkalut ovat hyvin moninaiset, sekä hyvin mo-  
neen erilaiseen tilanteeseen sovellettavissa.

### **2.7.3 Six Sigma**

Six sigma laadun kehittämisen työkaluna voidaan lyhyesti kiteyttää prosessin vaih-  
telun minimoimiseen.

Karjalaisen ja Karjalaisen mukaan (2002, 34–35) Six Sigma mielletään usein pel-  
kästään teollisuusyritysten menetelmäksi. Tämä on virheellinen rajausta, samoin  
kuin sen sopivuus ainoastaan massatuotantoon. Näitä rajoituksia ei ole, kuten ei

myöskään vaatimuksia numeromassojen olemassaolosta. Aiemmasta datasta ei ole hyötyä suorituskykyongelmien ratkaisemisessa. Dataa haetaan teoriaan, ideaan, siihen mikä on suorituskykyongelman syy, ei teoriaa dataan. Yleensä tarvittavaa dataa ei ole tai se on kerätty virheellisesti. Six Sigman ydinajatuksena on parantaa yrityksen pää- ja avainprosessien suorituskykyä. Suorituskykyyn liittyy sigma, hajonnan mitta, josta Six Sigma nimikin juontaa juurensa. Six Sigmassa asiakastytyväisyys on tärkeä tekijä. Liiketoimintaa parannetaan niin, että asiakastytyväisyys paranee.

Tämän dokumentin liitteistä löytyy Six Sigma-taulukko, jossa on kuvattu saanto, sekä virheiden määrä miljoonasta mahdollisuudesta eri sigmojen tasoilla. Taulukosta voidaan havaita, että yleinen pyrkimys saavuttaa taso 6 sigmaa, tarkoittaa ensisaannon määrässä 99,99966 % sekä 3,4 virhettä miljoona mahdollisuutta kohden. Tavoite on kunnianhimoinen mille yritykselle tahansa.

Six Sigma toiminnassa eri henkilöillä on erilaisia rooleja. Juranin (2010, 362–366) mukaan näitä rooleja ovat: Master Black belt, Black belt ja Green belt. Eri tasoja kuvataan itämaisten taistelulajien tapaan erivärisillä vöillä. Master Black belt on näistä korkeimmalla tasolla ja omaa yleensä huomattavaa erityisosaamista Six Sigmasta. Tyypillisiä Six Sigma-mentelmän toteuttajia ovat Black ja Green belt-henkilöt. Nämä henkilöt, sekä Black että Green belt, toteuttavat laadun parantamiseen tähtäviä toimenpiteitä. Tyypillisesti Black beltien tehtävänä on laadunparantamisprosessien johtaminen, suunnittelemine ja seuranta. Green beltien tehtäviin kuuluu enemmän käytännön toteutusta.

#### **2.7.4 Lean**

Tuomisen (2010, v) mukaan Lean ei ole tila, johon pyritään. Hänen mukaansa Lean on jatkuva oppimisen ja kehittymisen prosessi jossa matka alkaa oppimalla tekniikoita ja ymmärtämällä niiden periaatteet elävänä ja ainaisesti kehittyvänä järjestelmänä. Lean matkaa Tuominen kuvaa kehittämisohjelmana joka kulkee läpi organisaation kaikkien liiketoimintaprosessin siten että yhden kehittäminen on aluillaan, toisen puolivälissä ja kolmas on saavuttanut jo merkittäviä tuloksia. Tuominen kuvaa Leanin perustuvan kahteen keskeiseen periaatteeseen, materi-

aalien, tiedon ja tuotteiden keskeytymättömän virtauksen luomiseen kaikissa yrityksen liiketoimintaprosesseissa, sekä johdon sitoutumiseen työntekijöihin investoimalla ja jatkuvan parantamisen edistämiseen.

Juranin (2010, 327) mukaan Leanin tarkoituksena on eliminoida tai vähintäänkin vähentää hukkaa. Kaikki se joka ei tuota arvoa asiakkaalle tai tuottavalle yritykselle voidaan nähdä hukkana. Myöhemmin Juran (2010, 328) jatkaa että Lean on järjestelmän optimisointiprosessi vähentämään kustannuksia ja lisäämään tehokkuutta eliminoimalla tuotteet ja prosessin hukkaa. Lean myös mielletään läheiseen suhteeseen Six Sigman kanssa, koska myös Lean menetelmä omalla tavallaan johtaa vaihtelun pienenemiseen.

Juran (2010, 334) kuvaa kahdeksan eri hukkaa, jotka ovat: ylituotanto, odottaminen, siirto, huono prosessimalli, varastot, liike, viat sekä alihyödynnetyt henkilöresurssit ja luovuus. Juran on avannut näitä kahdeksaa eri hukkaa seuraavalla tavalla:

**Ylituotanto.** Tehdään tuotantoa enemmän tai aiemmin kuin todellinen tarve.

**Odottaminen.** Odotetaan tietoa, materiaalia, ihmisiä tai ylläpitotoimia.

**Siirto.** Ihmisten tai hyödykkeiden siirtely ympäri tehdasta tai toiseen toimipisteeseen.

**Huono prosessimalli.** Liian monta tai liian vähän prosessin vaiheita. Epästandardisointi. Tarkastus estämisen sijaan.

**Varastot.** Raaka-aineet, keskeneräinen tuotanto, viimeistellyt tuotteet, paperit ja elektroniset tiedostot.

**Liike.** Tehoton työpisteiden tai toimistojen järjestys, eli layout. Huono ergonomia.

**Viat.** Virheet, romutukset, uudelleen tekemiset sekä poikkeamakäsittely.

**Alihyödynnetyt henkilöresurssit ja luovuus.** Ideat joita ei kuunnella. Taidot joita ei hyödynnetä.

### 2.7.5 5-S

Ho (1999, 47) kuvaa 5-S järjestelmän sisältäen 5 eri S-kirjaimella alkavaa käsitettä: *structure, systematise, sanitise, standardise* sekä *self-discipline*. Suomeksi nämä voisivat Wikipedian mukaan olla esimerkiksi: *sorteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi* sekä *seuranta*.

Ho:n (1999, 63) mukaan japanilaiset tehtaot ovat hyvin tunnettuja järjestyksestään sekä siisteydestään. Hän näkee 5-S menetelmän logiikkana ylläkuvatun kaltaisesti mm. järjestelmällisyyden sekä siisteyden, jotka johtavat turhan hukan välttämiseen sekä korkeampaan tuottavuuteen. Hänen mukaansa länsimaaiset maat ovat käyttäneet hyvin vähän 5S -menetelmää koska sitä ei ole tunnettu riittävästi. Vasta myöhemmin länsimaissa on huomattu sen tehokkuus laatutyökaluna eikä pelkäänsä asiakkaita viehättävänä menetelmänä.

### 2.7.6 Jatkuva parantaminen

Laadun varmistaminen ja parantaminen on yrityksen keskeisimpiä toimintoja samalla tavalla kuin kustannusten ja riskien hallinta, tuotekehitys, markkinatuntemus ja osaamisen kasvattaminen. (Järvinen ym. 2001, 8)

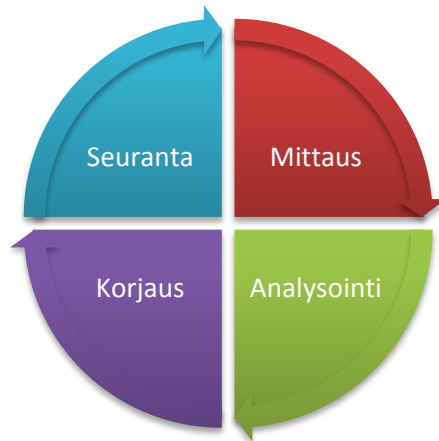
ISO 9001:2008 -standardissa (ISO 9001:2008, 38) on kappaleessa 8 kuvattu toiminnan parantamista. Sen mukaan keskeisiksi seikoiksi nousevat jatkuva parantaminen, korjaavat toimenpiteet sekä ehkäisevät toimenpiteet. Jatkuvässä parantamisessa organisaation tulee jatkuvasti parantaa laadunhallintajärjestelmänsä vaikuttavuutta. Tämä tapahtuu käyttämällä hyväksi laatupolitiikkaa, laatutavoitteita, auditointien tuloksia, tietojen analysointia, korjaavia ja ehkäiseviä toimenpiteitä sekä johdon katselmuksia.

Jatkuvan parantamisen toimintaa kuvataan yleisesti aiemmin esitellyllä ns. Demingin laatuymyrällä tai toiselta nimeltään PDCA-ymyrällä. PDCA-lyhenne tulee ympyrän eri vaiheista: Plan, Do, Check ja Act. Nämä vaiheet kuvaavat koko jatkuvan parantamisen seuraavasti:

- Plan-vaiheessa suunnitellaan mitä tullaan tekemään



- Do-vaiheessa toteutetaan muutokset tai parannukset
- Check-vaiheessa tarkastellaan muutosten vaikutuksia
- Act-vaiheessa tehdään tarvittaessa korjaus



Kuva 5. PDCA-ympyrä, eli ns. Deminging laatuympyrä.

Jatkuva parantaminen on ennen kaikkea organisaation kyvykkyys tunnistaa virheitä sekä käsitellä niitä rakentavasti ja ottaa niistä opikseen. Organisaation johto on avainasemassa luomassa jatkuvan parantamisen ilmapiiriä. Lisäksi apuna tarvitaan muutosagentteja, jotka kouluttavat ja auttavat henkilöstöä, kunnes jokainen on oman työnsä kehittäjä ja muutosagentti. (Salomäki 1999, 33.)

### 2.7.7 Auditointi

Salomäen (1999, 355) mukaan auditointi tarkoittaa ohjeenmukaisuuden toteamista. Ohjeenmukaisuuden lisäksi on auditoinnissa otettava kantaa itse ohjeisiin eli arvioidaan esimerkiksi, ovatko ne tarkoituksenmukaisia ja ajan tasalla. Auditoinnin toteuttamistavasta riippuen se voi olla kehittävä ja arvioiva, ei pelkästään tarkastava ja toteava. Auditoinnin kohde voidaan myös sertifioida, eli antaa merkki tai todistus (sertifikaatti) auditoinnin hyväksytystä tuloksesta. Varsinaiset auditoinnit voidaan jakaa kolmeen tasoon, ensimmäisen osapuolen tekemät auditoinnit eli oman organisaation työntekijöiden tekemät auditoinnit, toisen osapuolen tekemät auditoinnit eli esimerkiksi asiakkaan toimittajalleen tekemät auditoinnit sekä kolmannen

osapuolen tekemät auditoinnit esimerkiksi riippumattoman organisaation toimesta. Kolmannen osapuolella ei ole liiketoiminnallisia tai muita yhteyksiä auditoitavaan. Tämä auditointi on yleensä erikseen ostettava, eikä auditoija määrää tai ehdota menettelyjä, joskin käytännössä voi antaa hyviä vinkkejä.

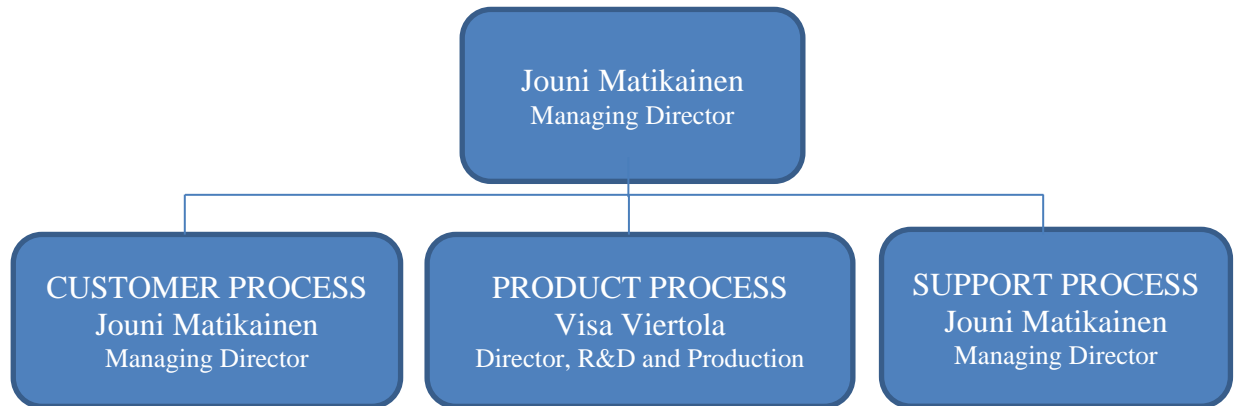
### 3 TUTKIMUSYMPÄRISTÖ

Tässä luvussa käydään läpi kohdeyrityksen sekä sen elektroniikkatuotanto-osaston esittely. Lukuun kuuluu myös tyypillisen tuotteen esittely sekä yhtenä merkittävänä osa-alueena tutkimusongelman rajauksen mukaisen testauslaitteiston esittely.

