

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Terho Uuksulainen

**SPC-TOIMINTAMALLIN KÄYTTÖNOTTO LUKOT-
LIIKETOIMINTAYKSIKÖLLE**

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	5
1.1	Työn kuvaus	5
1.2	Opinnäytetyön rajaus.....	5
2	Yrityksen esittely.....	6
2.1	Historia	6
2.2	Tuotteet.....	7
2.3	Joensuun tehtaan toiminta	8
3	Tilastollinen prosessinohjaus (SPC).....	9
3.1	SPC:n historia.....	10
3.2	SPC:n teoria.....	11
4	Käytettävät käsitteet ja lyhenteet.....	13
5	Valvontakortit ja SPC-ohjelmisto	19
5.1	SPC-ohjelmisto.....	21
5.2	Mittausepävarmuus	26
5.3	Mittausjärjestelmän suorituskyky.....	27
5.4	Gage R&R -testin teoria	28
6	SPC-toimintamallin käyttöönotto.....	30
6.1	Koneistuskeskukset	30
6.2	Koordinaattimittaus	30
6.3	Tilastollisen prosessinohjauksen soveltaminen.....	32
7	Toimintamallin toteutus	33
7.1	Mittausepävarmuuden määrittäminen sylinterillä	33
7.2	Kiinnitystapin mittaus	34
8	Pohdinta ja johtopäätökset.....	38
	Lähteet	41



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. +358 50 260 6800

Tekijä(t)
Terho Uuksulainen

Nimeke
SPC-toimintamallin käyttöönotto Lukot-liiketoimintayksikölle

Toimeksiantaja
Abloy Oy

Tiivistelmä

Työn tarkoituksena on ollut rakentaa toimintamalli tilastollisen prosessinohjauksen käyttöönotolle Abloy Oy:n Lukot -liiketoimintayksikölle. Työn tavoitteena on ollut luoda yksikön tarpeita vastaava järjestelmä prosessin ohjaukseen.

Tilastollinen prosessinohjaus toteutettiin liiketoimintayksikön tuotannossa sijaitsevalle mittalaitteelle. Lukot-liiketoimintayksikön koneistettavat osat mitataan kyseisellä mittalaitteella. Prosessinohjauksen mittausohjelmisto oli valittu jo aikaisemman mittalaitteen hankinnan yhteydessä. Työssä on esitelty kyseisen ohjelman sovellukset, ja yritykselle sopivat ratkaisut on pyritty löytämään. Opinnäytetyön aihe rajattiin koskemaan yksikön koneistuksessa valmistettavia osia sekä lyhyesti pohdintaan uusista mittalaittehankinnoista avain- ja haittasoluun.

Tilastollisen prosessinohjauksen käyttöönottovaiheessa tehtiin koemittauksia, joista saadut tulokset analysoitiin. Näiden tulosten pohjalta arvioitiin tilastollisen prosessinohjauksen soveltuvuutta yksikön käyttöön.

Opinnäytetyön tuloksena laadittiin toimintamalli, jonka mukaan mittatietoa kerätään valmistettavista kappaleista SPC-tietokantaan. Tilastolliseen prosessinohjaukseen siirrytään vaiheittain. Laaturyökalua tullaan käyttämään normaalin tarkastustoiminnan tukena prosessin vaihtelun pienentämisessä sekä laatuvirheiden välttämässä.

Kieli
suomi

Sivuja 41

Asiasanat
SPC, mittaus, prosessit, vaihtelu



Thesis
April 2013
**Degree Programme in Mechanical and
Production Engineering**
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +358 50 260 6800

Author(s)
Terho, Uuksulainen

Title
The Commissioning of Statistical Process Control in Locks-business Unit

Comissioned by
Abloy Oy

Abstract of the Thesis

The purpose of this study was to build a pattern of Statistical Process Control (SPC) in the business unit of Locks of Abloy Oy. The aim of this project was to create a system for the process control which meets the needs of the unit.

The process control was executed for the coordinate measuring machine which is located in the production area of the unit. The machined parts of the locks are measured by this measuring machine. The SPC software was chosen earlier with the acquisition of the machine. This project shows the application possibilities of the software and solutions suitable for the company's purposes have been tried to be discovered. The subject of this thesis was limited for machining parts of the unit and considering new key and disk cell measuring systems.

In the phase of the Statistical process control implementation was carried out with test measurements, after which the results were analyzed. On the basis of the results the suitability of the process control was estimated.

As a result of the project, a model, on the basis of which the measurement data is collected into SPC-database of the manufactured pieces, was created. Consequently, statistical process control will be gradually taken in to the production. The quality tool will be used as support for the normal inspection routine to reduce variation and also to avoid quality errors.

Language
Finnish

Pages 41

Keyword
SPC, measuring, process, variation

1 Johdanto

1.1 Työn kuvaus

Opiskeluni aikana suoritin suurimman osan työharjoittelustani Abloy Oy:n Rakennuslukitus -liiketoimintayksikön tuotannossa. Toimin vastaanottotarkastajana, jonka tehtäviin kuului muun muassa tarkastus, mittaus, varastointi sekä raportointitehtävät. Työtehtäväni aikana sain paljon kokemusta mittaamisesta ja tutustuin samalla yksikön tuotteisiin sekä toimintatapoihin. Lisäksi sain arvokasta tietoa laadun ja mittaustekniikan merkityksestä tuotannollisessa työssä. Tilastollisen prosessinohjauksen käyttöönoton tahtotila oli olemassa Abloy Oy:n Rakennuslukitus -liiketoimintayksikössä ja tähän tarpeeseen pyrin opinnäytetyölläni vastaamaan. Toimeksiantajan käyttöön hankittiin useita eri mittavälineitä vuonna 2011, joista suurin hankinta oli Mitutoyo-mittakone. Koneen yhteydessä tuli myös tarvittava mittaushjelmisto, jonka avulla saataisiin kerättyä tietoa. Mittalaitteiden käyttökokemuksien perusteella oli luonnollista siirtyä tilastolliseen prosessinohjaukseen ja ajattelin, että se voisi sopia hyvin opinnäytetyöni aiheeksi. Aihe kuulosti aluksi haastavalta, mutta tiesin mihin Tilastollista Prosessinohjausta tullaan käyttämään. Oli luonnollista rakentaa tämän pohjalta toimintamalli TP:n käyttöönotolle.