#### 3.1 Kohdeyrityksen esittely

Epec Oy on etelä-pohjanmaalla Seinäjoella sijaitseva teknologiayritys joka tuottaa elektronia raskaiden työkoneiden ohjausjärjestelmäkomponentteja, niihin liittyviä ohjelmistoprojekteja sekä koulutuspalveluja kyseisten järjestelmien asiakasohjelmointia varten. Yritys on osa Helsingin pörssissä listattua Ponsse-konsernia, emoyhtiön omistaessa yrityksestä täyden 100 %. Yritys työllistää noin 120 henkilöä. (Epec 2015b).

Yritys on ns. täyden palvelun talo. Tämä tarkoittaa sitä että yrityksellä on olemassa oma tutkimus- ja tuotekehitysyksikkö (R&D) sekä elektroniikan valmistusosasto ohjausjärjestelmätuotteiden valmistamiseksi. Lisäksi kohdeyrityksessä on tuotteiden huolto-/korjaustiimi, projektipalvelut-osasto joka tuottaa ohjelmistoprojekteja niille asiakkailleen jotka eivät valmista ohjelmia itse. Yritys kouluttaa myös ohjausjärjestelmätuotteiden ohjelmien tekoon niitä asiakkaita jotka haluavat tehdä tuotteisiin ohjelmat itsenäisesti sekä antaa tarvittaessa asiakkailleen apua ongelmatilanteisiin asiakastukiosaston avulla.



Kuva 6. Organisaatiokaavio päätasolla.

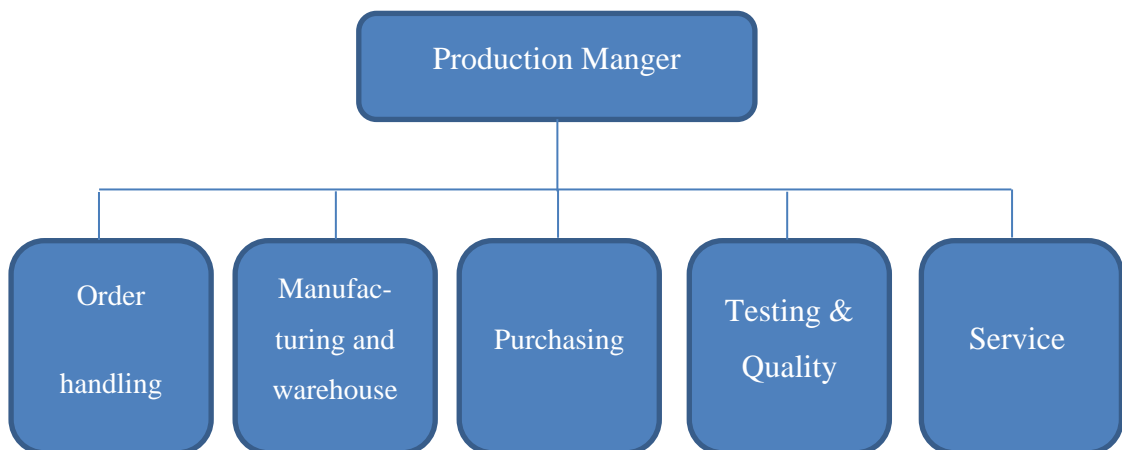
Yrityksen historia alkoi vuonna 1978 diplomi-insinööri Veikko Rintamäen perustaessa yrityksen suunnitella ja valmistaa erilaisia elektronisia tuotteita. Aluksi tuotteet olivat usein yksittäisiä, tiettyyn yhteen käyttötarkoitukseen ja kohteeseen suunniteltuja, keskenään hyvinkin erilaisia laitteita. Myöhemmin toiminnan laajentuessa mukaan tuli yhä suurempia ja merkittävämpiä asiakkaita kasvattaen valmistusmääriä. Varsinainen sarjatuotanto käynnistyi 80-luvun puolivälissä. Tällöin menestystuotteiksi nousivat metsäkoneisiin asennettavat puun katkaisu-, mittaus- ja ohjausjärjestelmät, sekä itse metsäkoneen ohjaamiseen liittyvät sähköiset ohjausjärjestelmät. Kyseiseen ajanhetkeen mennessä useissa koneissa oli käytössä vain manuaaliset ohjausjärjestelmät joissa käsin erilaisten vipujen avulla avattiin hydraulikan venttiilejä halutun toiminnon aikaansaamiseksi. Tällainen oli hyvinkin tuttua monille esimerkiksi kaivinkoneista, joissa vipuja oli pitkä rivi kuljettajan edessä. Sähköisen ohjausjärjestelmän avulla päästiin eroon vivuista sekä saatiin aikaan uudenlaisia toimintoja, joihin kuljettajan kädet eivät olisi aiemmin pystyneet. Metsäkonesektori on edelleen tänäkin päivänä merkittävässä roolissa yrityksen tuotteissa ja asiakkaissa. (Epec 2015b.)

Tänä päivänä yrityksen merkittäviä asiakkaita ovat mm. Ponsse Oyj, Metso Minerals, Sandvik Mining and Construction sekä Cargotec-konserni. Lisäksi yrityksellä on merkittäviä yhteistyökumppaneita maailmanlaajuisesti. Kyseiset yhteistyökumppanit koulutetaan tuottamaan ohjelmistokomponentteja Epec Oy:n valmistamiin tuotteisiin omalla markkina-alueella toimiville asiakkailleen. Yhteistyökumppanit etsivät asiakkaita omalta markkina-alueeltaan sekä yksin että yhdessä Epec

Oy:n kanssa, jonka jälkeen asiakkuus jää yhteistyökumppanin hoidettavaksi. Yhteistyökumppanit osallistuvat myös messuille yhdessä Epecin kanssa.

### 3.1.1 Elektroniikkatuotanto-osaston esittely

Epec Oy:n elektroniikkatuotanto-osastolla työskentelee 34 henkilöä, joista toimihenkilöitä on hieman alle kymmenen. Elektroniikkatuotanto-osasto valmistaa tuotteet ns. alusta loppuun omassa valmistusprosessissaan.



Kuva 7. Elektroniikkatuotanto-osaston organisaatio.

Elektroniikkatuotanto-osasto valmistaa tuotteita jotka pääsääntöisesti suunnitellaan omassa tutkimus- ja tuotekehitysosastossa. Elektroniikkaosaston tehtävänä on tuottaa raskaita olosuhteita kestäväää elektroniikkaa.



Kuva 8. Elektroniikkatuotanto-osasto (Epec 2015d).

### 3.1.2 Tuotantotoiminnan esittely

Kohdeyrityksen tuotantoprosessia voidaan kuvata hyvin tyypillisillä perinteisen elektroniikkatuotannon vaiheilla. Tuotantoprosessi alkaa aina tyhjän piirilevyn käsittelystä. Tuote päättyy prosessissa lopulta ohjelmiston lataamisen kautta valmiin tuotteen toimitukseen asiakkaalle.

Tuotantoprosessi vaihtelee kuitenkin hieman eri tuotteilla. Tiettyjä tuotteita ei saa esimerkiksi pestä tai pinnoittaa herkkien komponenttien, kuten kiihtyvyyssantureiden vuoksi. Osa tuotteista testataan myös eri testauslaitteistoilla. Yleisimmät ns. massatuotteet testataan automaattisilla testauslaitteistoilla. Osa tuotteista testataan käsin, käyttämällä apuna esimerkiksi simulaatiolaitteistoja, jotka sisältävät kytkimiä, antureita, merkkivaloja sekä keinokuormia.

Oheinen, jäljempänä oleva kaavio esittää tyypillistä tuotantoprosessia. Kaaviossa tuotantoprosessin vaiheet joita tämä opinnäytetyö koskee, on korostettuna.



Kuva 9. Tyypillinen tuotantoprosessi.

Kohdeyrityksessä käytetään sekä varasto-ohjautuvaa että tilausohjautuvaa tuotantotapaa. Tämä tarkoittaa sitä että tuotteita tehdään sekä valmiiksi varastoon asiakkaan tulevaa tilausta varten, että tilausohjautuvasti tilausten mukaan valmistettavaksi ja lähes välittömästi valmistumisensa jälkeen toimitettavaksi (JIT/JOT). Tuotanto saa suurimmilta asiakkailtaan myyntiennusteita tulevaisuuden tarpeista ohjausjärjestelmäkomponenteille. Saadut ennusteet syötetään järjestelmään ja niiden perusteella luodaan valmistusennusteita. Näiden perusteella puolestaan avataan tarvittavia valmistuseriä elektroniikkatuotantoon. Näin saadaan ostotarpeet luotua komponenteille ostotoimintaa varten. Karkea tuotantosunnittelu perustuu sekä asiakkaiden ennusteisiin että historiaan perustuen. Tämä tapahtuu tuotannonohjaajan toimesta. Lopullinen hienoajoitus valmistuserille tapahtuu tuotannon työnjohdon toimesta.

Viime aikoina tuotannossa on uusien tuotteiden osalta siirrytty nk. puolivalmisteiden tuottamiseen omaa toimitusprosessia varten. Tällä tarkoitetaan sitä, että useiden eri asiakkaiden välillä lopulliset tuotteet saattavat poiketa toisistaan vain ulkoisesti sekä tuotteeseen toimitusvaiheessa ladattavan toimitusohjelman osalta. Puolivalmisteet valmistetaan erilliseen varastopaikkaan, josta ne viimeistellään asiakkaiden toiveiden mukaisiksi vasta juuri ennen toimitusta, tyypillisesti edellisenä päivänä. Tämänkaltaisen toiminnan etuina kohdeyritys näkee suuremmat valmistuserät yhdistelemällä eri asiakkaiden tarpeita ja ennusteita suuremmaksi kokonaisuudeksi. Lisäksi etuna voidaan nähdä joustavuus esimerkiksi ohjelmien päivittämisen osalta. Kun lopputuotteita ei ole valmiina, ei ole myöskään vanhentuvia, jo aiemmin lopputuotevarastossa oleviin tuotteisiin ladattuja ohjelmia jotka tulisi mahdollisesti myöhemmin päivittää uudelleen, ehkä useampaankin kertaan uusien ohjelmaversioiden ilmestyttyä varastoinnin aikana.



### 3.1.3 Valmistettavat tyypilliset tuotteet

Kohdeyrityksen tuotteet poikkeavat normaaleista kuluttajaelektronikkatuotteista. Tuotteet on erikseen suunniteltu kestämään reilusti kuluttajaelektronikkatuotteita rajumpaa lämpötilavaihtelua, iskuja, tärinää, kosteutta, sekä erilaisia kemikaaleja kuten esimerkiksi hydraulioöljyä tai esimerkiksi rikkikaasuja. Tuotannon ja tuotekehityksen läheinen sijainti ja pitkät yrityksen sisäiset henkilösuhteet tarjoavat loistavat lähtökohdat tuottaa tuotteita jotka kestävät asiakkaiden niille vaatimat kovimmatkin olosuhdevaatimukset. Kyseessä on tuotetun laadun kohtaaminen asiakkaan laatuodotuksia vastaan. (Epec 2015a, 2.)

Epecin tuotteiden soveltamisen pääpaino on liikkuvien koneiden automaatiassa sekä hankalissa ympäristöissä, joissa tyypillisesti esiintyy tärinää, kosteutta, pölyä, kuumuutta, kylmyyttä, öljyä sekä iskuja (Epec 2015d).



Kuva 10. Tyypillinen tuote, Epec 3724 Control Unit (Epec 2015a, 10).

Asiakkaan koneessa kohdeyrityksen tuotteita on useimmiten yhdessä koneessa asennettuna useampia erityyppisiä. Asiakkaan koneessa saattaa tyypillisesti olla

erillinen näyttölaite sekä 1–5 kpl nk. ohjainmoduuleja, I/O-moduuleja. Yllä oleva kuva esittää tyypillistä ohjainmoduulia.

Kun tuotteita kytketään yhteen useita, puhutaan tyypillisesti koneenohjausjärjestelmästä. Koneenohjausjärjestelmässä olevat tuotteet keskustelevat keskenään ns. CAN-väylän avulla. CAN-väylän avulla voidaan kytkeä useita eri valmistajien erilaisia tuotteita yhteen, kokonaiseksi järjestelmäksi. CAN-väylä mahdollistaa yhteen kytkettyjen laitteiden yhteisen kielen standardisoinnin avulla. Alla kuva siitä miltä kokonainen järjestelmä asiakkaan koneessa saattaisi näyttää.



Kuva 11. Tyypillinen koneenohjausjärjestelmä (Epec 2015a).

### 3.1.4 Kohdeyrityksen visio, missio ja arvot

Kohdeyrityksen pyynnöstä Visio, Missio ja Arvot julkaistaan osittain vain niiden päätasojen osalta.

**Visio.** Visio on kiteytetty lauseeseen: ”Alan merkittävät kansainväliset yritykset haluavat meidät yhteistyökumppaneikseen”.

**Missio.** ”Commitment to Your Continuous Success”. Sitoudumme asiakkaidemme jatkuvaan menestykseen.

**Arvot.** Kohdeyrityksen arvoja ovat:

1. Olemme asiakasta varten
  - toimintamme tähtää asiakkaidemme kilpailu- ja toimintakyvyn parantamiseen, autamme asiakasta menestymään, asiakkaidemme tavoitteet ovat myös meidän tavoitteitamme, ymmärrämme asiakkaidemme tarpeet ja jalostamme ne tuotteiksi ja palveluiksi
2. Sitoutuneisuus
  - toimimme asiakkaidemme pitkäaikaisena kumppanina ja sitoudumme heidän tavoitteisiinsa, teemme laadukkaasti sen mitä lupaamme/sovimme, henkilöstö on sitoutunut yrityksen tavoitteisiin ja yritys on sitoutunut henkilöstön hyvinvoinnin ja osaamisen kehittämiseen
3. Yhteistyökyky
  - yhdessä saavutamme ja olemme enemmän, olemme joustavia ja reagoimme nopeasti tilanteen edellyttämällä tavalla, toimintamme on avointa myös vaikeissa asioissa, tarjoamme tarkoitukseen sopivimmat ratkaisut ja resurssit, kuuntelemme asiakasta/toisiamme
4. Toisten arvostaminen
  - hyväksymme ihmisten erilaisuuden ja arvostamme erilaisia mielipiteitä, yhdistämme ihmisten osaamista yhteisten päämäärien saavuttamiseksi, luotamme toisiimme, osaamme iloita onnistumisista ja oppia virheistä, annamme aktiivisesti palautetta onnistumisista ja kehitettävistä asioista

### **3.1.5 Asiakaslähtöinen toiminta kohdeyrityksessä**

Kohdeyrityksen toimintaa kuvaa hyvin keskeisesti asiakaslähtöinen toiminta. Valmistettavat elektronisen ohjausjärjestelmän tuotteet sekä ohjelmistoprojektit ovat usein suunniteltu asiakaslähtöisesti, soveltuen tiettyyn tarkoitukseen tietylle asiakkaalle tai tietylle asiakassegmentille. Asiakkuudet ovat pitkiä, vuosien, jopa vuosikymmenten pituisia, pitkän yhteistyön tuloksia. Yhteistyön ytimessä on asiakkaiden tyytyväisyys kohdeyrityksen tuotteisiin sekä palveluihin. Nämä takaavat menestymisen sekä asiakasyrityksille että kohdeyritykselle. Asiakkaan asiakkaalla

tarkoitetaan loppukäyttäjää, yleisesti esimerkiksi metsäkoneen tai kaivoskoneen omistajaa. Asiakkaiden kanssa toimitaan yleensä hyvin läheisessä yhteistyössä projektinomaisesti työskennellen. Yhteydenpito asiakkaiden kanssa on säännöllistä erilaisten projektipalavereiden, admin-palavereiden yms. avulla.

Asiakaslähtöisyyttä pidetään yhtenä kohdeyrityksen vahvuuksista. Luonnollisesti asiakaslähtöinen toimintatapa maksaa tuotteessa, sen valmistamisessa, verrattuna ns. bulk-tuotteeseen. Asiakkaalle pyritään tarjoamaan hänen tarpeitaan vastaavaa tuotetta, huomioiden kompromissit suunniteltavuuden, valmistettavuuden ja käyttötarkoitukseensa sopivuuden suhteen. Usein asiakkaalle tarjotaan helposti olemassa olevasta tuotteesta räätälöitävää uutta tuotetta. Tämä voi myös koskea palvelua joka on monistettu jostain aiemmasta samalla saavuttaen mittakaavaetua palvelun tai tuotteen tuotantoprosessissa. Useissa kohdeyrityksen asiakastytyväisyyskyselyissä on käynyt ilmi että asiakkailla olisi halukkuuksia pienille eroavaisuuksille tuotteissa tai palveluissa. Monenlaisia ominaisuuksia halutaan, mutta mikä on niiden vaihtoehtokustannus verrattaessa ns. bulk-tuotteeseen? Paljonko ”räätälöinnistä” ollaan lopulta kuitenkin halukkaita maksamaan?

### **3.2 Testauslaitteiston esittely**

Kohdeyrityksessä on käytössä automaattiseen testaukseen muutamien eri valmistajien testauslaitteistoja. Yleisesti tällainen testaustorni sisältää mm. erilaisia mittalaitteita, keinokuormia, relekortteja, Windows-käyttöjärjestelmällä varustetun PC-tietokoneen testausohjelmiston kera, sekä tuoteadapterin ja viivakoodinlukijan.



Kuva 12. Tyypillinen testauslaitteisto (2kpl), lopputestaus.

Automaattinen tuotantotestaus kohdeyrityksessä on jaettu pääsääntöisesti kahteen eri vaiheeseen, alku- ja lopputestaukseen. Tämä opinnäytetyö rajautuu näihin kahteen eri tuotantoprosessin vaiheeseen. Testausprosessissa testataan kaikki tuotteet. Käytössä ei ole otantamenetelmään perustuvaa testausta. Alkutestauksessa tämä ei olisi edes mahdollista testausohjelman latauksen vuoksi.

### 3.2.1 Alku- ja lopputestauksen tarkoitus

Alkutestauksen tavoitteena on löytää tuotteessa esiintyviä laatupoikkeamia jotka johtuvat testausprosessia edeltävistä tuotannon alkuvaiheen prosesseista tai tuotteen materiaaleista. Tyypilliset testausta edeltävät tuotantoprosessin eri vaiheet ovat pastanpaino, koneladonta, reflow-uuni, selektiivijuotos sekä pesu.

Alkuvaiheen prosesseista johtuvia vikoja ovat tyypillisesti väärät tai puuttuvat komponentit, väärin ladotut komponentit (asentovirheet), oikosulut sekä huonot juotokset.

Materiaalivioista tyypillisimpiä ovat sähköiset viat elektronisissa komponenteissa sekä esimerkiksi väärät tuotteet toimittajan pakkauksessa.

Lopputestauksessa varmistetaan että tuotteen laatu vastaa sähköisiltä ominaisuuksiltaan edelleen haluttua. Lopputestauksessa tutkitaan lisäksi tuotantoprosessin muiden, myöhempien vaiheiden aiheuttamia, mahdollisia laatupoikkeamia. Näitä prosessin vaiheita ovat mm. pesu, pinnoittaminen/lakkaus, kokoonpano, tuotteen tiivistys sekä erilaiset tuotteen kuljettamiseen ja siirtämiseen liittyvät vaiheet. Näissä vaiheissa syntyviä laatupoikkeamia ovat tyypillisesti prosessin eri käsittelyvaiheissa syntyneet mekaaniset vauriot.

### **3.2.2 Testauslaitteiston toimintaperiaate**

Testauslaitteiston toiminta perustuu Windows-käyttöjärjestelmän päälle testerien toimittajan toimesta valmistettuun testausohjelmistoon. Testausohjelmistoon on kohdeyrityksen toimesta valmistettu ns. testausjono. Testausjonot ovat tuotekohdaisia ja niitä löytyy kymmeniä erilaisia eri tuotteille. Testausjonot komentavat PC:ssä olevan väylän kautta mittalaitteita, keinokuormia sekä relekortteja testaten tuotteen erilaisia toiminnallisia ominaisuuksia.

Testattava tuote kytketään testattavalle tuotteelle kuuluvaan testausadapteriin, jigiin. Tämän jälkeen testausta suorittava henkilö valitsee oikean, tuotteelle kuuluvan testijonon. Kun testijono on latautunut, luetaan testattavasta tuotteesta sarjanumero. Testi lähtee etenemään välittömästi sarjanumeron lukemisen jälkeen. Aivan aluksi testauslaitteisto lataa tuotteeseen erillisen testausohjelman jonka avulla testauslaitteisto voi ohjata testattavaa tuotetta halutulla tavalla. Testausrutiinissa olevien testien etenemisestä voi seurata näytöltä reaaliaikaisesti. Vihreällä värillä kerrotaan että kyseiseen ajanhetkeen mennessä suoritettut testit ovat menneet läpi, punainen väri puolestaan kertoo että yhtä tai useampaa testiä ei ole läpäisty. Kun kaikki testijonossa olevat testit on suoritettu tuotteelle, näyttöön jää tieto, joko vihreä tai sininen tietopalkki, kertomaan testien läpäisemisestä tai hylkäämisestä. Tämän jälkeen tuote voidaan kytkeä irti testausadapterista.



Kuva 13. Testausohjelmisto.

Automaattitestauksen tarkoituksena on edellä kuvatulla tavalla tarkistaa valmistettujen tuotteiden sekä tuotantoprosessien laadukkuus kattavasti ja tehokkaasti. Halutut testit, sekä niiden kattavuus määritellään tuotteen tuotekehitysvaiheessa tuotteelle laadittavan testaus suunnitelman teon yhteydessä. Testauksen aikana yhdelle tuotteelle suoritetaan tyypillisesti tuhansia erilaisia testejä vain muutaman minuutin aikana. Käsillä testattaessa vastaavan määrän testien suorittaminen veisi tunteja, jopa päiviä. Osa testeistä olisi kuitenkin erittäin hankalaa suorittaa käsillä mittaamalla eri mittalaitteiden avulla. Pelkästään erilaisten testauskytkentöjen tekeminen testattavalle tuotteelle veisi erittäin paljon aikaa.

## 4 EMPIRIA

Tässä luvussa käydään läpi kohdeyrityksen laadullista nykytilaa, laadun kehittämistä, ensisaannon mittaamisen merkitystä, automaattisten testauslaitteistojen tuottamaa tietoa, valmiita kaupallisia ohjelmia, valmiuksia ensisaannon mittaamiseen itse tekemällä, keinoja tavoitetilan saavuttamiseksi sekä realistisimpia vaihtoehtoja toteuttaa ensisaannon automaattinen mittaaminen tutkimusongelman rajauksen mukaisessa laajuudessa.

### 4.1 Kohdeyrityksen laadullinen nykytila

Kohdeyrityksessä on käytössä ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä. Tätä laadunhallintajärjestelmää auditoi DNV. ISO-laaturjärjestelmä asettaa tietyt laadunhallintajärjestelmää koskevat vaatimukset. Näitä vaatimuksia on käytä läpi aiemmassa teoriaosuudessa. ISO 9001:n vaatimusten mukaisesti yrityksessä suoritetaan lisäksi sisäistä auditointia sekä itsearviointia.

Kohdeyritys on omalla toimialallaan tunnettu laadukkaista tuotteistaan. Asiakkaat ovat toimialoilta joissa tuotteille vaaditaan erityistä kestävyyttä sekä osaamista. Tuotteilta vaaditaan huomattavasti enemmän erityisominaisuuksia kuin esimerkiksi kuluttajatuotteilta. Tyypillistä tuotetta on esitelty aiemmassa kappaleessa. Kaikki vuosikymmenten saatossa tehty työ on ollut pitkäjänteistä, ja se on johtanut erityisosaamiseen laadun saralla.

Jokavuotisissa asiakastytyväisyystutkimuksissa asiakkailta on säännöllisesti kysytty tuotteiden merkittävimpiä ominaisuuksia. Näitä ovat poikkeuksetta olleet mm. tuotteiden korkea laatu sekä sopivuus vaativiin olosuhteisiin. (Epec 2015 c.)

Lisäksi kohdeyrityksessä on käytössä aloitetoiminta, jossa hyvät aloitteet myös palkitaan. Aloitetoiminnassa on harjoitettu myös kampanjamuotoisia tempauksia.

Koko yritystä varten on laadittu toiminnanohjausjärjestelmä, joka toimii yrityksen sisäisessä intranetissä. Toiminnanohjausjärjestelmässä on kuvattu kaikki keskei-



set yrityksen prosessit Microsoftin Visio-ohjelmalla, joka antaa mahdollisuuden liikkua prosesseista toiseen klikkaamalla.

Yhtenä ongelmanratkaisun työkaluna kohdeyrityksessä käytetään Mantis Bug Tracker – nimistä ilmaista sovellusta, joka on asennettu omalle palvelimelle. Mantisin avulla voidaan kirjata esimerkiksi projektipalveluiden tuottamien ohjelmien bugeja joita on havaittu tuotanto- tai testausvaiheessa. Samassa järjestelmässä hoidetaan myös sisäiset auditoinnit, tuotemuutokset, aloitteet, asiakastuen ”caset” ja monia muita jäljitettävyyttä vaativia kehittämistoimenpiteitä. Työkalua pystyy muokkaamaan yrityksen omia tarpeita vastaavaksi.

#### **4.1.1 Laatumittauksen seuranta**

Kohdeyrityksessä on ollut käytössä muutamia vuosia koko yrityksen kattava laatumittauksen laskenta Excel-taulukon muodossa. Vastuuhenkilöiksi mittarin ylläpitämiseksi on valittu muutamia henkilöitä useilta eri osastoilta. Kustannuksia kirjataan tyyppillisesti kappale- tai tuntimääräisesti kuukausitasolla, mm. sairauspoissaolot, myöhässä lähteneet ja virheelliset toimitukset, korjaukset valmistusprosessissa, takuuhuoltojen määrä jne. Jokaiselle kustannukselle on määritelty yhdessä parhaaksi oletettu yksikköhinta. Kustannusten yksikköhinta kerrotaan tunneilla tai kappaleilla. Lopuksi saadut euromäärät lasketaan yhteen ja suhteutetaan liikevaihtoon. Saatujen tulosten avulla kyetään laskemaan karkea arvio laatumittauksen prosentuaalisesta määrästä liikevaihdossa. Tätä tulosta käytetään yhtenä yrityksen sisäisenä laatumittarina.

#### **4.1.2 Ensisaannon mittauksen nykytila**

Tutkimusongelmassa kuvatulla manuaalisella mittaustavalla tarkoitetaan sitä että valmistuserän yhteydessä olevasta työkortista löytyy käsin täytettävä kohta ensisaannon kirjaamiselle. Tulos kirjataan kohtiin ”testin 1 läpäisseet” sekä ”testin 2 läpäisseet”. Näillä testeillä tarkoitetaan tuotantoprosessissa olevia ns. I/O moduulin alku- ja lopputestausvaiheita. Edellä kuvatulla, tällä hetkellä käytössä olevalla kirjaustavalla ensisaannon mittaaminen ei ole reaaliaikaista. Kun työkortille on kir-

jattu ensin testaajan toimesta testin läpäisseiden tiedot, kirjataan nämä samat valmistuserän valmistumisen yhteydessä käsin erilliseen Excel-tiedostoon. Taulukkolaskennan avulla tapahtuu lopulta ensisaannon laskenta. Tämä aiheuttaa ylimääräistä kirjaustyötä testaajille erän valmistamisen yhteydessä, sekä kirjaamistyötä työnjohtajille erän valmistuttua. Lisäksi tämä tieto ei ole toiminut laatutason mittaamisen työkaluna, vaan enemmänkin informatiivisena tietona jota on tutkittu jälkikäteen vaihtelevasti.

Sen lisäksi että ensisaannon mittaus ei ole reaaliaikaista, ei se myöskään ole luotettavaa, koska ensisaannossa ei huomioida nykyisellään niitä testattavia tuotteita joissa tuotteen testausrutiini menee automaattitesteristä läpi uusintayrityksellä. Näin ollen tietoa ns. testausvaiheen ”haamuvioista” ei myöskään pystytä jäljittämään. Näin ollen minkäänlaista tietoa testauslaitteiston kunnosta sekä kehittämis- ja ylläpitotarpeesta ei kyetä saamaan ensisaannon laskennan avulla.

#### **4.1.3 Laadunhallinta elektroniikkatuotanto-osastolla**

**Viankirjausprosessi.** Elektroniikkatuotanto-osastolla on ollut vuodesta 2011 lähtien käytössä erillinen viankirjausjärjestelmä. Tämä on toteutettu Sharepoint-ympäristöön ns. listana. Jokainen testausvaiheessa vialliseksi havaittu tuote kirjataan tähän listaan omaksi tietueekseen. Listaan kirjataan kaikista eri testausympäristöistä syntyneet viat. Kirjattavat tiedot on jaettu kahteen osaan siten että testaaja kirjaa alkuosan tiedoista, jonka jälkeen hän toimittaa tuotteen korjaajalle. Kun korjaaja korjaa tai romuttaa tuotteen, hän kirjaa loput tarvittavista tiedoista. Testaajan kirjaamia tietoja ovat mm. sarjanumero, tuotantoerä, testivaihe, testerin numero, tuotekoodi sekä vikakuvaus. Tarkka vikakuvaus saadaan automaattitesterin ohjelmasta. Korjaajan kirjaamia tietoja ovat prosessin vaihe joka vian on aiheuttanut, mahdollinen komponenttikoodi, suoritettu korjaustoimenpide sekä tilan vaihto ”valmis”- tai ”romutettu”-tilaan.

Edellä kuvatusta viankirjausprosessista pidetään erillistä laatupalaveria kahden viikon välein. Palaverissa analysoidaan eniten toistuvia vikoja komponentteittain, tuotteittain Excel-taulukon, sekä sen ns. Pivot-ominaisuuden avulla muutamilla erilaisilla valmiilla raporteilla. Tiedot noudetaan Exceliin automaattisesti suoraan

intranetistä kun tiedosto avataan. Kyseisten raporttien avulla tietyt erikseen valitut tapaukset nostetaan erilliseen laadunhallintajärjestelmään jossa on käytössä moniportainen ongelmanratkaisumalli. Tämäkin järjestelmä on rakennettu intranetin sharepoint-ympäristöön. Erillistä laadunhallinnan järjestelmää käytetään, koska siihen voidaan kirjata myös muualta prosessista tulleita laadunkehittämiskohteita kuin pelkästään viankirjausprosessista. Näitä muita kirjattavia asioita voi olla esimerkiksi jossain muualla prosessissa havaittu laatuongelma joka ei suoraan liity valmistettaviin tuotteisiin, mutta se halutaan saada kuntoon erillisen ongelmanratkaisutyökalun avulla. Lisäksi huollon toimesta saattaa nousta tarpeita kirjata laadunhallintajärjestelmään jokin tuotteeseen tai tuotantoprosessiin kuuluva laatuongelma.

**AOI-konenäkö.** Elektroniikkatuotannossa on käytössä laadunhallintaa ja kehittämistä varten konenäköä hyödyntävä tarkastuslaite, ns. AOI. Kyseinen laite toimii siten että se ottaa useita kymmeniä valokuvia eri kuvakulmalla sekä eri valotusarvoilla tuotteesta. Laite opetetaan havaitsemaan pastanpainossa, komponenttien ladonnassa tai juotosprosessissa syntyviä ongelmia. Kun kone on oikein opetettu, se tunnistaa huonot tai vajaat juotokset, oikosulut, puuttuvan tinapastan, komponentin eri asentovirheet, puuttuvan tai väärän komponentin. Koneen avulla pyritään saamaan tuotantoprosessin alkuvaiheen laatu mahdollisimman hyväksi, siten että prosessin myöhemmässä vaiheessa olisi mahdollisimman vähän konelinjan prosessista johtuvia virheitä. Vuoden 2014 lopulla AOI:n osalta on otettu käyttöön ns. tarkastuskortti-tyyppinen laadunseuranta. Kyseessä on intranetissä oleva valmis ulkopuolisen toimijan valmistama Excel johon täytetään viikoittain koneen raporteista saatava DPMO-luku. Excel-taulukon muodostuu annettujen lukujen perusteella laadunvaihtelun sallitut ylä- ja alarajat, UCL sekä LCL. Lisäksi taulukko seuraa automaattisesti vaihtelua, vertaamalla edellistä arvoa uuteen syötettyyn arvoon. Vaihtelusta piirtyy oma käyrä. Rajoissa pysymistä seurataan ja konetta sekä sitä edeltävää prosessia säädetään tarvittaessa paremman laadun tuottamiseksi. Excel-taulukon graafiseen kuvaajaan kirjautuu merkintä mikäli sallitut rajat ylittyvät. Tyypillisesti alittuvista arvoista ei välitetä, koska laadullisesti pyritään kohti nollaa. Kun vähintään kahdeksan tulosta on alle automaattisesti muodostuneen keskiarvon, tulee siitäkin merkintä grafiikkaan. Tällöin laadun ja sen vaihtelun raja-

arvoja tiukennetaan vastaamaan uutta laatutasoa. Vanhat huonommat tulokset poistetaan tällöin.

**Muut menetelmät.** Muita laadunhallinnan menetelmiä elektroniikkatuotanto-osastolla ovat eri prosessien omat viikoittaiset kehitys- ja seurantapalaverit, sähköiset työohjeet sekä niiden sähköinen lukeminen työpisteellä suoraan PDM-järjestelmästä, siten että paperisia, mahdollisesti vanhentuneita työohjeita ei säilytetä työpisteillä. Lisäksi esimerkiksi tuotannon lämpötilaa seurataan jatkuvasti kahdesta eri pisteestä. Lämpötilan ja kosteuden vaihtelu halutaan pitää mahdollisuuksien mukaan vakiona, koska sillä on usein vaikutusta eri prosessien toimivuuteen ja laaduntuottokykyyn.

#### **4.2 Laadun kehityskohteet ja ongelmat elektroniikkatuotannossa**

Vaikka ISO 9001 määrittelee seurannan, mittaamisen ja analysoinnin osaksi standardiaan, voidaan katsoa että kohdeyrityksessä löytyy edelleen kehitettävää. Tällä hetkellä laadun seuranta kehitetään jatkuvasti ja sen voidaan nähdä kehittyneen vuosien varrella paljonkin. Kuitenkin pelkkä laadun seuranta ilman asetettuja raja-arvoja on vain laadun seuranta, eikä se sellaisenaan johda jatkuvan parantamisen prosessiin. AOI-prosessi toimii hyvänä esimerkkinä laadun jatkuvasta seurannasta asetettujen rajojen avulla. Tällainen toiminta johtaa väistämättä laadun kehittymiseen.

#### **4.3 Ensisaannon mittaamisen merkitys**

Talasmäen (2015b) mukaan on tärkeää tietää todellinen tilanne ensisaannon osalta. On tärkeää että ensisaannon avulla voitaisiin kehittää oikeita paikkoja prosessissa. Ensisaannon tulosten avulla tulisi saada tietoa siitä, mitä ja miten ennen testausta olevia prosessin vaiheita tuotannossa tulisi kehittää testausprosessia edeltävissä vaiheissa. Mitä pienempää vaihtelu on tuotantoprosessin alkuvaiheessa, sitä parempaa laatu on myöhemmässä vaiheessa. Yhtä tärkeää kuin pelkkä edeltävien prosessien kehittäminen, olisi saada tietoa siitä, onko mahdollinen laatuongelma testauslaitteistossa, testausjonossa vai itse tuotteessa. Tähän tietoon

päästään jo osittain käsiksi ns. viankirjausjärjestelmän avulla. Nykyinen tapa manuaaliselle ensisaannon mittaukselle on vanhanaikainen ja se tulisi uudistaa.

Myös kohdeyrityksen laatupäällikkö näkee aikaisen puuttumisen laadussa tärkeäksi. Hän kokee tärkeäksi reaaliaikaisuuden sekä sen avulla saavutettavan nopean puuttumisen ongelmiin. Mitä myöhemmin laatuongelmaan puututaan, sitä kalliimpaa se on. Hän näkee testaustulosten analysoinnin tärkeäksi. Niiden kautta saadaan mahdollisuuksia aikaiseen puuttumiseen testausta edeltävien prosessien laatuongelmissa. (Reinilä).

Laadukkaan, kehittyneen mittauksen avulla Talasmäki (2015b) näkee mahdollisuuksia myös testausprosessin optimoinnille. Tällä optimoinnilla hän tarkoittaa sitä että alku- ja lopputestaus voisivat poiketa toisistaan testin kattavuuden ja keston osalta, mikäli laadun seuranta ja laadun kehittäminen olisivat paremmassa kunnossa. Tiettyjä samoja testejä saattaisi täten olla turhaa suorittaa tuotteille kahteen eri kertaan vain varmistaakseen että tuote edelleen toimii prosessin myöhemmässä vaiheessa.

Ensisaannon mittaamisen voidaan katsoa olevan hyvä osoitus esimerkiksi asiakaskunnalle siitä, miten laatua seurataan sekä kehitetään.

#### **4.4 Automaattisten testauslaitteistojen tuottamat tiedot**

Tässä kappaleessa kuvataan kahden eri testilaittevalmistajan laitteista syntyvää tietoa, ennen kuin minkäänlaista analysointiohjelmaa on hankittu.

##### **4.4.1 Testcom:n valmistamassa testauslaitteistossa syntyvä tieto**

Tyypillistä testauslaitteistoa ja sen toimintaa on esitelty tarkemmin kappaleessa 3.2.

Aivan aluksi oletettiin lyhyen selvityksen jälkeen että Testcomin valmistama testilaitteisto voitaisiin konfiguroida tuottamaan SQL- tai Microsoft Access-muotoista tietoa suoraan tietokantaan. Tietokantaan tuotettavan tiedon oletettiin sisältävän

mm. testattavan tuotteen sarjanumeron, tuotekoodin, testausvaiheen (alku- tai lopputestaus), testijonon version sekä tiedon siitä menikö testi läpi vai ei. Lisäksi tietokantaan oletettiin tallentuvan testijonossa olevat eri testivaiheiden tulokset. (Talasmäki 2015a; Lähdesluoma 2015a.)

Myöhemmin kohdeyrityksen IT-osaston sekä testausinsinöörin selvittäessä testauslaitteiston tuottamaa dataa, huomattiin että testauslaitteisto ei tuota ollenkaan dataa (pois lukien Excel-tiedosto), mikäli sellaista ominaisuutta ei ole erikseen ostettu. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä että testauslaitteiston valmistajalta tulisi ostaa erillinen TestdataViewer-ohjelma, jolloin datan tuottaminen tietokantamuotoon kytkeytyisi käyttöön. Alkuperäisenä oletuksena oli että tämä ominaisuus olisi testauslaitteistossa käytössä aina, ilman erillistä maksua. Tiedon vahvisti vielä erikseen asiaa jo aiemmin tutkinut toinen testausinsinööri (Korhonen).

Kuten aiemmassa luvussa on kerrottu, testauslaitteisto tuottaa myös aina Excel-tilukon jokaisesta testatusta tuotteesta palvelimelle. Näitä yksittäisiä tiedostoja oli jo aiemmin hyödynnetty satunnaisesti testilaitteistojen vikoja kartoitettaessa. Datan ollessa tuhansissa erillisissä taulukoissa, on niiden yhteen kokoaminen koettu vaikeaksi, ellei lähes mahdottomaksi, eikä näin ole edes yritetty toimia. Lähdesluoman (2015a) mukaan kuitenkin tällä tavalla useisiin eri Excel-tilukoihin syntynyttä tietoa voisi kerätä omaan tietokantaan, määrittelemällä mitä tietoa Excel-tiedoston sisältä halutaan kerätä. Tällöin täytyisi luoda erillinen ns. parseri joka kokoaa halutut tiedot. Parseri keräisi halutut tiedot taulukosta aina kun uusi tiedosto syntyisi palvelimelle. Malli Testcomin valmistaman testauslaitteiston tuottamasta Excel-tiedostosta löytyy liitteenä.

#### **4.4.2 Espotelin valmistaman testerin tuottama tieto**

Toukokuun 2015 alussa saatiin tietoa Espotelilta heidän testilaitteiston tuottamasta tiedosta ilman erillisen analysointiohjelman asennusta. Leppäsen (2015d) mukaan Espotelin testerit tuottavat sellaisenaan dataa XML-muodossa. Täten testilaitteessa syntyvää tietoa pystyisi mahdollisesti jatkojalostamaan muissakin sovelluksissa kuin pelkästään Espotelin edustamassa WATS-ohjelmassa.

#### 4.5 Valmiit kaupalliset ohjelmat

Kuten aiemmin on todettu, osa automaattisista testauslaitteistoista on Testcom Oy:n valmistamia, osa puolestaan Espotel Oy:n. Kyseessä on hieman eri sukupolven testilaitteistot, osa Testcomin valmistamien ollessa vanhempia, mutta edelleen aktiivikäytössä olevia. Tässä työssä tulikin ajankohtaiseksi pohtia myös miten ensisaannon mittaaminen olisi järkevää niin, että sitä voitaisiin mitata mieluummin yhdellä kuin useammalla eri ohjelmistolla. Koska Testcom markkinoi omaa Testdata Viewer –ohjelmaansa ja Espotel puolestaan edustamaansa WATS-ohjelmaa, selvitimme voisiko jommallakummalla ohjelmalla lukea myös toisen valmistajan testautustietoa. Useista yrityksistä huolimatta emme saaneet toukokuun 2015 alkuun mennessä Testcomilta ketään kiinni vastaamaan kysymykseen, voisiko heidän ohjelmallaan lukea toisen testauslaitevalmistajan tuottamaa dataa siten, kuten siitä on mainittu heidän esitteessään. Espotelilta saimme toukokuun 2015 alussa nopeasti kiinni oikean henkilön joka sopikin jo seuraavaksi päiväksi WATS-ohjelman esittelyn LYNC-onlinepalaverina. Esittely koettiin onnistuneeksi kohdeyrityksessä. Espotel Oy:n Tero Leppänen (2015c) kertoikin ohjelmasta monenlaista tietoa. Ohjelmassa on käytössä ns. Dashboard-tyyppinen käyttöliittymä jonka avulla jokaiselle käyttäjälle voidaan räätälöidä aloitusnäkyäksi tietyt graafit ja tiedot omaan tarpeeseen soveltuvaksi. Ohjelmasta sai helposti esille ensisaantojen raportit, Pareto-kuvaajat, normaali jakaumat testituloksista yms. Kohdeyrityksen henkilöt kokivat käytön selkeäksi ja johdonmukaiseksi. Yhtenä hyvänä ominaisuutena koettiin omien ns. tarkastusjonojen luonti. Tällä tarkoitetaan sitä, että ohjelmaan voi valmistaa juuri sellaisen tarkastusjonon jonka yritys itse haluaa luoda tuotteiden tarkastamista varten. Näistäkin saadaan raportit yhteen ja samaan paikkaan. Lisäksi hyväksi koettiin sarjanumeron avulla haettava tuotantoprosessin seuranta. Tällöin tuotteesta näkyy eri testivaiheet, mahdolliset korjaukset sekä tarkastukset koostettuna yhteen. Näistä vaiheista pääsee suoraan klikkaamalla katsomaan tarvittaessa testiraporttia sekä sen yksittäisiä testituloksia.

Ennen LYNC-palaveria yhtenä vaihtoehtona mietittiin Espotelin asiantuntijan kanssa parseroinnin avulla syntyvän tiedoston ”dumppaamista” WATS:n pilvipalveluun.

Tämän tiedon jälkeen yhdeksi merkittäväksi tutkittavaksi asiaksi muodostuikin eri teknisten vaihtoehtojen mahdollisuuksien kartoittaminen pelkän ensisaannon mittaamisen mahdollisuuksien ohella.

#### 4.5.1 Testcom testdata viewer

Kohdeyrityksen testausinsinööri oli ollut jo aiempina vuosina yhteydessä Testcomiin liittyen heidän tuottamaansa TestdataViewer-ohjelmaan. Hän oli ollut kiinnostunut kokeilemaan valmista kaupallista ohjelmaa ja sen antamia mahdollisuuksia. Tämän seurauksena kohdeyrityksessä oli aiemmin ollut ns. demoversio kyseisestä ohjelmasta käytössä näyttöjen testauslaitteistoissa. Kyseinen ohjelma on testauslaitteiston valmistajan tuottama ohjelma mm. ensisaannon mittaamiseen sekä testitulosten analysointiin. Ohjelmalla kyettiin saavuttamaan ensisaannon mittaus sekä myös testitulosten syvällisempää analysointia.

Tescomin tuottaman esitteen (2015) mukaan ohjelman avulla voidaan tehdä mahdolliseksi maailmanlaajuinen reaaliaikainen kytkeytyminen testilaitteistoihin. Ohjelma tarjoaa työkaluja testitulosten analysointiin ja ongelmanratkaisuun. Organisaatiossa saattaa olla useita eri ohjelman käyttäjiä ja käyttö voi olla mobiilia, mistä tahansa, milloin tahansa.

Testcomin esitteen (2015) mukaan datan analysoinnista saatuja tuloksia ovat mm. CPK–SPC-tulokset, ensisaanto, vikojen Pareto-jakaumat, raportit PDF- ja Excel-muodossa. Tiedon analysointi on mahdollista jokaisesta vaiheesta. Ohjelman kilpailullisia etuja heidän mukaansa ovat mm. reaaliaikainen tieto ja analysointityökalut, tiedon jakaminen useiden henkilöiden sekä organisaatioiden kesken, raportit, päivittäisen tiedon hälytykset sekä mahdollisuudet minkä tahansa valmistajan testilaitteiston kytkentään. Teknologiatasolla puhutaan ASP-palvelusta, webbikäyttöliittymästä, mahdollisuudesta käyttää miltä tahansa tietokoneelta mistä tahansa, käyttäjäryhmien hallinnasta rajattomalla käyttäjämäärällä, automaattisesta varmuuskopioinnista sekä viikottaisista/kuukausittaisista/vuosittaisista raporteista.

TestdataViewerin etuina voidaan katsoa olevan valmis ohjelmisto joka toimii suoraan heidän valmistamiensa testilaitteistojen kanssa yhteen. Kun kohdeyrityksen



testausprosessissa on kuitenkin käytössä myös muidenkin kuin Testcomin valmistamia testauslaitteistoja, valmiin kaupallisen ohjelman käyttö laajemmin aiheuttaisi joka tapauksessa jonkinasteista räätälöintitarvetta. Alla olevissa kuvissa on ruutu-kaappauksia ajalta, jolloin ohjelma oli asennettuna demokäyttöön.

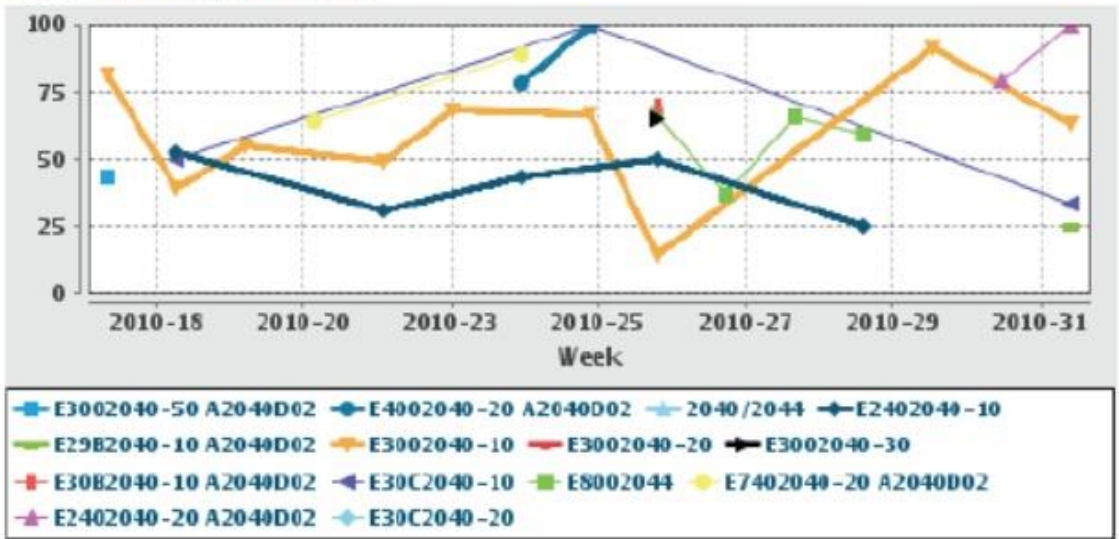
Products					
Product	Product FPY %	Product tested count	Product first passed	Product total passed	Tests total count
2040/2044	0.0	1	0	1	60
E3002040-20	0.0	3	0	0	3
E30C2040-20	0.0	1	0	0	1
E29B2040-10 A2040D02	25.0	4	1	3	8
E3002040-50 A2040D02	37.5	8	3	6	16
E2402040-10	47.4	57	27	53	153
E8002044	58.9	73	43	67	160
E30B2040-10 A2040D02	63.6	11	7	10	15
E3002040-30	64.7	17	11	15	34
E3002040-10	68.3	281	192	274	556
E7402040-20 A2040D02	78.9	19	15	16	33
E4002040-20 A2040D02	81.8	22	18	20	26
E30C2040-10	83.3	12	10	11	16
E2402040-20 A2040D02	88.5	52	46	51	121

Kuva 14. Kuvaruutukaappaus TesdataViever –ohjelmasta.

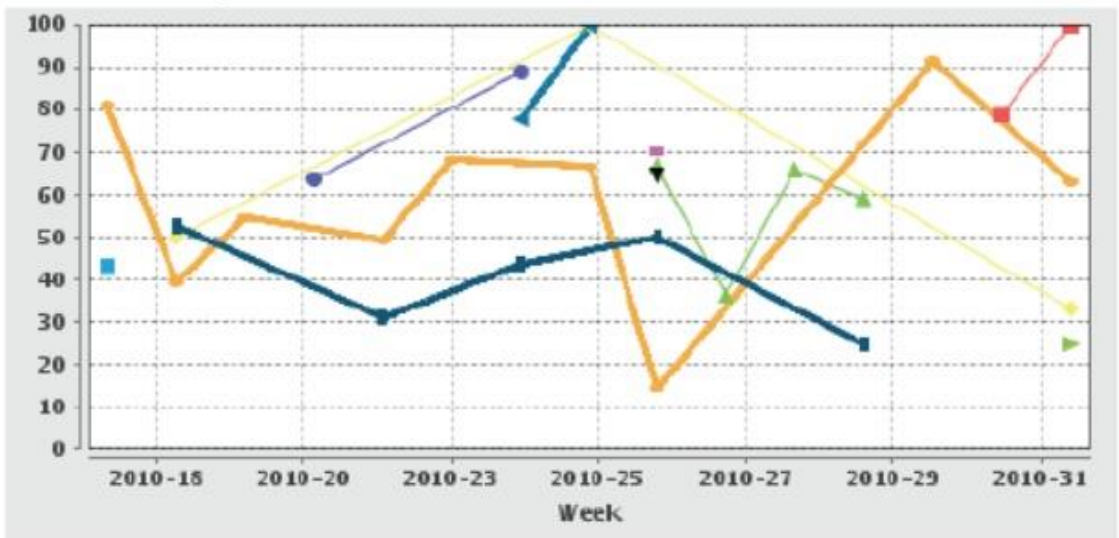
Kuten kuvasta voidaan todeta, ohjelma tuottaa esimerkiksi tuotekohtaista ensisaantotietoa reaaliaikaisesti taulukkomuodossa. Kyseinen tieto on juuri sitä mitä tässä opinnäytetyössä tavoitellaan.

Seuraavassa kuvassa sama tieto on esitetty graafisessa muodossa.

### FPY during period



### FPY history



Kuva 15. TestdataViewer, graafinen näkymä.

Seuraavassa kuvassa on otettu tarkasteluun yksittäinen tuote ja siinä esiintyvät ongelmat testivaiheittain.

Testcom

Home | Epec | Seinäjoki | seinäjoki-elec | E3002040-10

Start date: 2010-05-01 00:00 End date: 2010-08-16 23:59 Update

Result of product: E3002040-10 >> Show data

Product E3002040-10				Test
FPY %	Tested count	First passed	Total passed	Total count
68,3	281	192	274	556

Nr	Fail count	Step row num	Step name
1	83	11	Check push buttons state
2	83	7	Check push buttons state
3	83	3	Check push buttons state
4	82	9	Check push buttons state
5	82	5	Check push buttons state
6	81	6	Check intensity
7	60	12	Check color BLUE
8	60	13	Check intensity
9	55	9	Check intensity
10	43	5	Check intensity

Nr	Cpk	Step row num	Step name
1	0,0	4	Check pixels
2	0,0	8	Check pixels
3	0,2	12	Check color BLUE
4	0,5	13	Check intensity
5	0,8	6	Check intensity
6	0,9	5	Check intensity
7	0,9	8	Check color GREEN
8	0,9	9	Check intensity
9	1,1	4	Check color RED
10	1,3	9	Measure current QL564P_1 1A

Kuva 16. Testdata Viewer, testivaiheiden tuloksia.

Kuten voidaan todeta, ohjelman avulla kyetään pääsemään käsiksi hyvinkin syvälliseen tietoon tuotteista ja niiden eri testivaiheista.

#### 4.5.2 WATS-ohjelma

Espotel myy ja edustaa WATS-ohjelmistoa Suomessa yksinoikeudella. WATS-ohjelma on norjalaisen Virinco-nimisen yrityksen tuottama. WATS-ohjelma on laadun- ja testauksenhallinnan sovellus jonka ovat valinneet asiakkaat jotka haluavat reaaliaikaista korjaus- ja testausdataa laadun ja valmistusprosessin seurantaan sekä parantamiseen. (Virinco 2015.)

Leppäsen (2015b) mukaan WATS-ohjelman juuret ovat elektroniikkatuotannon analysoinnissa, mistä johtuen elektroniikkatuotannossa tarvittavat analysoinnit ja raportit löytyvät ohjelmasta suoraan. Lisäksi hänen mukaansa WATS on ylivoimaisesti helppoiten integroitava analysointityökalu ja sen käyttöönotto ei vaadi kustomointia tai massiivista IT-hanketta. Hänen mukaansa kilpailevissa tuotteissa tarvitaan enemmän räätälöintiä.

Leppäsen (2015a) mukaan WATS pystyy ottamaan tietoa muista järjestelmistä. Tätä varten löytyy valmiita parsereita/konverttereita joilla tietoa voidaan lukea mm. tekstitiedostoista, CSV-tiedostoista sekä vaikkapa Excel-tiedostoista. Hänen mukaansa WATS:n ideana on nimenomaisesti liittää kaikki tuotannon eri testilaitteistot samaan tietokantaan. Tällöin tuloksia voitaisiin analysoida keskitetysti ja testeri-toimittajasta riippumatta aina samalla työkalulla. Espotelin valmistamissa ns. Procket testereissä WATS-integraatio on aina valmiina olemassa, mutta muihinkin testereihin sen saa hänen mukaansa helposti integroitua. Oleelliseksi hän katsoo että testeri tuottaa dataa jossa kukin tuote on yksilöllisesti identifioitu esimerkiksi sarjanumeron avulla. Tällaisen konvertterin hinnaksi hän arvioi 4500–6000 Euroa. Tämän jälkeen luodaan WATS-tili. Edellytyksenä on että testeriltä on nettiyhteys ulkomaailmaan. Vaihtoehtoisesti WATS voidaan asentaa myös yrityksen omalle palvelimelle, jolloin yhteyttä ulkomaailmaan ei tarvita.

Espotel tarjoaa palveluna WATS-järjestelmän integrointia myös muihin testausjärjestelmiin. Espotelin tavoitteena on toteuttaa WATS-teknologiaa hyödyntäen lisäarvopalveluita testausjärjestelmien ylläpitoon, tuotannon seurantaan ja proaktiiviseen toimintaan tuotannon laadun ja saannon parantamiseksi. (Espotel 2015.)

Jo ennen LYNC-palaveria oli sovittu että WATS-ohjelmasta tullaan asentamaan yhdelle Espotel:n valmistamalle testerille ilmainen 30pv:n demoversio. Demoversion avulla päästään kokeilemaan ohjelman toimivuutta todellisessa ympäristössä oikealla datalla.

#### 4.6 IT-osaston valmius itse tekemiselle

Kävin keskusteluja huhtikuun 2015 alussa IT-osaston järjestelmäasiantuntijan kanssa valmiuksista lähteä tutkimaan ensisaannon mittaamista yrityksen omalla osaamisella ja resursseilla.

IT-osasto tutki voidaanko testauslaitteiston tuottama data ohjata MS SQL-kantaan. Suunnitelmissa oli kytkeä huhtikuun puolivälissä yksi automaattisista testauslaitteista tuottamaan testauksessa syntyvää dataa suoraan tietokantaan. Tarkoituksena oli tutkia datan sisältöä ja soveltuvuutta jatkokäyttöön, jonka jälkeen olisi lähdetty kokeilemaan pienimuotoisesti ensisaannon laskennan mahdollisuutta. Kyse olisi aluksi ainoastaan erittäin rajatusta ja pienimuotoisesta kokeilusta. (Lähdesluoma 2015b.)

Järjestelmäasiantuntija Lähdesluoma (2015b) näkee ensisaannon mittaamisen kohdeyrityksen omilla resursseilla ja osaamisella realistiseksi vaihtoehdoksi. Testilaitteiston Windows-ympäristö antaa hyvän lähtökohdan tekemiselle. Haasteiksi hän näkee lähinnä resurssien rajallisuuden ajankäytön osalta sekä mahdolliset ongelmat mahdollisen testilaitteiston hidastumisen osalta. Yhdeksi itse tekemisen riskiksi hän näkee mahdollisen osaamisen karkaamisen, mikäli ensisaannon laskennan suunnitellut henkilö ei jatkossa olisikaan yrityksen palveluksessa. Hyväkään dokumentointi ei välttämättä poista tätä riskiä.

Puhuttaessa valmiiden ohjelmien ja itse tuotettavan mittaustavan välisistä eroista, Talasmäki (2015b) näkee molemmat toteutustavat mahdollisina. Hän epäilee kuitenkin kuinka soveltuva lopulta valmiiksi tuotettu ohjelma on. Usein niiden kohdalla vaaditaan kuitenkin jonkinasteista räätälöintiä sekä tiedon parsimista useista eri lähteistä. Nämä räätälöinnit yleensä ovat melko suuria kustannuksia. Lisäksi valmiissa ohjelmissa on usein turhiakin, tarpeettomia ominaisuuksia. Hän näkee itse tuotettavan mittaustavan etuina mm. joustavuuden omaan toimintaan ja haluttuihin mittareihin soveltuvaksi sekä kehittämisen vähän kerrallaan juuri niiden osa-alueiden kohdalla jolle tarvetta esiintyy nyt tai mahdollisesti tulevaisuudessa.

#### **4.7 Muissa järjestelmissä syntyvä tieto**

Alkutilannekartoituksessa selvisi myös että tuotannon aikaista dataa syntyy toiminnanohjausjärjestelmässä, sarjanumeroinnin tietokannassa, sekä tuotantoprosessin muissa vaiheissa, eri koneiden ja testilaitteistojen osalta.

Edellä mainituissa vaiheissa syntynyttä dataa ei myöskään hyödynnetä. Kertynyttä tietoa voisi käyttää ensisaannon laskennassa tai sen tukena. Tällä löytyy esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmästä, ERP:stä, löytyy dataa tuotantoerän koosta, erän sarjanumeroista sekä paljon muuta tietoa.

#### **4.8 Ensisaannon mittaamisen tavoitetila**

Laadullisena tavoitetilana voidaan vähintään pitää ensisaannon reaaliaikaista ja automaattista mittaamista. Ensisaannon mittaamisen tulee kytkeytyä laadun seurantaan ja kehittämiseen. Ensisaannon mittaustuloksille tulee kyetä määrittelemään tavoiteraja-arvot ja niitä tulee seurata säännöllisesti. Tuloksista tulee tehdä analyyskejä ja johtopäätöksiä laadun kehittämisen kohteista. Ensisaannon mittamisen tulee olla osa jokapäiväistä ja jatkuvaa laadun parantamisen mukaista toimintaa.

#### **4.9 Keinot tavoitetilan saavuttamiseksi**

Että ensisaannon mittaamisesta saadaan automaattista ja reaaliaikaista, on käytettävä hyväksi testauksessa syntyvää dataa. Edellä olevan kartoituksen mukaisesti vaihtoehtoja ovat:

- Jatketaan nykyisellään
- Hankitaan Testcom:n valmistama TestDataViewer-ohjelmisto
- Selvitetään voidaanko jollain muulla ohjelmistolla lukea TestDataViewerin hankinnan jälkeen syntyvää testausdataa (esim. WATS)
- Luetaan palvelimille syntyvästä Excel-tiedostosta ns. parserin avulla halutut tiedot.

- Hankitaan WATS-ratkaisu ja luetaan testilaitteiston valmistajasta riippumatta konvertterin avulla tieto yhteen tietokantaan jota analysoidaan WATS-ohjelmalla.
- Käytetään erillistä laitteisto tai ohjelmistoriippumatonta kirjaamistapaa

Edellä kuvatuista vaihtoehdoista ei suoraan voi valita yhtä ainoaa ja oikeaa sekä parasta ratkaisua. Jokaisella vaihtoehdolla on omat hyvät ja huonot puolensa jotka on avattu alla.

**Jatketaan nykyisellään.** Tämä ei ole realistinen vaihtoehto koska ensisaannon mittaamista halutaan kehittää.

**Hankitaa TestdataViewer-ohjelmisto.** Tätä vaihtoehtoa puoltaa jo aiemmin suoritettu demoaminen ja ohjelman toimiminen suoraan valmistajan (Testcom) testereiden kanssa. Tämän vaihtoehdon huonoja puolia ovat huono tuki toimittajan suunnasta sekä vanheneva testilaitteiston testiohjelma, joka on 2000-luvun alusta.

**Selvitys TestdataViewerin laajemmasta käytöstä.** Tähän on vaikeaa lähteä koska tuki testilaitteiston valmistajalta on heikkoa.

**Luetaan palvelimelta Excel tiedot parseriin/konvertteriin.** Tähän saattaisi löytyä omaakin osaamista ja kustannukset pysyisivät pieninä. Tämä vaatisi kuitenkin oman käyttöliittymän synnyttämisen ja huomattavia henkilöresursseja yrityksen sisältä.

**Hankitaan WATS.** Tätä puoltaa uudemmat testilaitteistot joihin WATS on integroitavissa helposti. Lisäksi tällä ratkaisulla saataisiin myös Testcomin valmistamien testereiden tuottamaa tietoa analysoitua. Miinuspuolena tässä vaihtoehdossa ovat n. 300–1000 Euron jatkuvat kuukausittaiset kulut, asennustavasta riippumatta (pilveen tai omalle palvelimelle).

**Käytetään erillistä kirjaustapaa.** Tämä tarkoittaisi käytännössä sitä, että testilaitteiston yhteyteen valmistettaisiin oma pieni ohjelma, jonne kirjattaisiin jokaisen testin yhteydessä manuaalisesti se menikö testi läpi vai ei. Tässä vaihtoehdossa hyvää nykyiseen toimintatapaan verrattuna olisi se, että tiedot olisivat sähköisessä muodossa reaaliaikaisesti. Miinuspuolena voidaan nähdä tietojen rajoittuminen

ainoastaan ensisaannon mittaamiseen sekä pienen ohjelman tekeminen ja ylläpitäminen itse. Lisäksi tällainen toimintatapa hidastaa testaamista ja vie sekä laiteettä henkilöresursseja.

#### **4.10 Realistisimmat vaihtoehdot ensisaannon mittaamiselle tulevaisuudessa**

Voidaan todeta että useiden eri henkilöiden toimesta kohdeyrityksessä nähdään ensisaannon mittaaminen tärkeäksi. Henkilöt joiden kanssa keskusteluja kävin, olivat kaikki sitä mieltä että ensisaannon mittaamista lähdetään kehittämään nykyaikaisemmaksi. Kohdeyrityksessä voidaan nähdä selkeä tahtotila sekä laatupäällikön, tuotantopäällikön, testausinsinöörin että IT-osaston osalta lähteä tutkimaan omaa ensisaannon mittaustapaa. Yrityksestä löytyy lisäksi entuudestaan laajaa tietokantaosaamista. Alkutilannekartoituksen pohjalta voidaan todeta että yrityksellä on hyvät edellytykset saada ensisaannon mittaaminen joko omatoimisesti tai kaupallisella ohjelmistolla onnistumaan, koska johto on siihen sitoutunut. Lähes jokainen edellä mainituista henkilöistä totesi epäilyksensä samasta asiasta: ”valmis ohjelmisto ei ole aina välttämättä sittenkään valmis”. Haittapuolena nähtiin myös valmiiden ohjelmien joustamattomuus mahdollisiin omiin tarpeisiin tai esimerkiksi raportteihin, sekä mahdolliset turhat ominaisuudet joista kuitenkin täytyy maksaa.

Mikäli ensisaannon mittaamista lähdettäisiin omatoimisesti toteuttamaan, kustannuspuolelle ei tällöin tarvittaisi erityisiä laiteinvestointeja. Tähän omatoimiseen tutkimukseen alun perin pyrittiinkin lähtemään huhtikuun 2015 alussa pienimuotoisella kokeilulla. Pian selvisi kuitenkin että kokeilu ei tule onnistumaan, koska Testcomin valmistamasta testilaitteistosta ei saada tietokantamuotoista dataa, ainoastaan Excel-tiedostoja.

Kuten voidaan huomata, vaihtoehtoja ensisaannon automaattiselle mittaamiselle on useita. Olisi helppoa vain valita yksi näistä. Mietittäessä tulevaisuuden realistista vaihtoehtoa ensisaannon mittaamiselle, on järkevää ottaa huomioon testausympäristö kokonaisuutena. Tällöin edellä kartoitetuista vaihtoehdoista muutama voidaan jättää pois, johtuen niiden kapean sektorin käyttötarkoituksesta. Täl-



laisiksi voidaan todeta ainakin nykyisellään jatkaminen sekä kaikki muut itse rakennettavat ratkaisut.

Kunnolliset, ammattimaiset ratkaisut maksavat aina, niin itse tehtyinä kuin ostettuina valmiina ratkaisuina. Itse tehtäessä kustannuksia ei aina osata huomioida. Itse tehtykin ohjelma vaatii aina ylläpitoa, muuttamista, korjaamista, kehittämistä yms. eikä sekään ole ilmaista, vaikka laskua siitä ei kukaan lähetä. Tällaisina ratkaisuina voidaan pitää sekä TestdataViewer- että WATS-ohjelmistoa. Kyseisiä ohjelmia käytetään ammattimaisissa olosuhteissa useissa eri maissa.

WATS-ohjelmaa vaihtoehtona puoltaa sen alkuperäinen suunnittelu nimenomaisesti elektroniikkatuotannon näkökulmasta (Leppänen 2015c).

Testcomin tarjoamaa TestdataViewer-ohjelmaa vaihtoehtona on vaikeaa lähteä syvällisemmin arvioimaan, koska yritykseen on ollut erittäin vaikeaa saada yhteyttä, useista yrityksistä huolimatta.

Otettaessa huomioon kaikki tutkimuksessa saatu tieto, näen realistisimmaksi vaihtoehdoksi WATS-ohjelman hankinnan. Ohjelman kustannukset vaihtelevat riippuen siitä monelleko eri testerille ohjelma asennetaan, sekä montako eri käyttäjää tietojen analysointia varten luodaan. Karkea kustannusarvio vaihtelee muutamasta sadasta eurosta noin tuhanteen euroon kuukaudessa. Kustannuksiin vaikuttaa se, ovatko testidatojen tiedot pilvessä vai asennetaanko ohjelma omalle palvelimelle.

## 5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen avulla kyettiin kartoittamaan melko kattavasti erilaisia mahdollisuuksia asetetun ongelman ratkaisemiseksi.

Tutkimuksen alkuvaiheessa oli mahdotonta tietää millaisiin tuloksiin lopulta päädyttiin. Tutkimusta oli mielenkiintoista toteuttaa, ja tieto joka saatiin tai hankittiin, johti aina uuteen tiedonnälkään.

Tietoa haettiin teoriaosuutta varten Seinäjoen Ammattikorkeakoulun kirjaston avulla. Laatusa koskevia kirjoja löytyi useita, sen sijaan testaamista ja testilaitteistoja koskevaa kirjallisuutta melko heikosti.

Empiriaosassa saavutettua tietoa syntyi omaehtoisen selvitystyön sekä keskustelujen ja haastattelujen tuloksena. Osittain tiedon hankintaa helpotti tutkijan rooli kohdeyrityksen elektroniikkatuotannon laadunkehittäjänä. Tarvittavat perustiedot, niiden olemassaolo sekä saatavuus olivat jo ennalta tutkijan tiedossa.

### 5.1 Tulokset

**Tutkimusongelma ja tavoitetila.** Tutkimustavoitteet saavutettiin tutkijan mukaan kohtuullisen kattavasti. Määritelty tutkimusongelma rajauksineen kyettiin ratkaisemaan. Tutkimuksen avulla selvisi millaisia vaihtoehtoja ensisaannon automaattiseen mittaamiseen kohdeyrityksen elektroniikkatuotannon automaattisilla testilaitteistoilla on olemassa. Lisäksi selvisi että ensisaannon automaattinen mittaaminen ylipäättään on mahdollista.

**Tiedon hankinta.** Tutkimuksessa saavutettua tietoa rajoitti jossain määrin tiedon saaminen toiselta testilaitteistojen valmistajalta. Tämän yrityksen kohdalla jouduttiin tekemään päätös ns. viheltää peli poikki ja todeta tilanteen tosiseikat, haluttua tietoa ei vain voitu saada. Tämän ei voida katsoa heikentävän työn merkitystä kohdeyritykselle, koska tutkija ei kyennyt vaikuttamaan tilanteeseen.

**Validiteetti ja reliabiliteetti.** Tutkimuksen validiteetin ja reliabiliteetin katsotaan olevan kunnossa niiltä osin kuin ne hankittujen tietojen sekä resurssien osalta oli-

vat mahdollisia. Empiiriset havainnot sekä tutkittu tieto oli sitä tietoa jota tutkimuksessa haettiin. Tutkimuksessa saavutettua tietoa rajoitti jossain määrin rajallinen mahdollisuus ajankäyttöön. Tätä tutkimusta tehtiin paljon oman työn ohella vapaa-aikana, iltaisin ja viikonloppuisin sekä vähäisessä määrin myös työaikana. Prosesin aikana selvisi että aikataulu oli tiukka ja haastava. Mikäli tutkimus tehtäisiin uudelleen, aikaa sen tekemiseen tulisi varata reilusti enemmän kuin nyt käytetty puoli vuotta. Tutkimuksessa tarvittavaan teoriaan kannattaisi tutustua ainakin osittain jo reilusti aiemmassa vaiheessa, vaikka osa tarvittavasta teoriasta selvisi vasta tutkimuksen edetessä. Jälkeenpäin on tietysti aina helppoa sanoa mitä tehtäisiin toisin.

Lisäksi tutkimuksen laajentuminen koskemaan myös eri teknisiä ratkaisuja toi lisäkuormaa tutkimustyölle. Tutkimuksen alussa pyrittiin keskittymään puhtaasti ensisaannon mittaamisen mahdollisuuksiin, kunnes myöhemmässä vaiheessa kävi ilmi pakollinen kannanotto siihen, miten kahden eri valmistajan testilaitteistojen ensisaannon mittaaminen olisi järkevintä toteuttaa yhden ohjelman avulla, varsinkin kun ohjelmistovalmistajista molemmilla sellainen mahdollisuus on tarjolla. Tämä vei tutkimusta väijäämättä kohti ongelmarajauksen ulkopuolista aluetta. Tutkimusongelman rajausta ei lähdetty kuitenkaan tästä syystä muuttamaan, tutkimus haluttiin pitää alkuperäisen rajauksen mukaisena.

**Yleistettävyyys.** Tutkimuksen tuloksia voidaan yleistää jossain määrin myös muissa saman alan yrityksissä, ehkä myös jossain muussa valmistavassa tuotannossa jossa tuotannon aikaista dataa syntyy erilaisten toimilaitteiden toimesta. Erityisesti tutkimuksen tulokset soveltuvat niille yrityksille joissa valmistettuja tuotteita tavalla tai toisella testataan tai tarkastetaan joko automaattisesti tai manuaalisesti.

Maailmasta löytyy edelleen paljon muitakin tulosten analysointiohjelmiä, kuten esimerkiksi yleisesti käytetty Minitab-ohjelma tai SPSS-tilasto-ohjelma. Tämän työn resurssien puitteissa ei ollut realistista lähteä kartoittamaan näiden lukuisten eri ohjelmistojen hyödyntämismahdollisuuksia. Saattaa olla että jossain toisessa yrityksessä jotkin muut ohjelmat toisivat huomattavasti toimivampia ratkaisuja kuin tässä tutkimuksessa esiin tulleet.

**Vaikuttavuuden arviointi.** Tämän tutkimuksen avulla kohdeyrityksen voidaan katsoa saavuttaneen lisätietoa siitä, mitä eri vaihtoehtoja ensisaannon mittaukselle on olemassa. Tutkimus on lisännyt myös paljon tietoutta testilaitteistoista ja erityisesti niiden tuottamasta datasta sekä markkinoilla olevista analysointityökaluista. Tutkimus on herättänyt kohdeyrityksessä mielenkiintoa ensisaannon mittaamista kohtaan. Lisäksi kiinnostusta on herännyt testitulosten analysointia, testausta edeltävien prosessien laadun parantamista sekä testilaitteistojen kunnon valvontaa kohtaan. Voidaan katsoa että tällä tutkimustyöllä on ollut yleisesti positiivisia vaikutuksia herättämään keskustelua laatua, sen kehittämistä ja mittaamista kohtaan.

**Mahdollisuudet.** Mikäli kohdeyritys toteuttaisi ensisaannon automaattisen mittauksen esimerkiksi WATS-ohjelman avulla, voisi kohdeyritys saada käyttöönsä ensisaannon mittaamisen lisäksi paljon muitakin hyviä työkaluja. Näiden työkalujen avulla kyettäisiin mm. kehittämään testausprosessin laadukkuutta, testausprosessia itsessään sekä testilaitteistojen ylläpitotoimia. Työkalujen avulla voitaisiin seurata testituloksia esimerkiksi ajan suhteen, sekä vertailla eri testilaitteistojen välillä olevia eroavaisuuksia testaustuloksissa. Lisäksi näiden työkalujen avulla ongelmanratkaisu siitä onko vika testilaitteistossa vai tuotteessa helpottuisi ja nopeutuisi olennaisesti.

## 5.2 Jatkotoimenpiteet

Jatkossa kohdeyrityksen tulisi käydä vielä uudelleen keskusteluja ensisaannon mittaamisen merkityksestä. Nämä keskustelut tulisi toteuttaa riittävän kattavalla ja oikealla kokoonpanolla. Hyvä kokoonpano tällaisille keskusteluille voisi olla laatu-päällikkö, tuotantopäällikkö, testausinsinöörit sekä tuotannon laadun kehittäjä.

Kohdeyrityksen tulisi kirkastaa itselleen mitä ollaan tavoittelemassa, miksi ja millä keinoilla. Halutaanko laatua seurata ja parantaa ja mitkä ovat ne menetelmät joilla siihen päästäisiin? Miten tämä nivoutuu yhteen kohdeyrityksen laatu- ja tuotantopolitiikan kanssa. Tämän jälkeen tulisi tehdä selkeä päätös joko etenemisestä kohti uutta menetelmää tai vaihtoehtoisesti päätyä pysymään nykyisessä ratkaisussa. Painopisteen tulisi olla saavutettujen hyötyjen kartoittamisessa sekä päätöksen tekemisessä. Päätös pysyä nykyisen kaltaisessa toimintatavassa on sekin jo päätös.

Samalla lopetettaisiin spekulatiot ja haaveilut jostain nykyaikaisemmasta tavasta mitata ensisaantoa reaaliaikaisesti. Haaveileminen ja epäselvä tilanne syö resursseja sekä aiheuttaa epätietoisuutta siitä mitä yrityksessä halutaan tai mitä kohti ollaan etenemässä. Tämän tutkimustyön avulla saavutetun tiedon pitäisi riittää päätöksenteon tueksi. Toivottavaa olisi että kohdeyritys myös perustelisi tekemänsä päätökset ja niihin vaikuttaneet tekijät objektiivisesti. Edullisin ratkaisu ei välttämättä ole aina elinkaaren kokonaiskustannuksiltaan se edullisin.

Mikäli kohdeyritys kuitenkin päätyy ensisaannon mittaamisen toteuttamiseen ilman ulkopuolista kaupallista ohjelmaa, yksi vaihtoehto tutkia tätä asiaa lisää saattaisi olla teknisen alan insinööriopiskelijan harjoitustyö tai vastaava tutkimustyö, esimerkiksi tietokantojen sekä käyttöliittymien osa-alueelta. Näin kohdeyritykselle saataisiin entistä syvällisempää tietoa testilaitteistojen toiminnasta sekä testausdatasta sekä mahdollisesti toimiva ei-kaupallinen ratkaisu samassa yhteydessä.

Kohdeyrityksen tulisi välttää yhteistyökumppaneita joiden kanssa kommunikaatio ei toimi. Tällä tutkija tarkoittaa lähinnä toista tässä tutkimuksessa esiin tullutta testilaitteistojen valmistajaa. Mikäli kommunikaatio testilaitteiston valmistajan kanssa ei toimi silloin kun sitä tarvittaisiin, saattaa se muodostua riskitekijäksi kohdattaessa ongelmia testilaitteistojen luotettavuuden ja laadun osalta. Testilaitteistojen ylläpito ja kehittäminen ovat olennainen osa toimintaa. Näiden kohdalla tarvitaan säännöllistä ja toimivaa kommunikaatiota testilaitteiston valmistajan kanssa.

Työntajan laajempi tuki näin mittavalle tutkimusprosessille olisi ollut enemmän kuin suotavaa. Tällaisesta tutkimusprosessista olisi tullut käynnistää tarkasti määritelty sisäinen kehitysprosessi. Näin vaadittavat henkilöresurssit yms. olisivat tulleet määritellyiksi tarkemmin jo ennen tutkimuksen käynnistämistä.

## LÄHTEET

- Ahola, M. 2007. Elektroniikan tuotantotestaus. Opinnäytetyö. Lahden Ammattikorkeakoulu.
- Crosby, P. 1995. Quality without tears. McGraw-Hill, Professional publishing, New York, NY.
- Epec 2015a. Tuotekatalogi. [verkkójulkaisu]. Epec Oy, Seinäjoki. [viitattu 6.4.2015] Saatavana: [http://www.epec.fi/@Bin/138199/Epec+Product+Catalogue+2015\\_WEB.pdf?Action=Save](http://www.epec.fi/@Bin/138199/Epec+Product+Catalogue+2015_WEB.pdf?Action=Save)
- Epec. 2015b. Ohjausjärjestelmät. [Verkkosivu]. Epec Oy. [Viitattu 6.4.2015]. Saatavana: <http://www.epec.fi/fi/ohjausjarjestelmat/>
- Epec 2015c. Asiakastytyväisyystutkimus. Epec Oy. Julkaisematon.
- Epec 2015d. Epec Oy yritysesittely. Epec Oy. Julkaisematon.
- Elektroniikkatuotanto vähentynyt voimakkaasti Suomessa. [verkkosivu]. STT. Sanoma Media Finland Oy/Taloussanomien. [viitattu 6.4.2015]. Saatavana: <http://www.taloussanomien.fi/perusteollisuus/2007/12/28/elektroniikkatuotanto-vahentynyt-voimakkaasti-suomessa/200732840/12>
- Espotel Oy. 2015. Teollisuuden internet testausjärjestelmiin. [Verkkosivu]. Espotel Oy. [Viitattu 9.5.2015]. Saatavana: [http://www.espotel.fi/uploads/files/ProcketWATS\\_lehdistotiedote\\_20131126.pdf](http://www.espotel.fi/uploads/files/ProcketWATS_lehdistotiedote_20131126.pdf)
- First Pass Yield. [verkkosivu]. Wikipedia. [viitattu 14.3.2015]. Saatavana: [http://en.wikipedia.org/wiki/First\\_pass\\_yield](http://en.wikipedia.org/wiki/First_pass_yield)
- Hakamäki, P. 2010. Piirikorttien tuotantotestauslaitteiston määrittely ja kehitys. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu, Tekniikka ja liikenne.
- Ho, S. Ko. 1995. TQM, An integrated approach. Kogan Page Limited. London.
- Ihalainen, P & Hölttä, T. 2001. Six Sigma pähkinänkuoressa. MET-julkaisu nro 17/2001. Metalliteollisuuden Kustannus Oy. Tampere.
- Juran, J. & De Feo, J. 2010. Juran's quality handbook. Sixth edition. McGraw-Hill, Professional publishing, New York, NY.
- Järvinen, P., Lemetti, P. & Virtanen, T. 2001. Laatu kustannuslaskenta: käyttötarkoitus ja menetelmät. TAI Tutkimuslaitos: Espoo.

- Jääskeläinen, M. Epec Oy. Talouspäällikkö. Henkilökohtainen tiedonanto. 1.9.2011.
- Kamensky, M. 2001. Strateginen johtaminen. Gummerus: Jyväskylä.
- Kaplan, R. & Cooper, R. 1998. Cost & effect : using integrated cost systems to drive profitability and performance. Boston (MA): Harvard Business School Press.
- Karjalainen, E & Karjalainen T. 2009. Mihin laatu ja laatujohtaminen on menossa. [verkkosivu]. Quality knowhow Karjalainen Oy.[viitattu 19.4.2015]. Saatavana: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/mihin-laatu-ja-laatujohtaminen-on-menossa/>
- Karjalainen, T. & Karjalainen, E. 2002. Six Sigma. Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. 1. painos. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Hollola.
- Korhonen, J. Epec Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 4.5.2015.
- Kume, H. 1998. Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. MET-julkaisu 6/1989. Toinen korjattu painos. Metalliteollisuuden kustannus Oy. Vammala.
- Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5. uud. p. Talentum: Helsinki.
- Lehtonen J-M. 2004. Tuotantotalous. 1. painos. Porvoo: WSOY.
- Leppänen, T. 2015a. Espotel Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 6.5.2015.
- Leppänen, T. 2015b. Espotel Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 6.5.2015.
- Leppänen, T. 2015c. Espotel Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 7.5.2015.
- Leppänen, T. 2015d. Espotel Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2015.
- Lumijärvi, O-P., Kiiskinen, S. & Särkilahti, T. 1995. Toimintolaskenta käytännössä. WSOY: Porvoo.
- Lähdesluoma, T. 2015a, Epec Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 1.4.2015.
- Lähdesluoma, T. 2015b, Epec Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 10.4.2015.
- Piirainen, A. 2013. Laatu puhuttaa suomessa. [verkkosivu]. Quality knowhow Karjalainen Oy.[viitattu 19.4.2015]. Saatavana: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/laatu-puhuttaa-suomessa/>
- Reinilä, J. 2015. Epec Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 8.4.2015.

- Ritvanen, V., Inkiläinen A., Bell A. & Santala J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Suomen huolintaliikkeiden liitto ry. Suomen Osto- ja logistiikkayhdistys LOGY ry. Saarijärvi.
- Robinson, A. 2008. Mittaamisen historia. Multikustannus Oy. Suom. Veli-Pekka Ketola. Painettu ja sidottu Kiinassa.
- Salomäki, R. 1999. Hyödynnä SPC, suorituskykyiset prosessit. MET-julkaisu nro 9/1999. Metalliteollisuuden Kustannus Oy. Helsinki.
- Silen, T. 1997. Kansallista laatustrategiaa koskeva selvitys. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 15/1997. Oy Edita Ab: Helsinki.
- Silvennoinen, K., Michelsen, T. & Niemi, H. 2008. Business pilviin. Suomen laatu-yhdistys ry. Tampere.
- Suomen standardisoimisliitto SFS. 2008. SFS-EN ISO 9001. 4.painos. Helsinki.
- Talasmäki, T. 2015a, Epec Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 1.4.2015.
- Talasmäki, T. 2015b, Epec Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 7.4.2015.
- Testcom Oy, testilaitteiston esite. 2015, Mustasaari. [verkkojulkaisu]. [viitattu 3.4.2015]. Saatavana: [http://www.testcom.fi/sites/testcom.fi/files/testcom\\_scr.pdf](http://www.testcom.fi/sites/testcom.fi/files/testcom_scr.pdf)
- Tuominen, K. 2010. Lean käytännössä. Yritysesimerkkejä tehokkaista lean-periaatteista ja käytännöistä. Readme.fi. Helsinki.
- Vilka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Kustannusosakeyhtiö Tammi. Jyväskylä.
- Virinco. 2015. More about WATS. [verkkosivu]. Virinco. [viitattu 8.5.2015]. Saatavana: <http://www.virinco.com/wats/>
- William Edwards Deming. [verkkosivu]. Wikipedia. [viitattu 14.3.2015]. Saatavana: [http://fi.wikipedia.org/wiki/William\\_Edwards\\_Deming](http://fi.wikipedia.org/wiki/William_Edwards_Deming)



## LIITTEET

Liite 1. Näkymä Testcomin valmistaman testilaitteen tuottamaan Excel-tiedostoon

Liite 2. Six Sigma taulukko

## LIITE 1 Näkymä Tescomin valmistaman testilaitteen tuottamaan Excel-tiedostoon

Product type	E3002024-20					
Description	Alkutesti					
Spec. file	E3002024-20 2024G23_alkutesti_A_exe.dat					
Contents date	3.1.2014 13:44					
State	Final					
Tester	Tester7					
Product patch						
Serial number	15465023					
Description	Low limit	Nominal v	High limit	Unit	Result	Status
Start test 2024						
Initialize Chroma6314						PASS
Initialize Chroma62012						PASS
CAN1HS_X4_pin2_6_suojaustesti						
connect 6614C+						PASS
Set power 24V/5mA						PASS
Set 6614C sense current range LO						PASS
Measure voltage	23.5	24.0	24.5	V	24.008	PASS
Set power 35.0V/5mA						PASS
Measure voltage	25.4	27.8	30.3	V	28.080	PASS
Measure current		4	5	6 mA	5.273	PASS
Set power 0V/0mA						PASS
Set 6614C sense current range HI						PASS
disconnect 6614C+						PASS
connect 6614C+						PASS
Set power 24V/5mA						PASS
Set 6614C sense current range LO						PASS
Measure voltage	23.5	24.0	24.5	V	24.008	PASS
Set power 35.0V/5mA						PASS
Measure voltage	25.4	27.8	30.3	V	28.098	PASS
Measure current		4	5	6 mA	5.267	PASS

## LIITE 2 Six Sigma-tilukko

Sigma	DPMO	YIELD	Sigma	DPMO	YIELD
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			