1.2 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäytetyöni tavoitteeksi asetettiin SPC:n toimintamallin rakentaminen yksikön tarpeita vastaavaksi. Työni rajattiin käsittämään asiakkaalle meneviä oman tuotannon osia koneistuksesta, avainsolusta sekä nauhalinjalta niin, että jokaiseen saataisiin rakennettua toimintamalli SPC:n käyttämiseen. Opinnäytetyöni tarkoituksena oli mahdollisuus kehittää uutta menetelmää laadunvarmistuksen parantamiseksi. Työssäni pääpainotus on tuotannon mittalaitteella mitattavissa osissa, jotka yleensä tulevat koneistussolusta. Opinnäytetyöni alussa on käsitelty aiheen teoriaa sisältäen perusideat ja käsitteet. Tämän jälkeen esittelen käytetyn ohjelmiston. Sitten esittelen yksikön valmistusprosesseja, johon SPC:tä tullaan soveltamaan. Lopuksi on esitelty ensimmäisiä käyttökokemuksia mittalaitteista, joihin on myös sisällytetty mittaustuloksia sekä analyyskejä prosessista.

2 Yrityksen esittely

Abloy Oy on johtavia lukkojen, lukitusjärjestelmien ja rakennushelojen valmistaja, sähkölukkojen tuotekehityksen maailman johtaja ja haittalevysylinteriteknologian edelläkävijä. Asiakkailla on suuri luottamus Abloy-tuotemerkkiin ja se onkin ansaittu pitkäjänteisellä työllä. Abloy on nimenä arvostettu ympäri maailmaa ja siltä odotetaan ensiluokkaista laatua turvallisuuden valmistajana ja toimittajana. Abloy Oy on osa isoa Assa Abloy -konsernia, joka on maailman johtava oviympäristöratkaisujen toimittaja. Konserni tarjoaa asiakkailleen tuotteet helppoon ja luotettavaan kulkemiseen sekä mahdollistaa helppokäyttöisiä sovelluksia ovien avaamiseen ja sulkemiseen. Abloy Oy:n henkilöstömäärä on noin 900 ja liikevaihto 150 miljoonaa euroa. Viennin osuus tuotannosta on 50 % ja merkittävimmät päävientikohteet ovat Pohjoismaat, Yhdysvallat, Englanti, Saksa, Baltia, Ranska, Itävalta, Alankomaat, Kanada, Espanja, Sveitsi, Puola, Tšekki, Belgia, Venäjä, Italia, Australia, Kaukoit ja Etelä-Afrikka. Suomessa Abloy Oy:llä on markkinajohtajan asema. (Abloy Oy 2013.)

2.1 Historia

Ensimmäinen Abloy-lukko syntyi vuonna 1907, jolloin Emil Henriksson keksi levyhaittasynterinin ja periaatteen lukon toiminnalle. Vuotta myöhemmin perustettiin Ab låsfabriken lukkotehdas Oy ja tästä alkoi ensimmäisten lukkojen valmistus. Ensimmäinen patentti saatiin vuonna 1919 ja samaan aikaan Abloy-tavaramerkki rekisteröitiin eri puolilla maailmaa. Abloy nimi tulee juuri yrityksen alkukirjaimista Ab Lukko Oy. Kone ja silta -niminen yritys osti Ab Lukko Oy:n vuonna 1923. Myöhemmin vuonna 1936 Kone ja silta siirtyi Wärtsilän omistukseen ja näin ollen fuusioitiin Wärtsilä-yhtymään. (Abloy Oy 2013.)

Kiinnostus Abloy-tuotemerkkiin kasvoi niin suureksi, että Helsingin tehdas osoittautui riittämättömäksi sekä kapasiteetiltään vajaaksi, joten lukkotuotanto päätettiin siirtää muualle. Joensuun tehdas aloitti toiminnan vuonna 1968, johon toiminta siirrettiin Helsingin Sörnäisistä. Aluksi tehtaalla valmistettiin lähinnä lukkorunkoja ja ovensulkimia, mutta vuosien aikana tehdasta on laajennettu useaan kertaan ja näin ollen muun muassa

Tampereen tehtaan rakennushelatoiminta on siirretty Joensuuhun. Nykyisin suurin osa Abloy-tuotteista (kuva 1) valmistetaan Joensuussa, ainoastaan lukkorungot valmistetaan Björkbodan tehtaalla. (Abloy Oy 2013.)

Abloy Oy syntyi lopulta erinäisten yritysjärjestelyjen seurauksena. Vuodesta 1994 Abloy Oy on kuulunut Assa Abloy -konserniin, joka on maailman suurin turvallisuusalan ryhmittymä. Joensuun tehtaan lisäksi Abloy Oy:llä on tuotantoa Björkbodassa. Tampereen tehtaan tuotanto siirrettiin Joensuuhun vuoden 2011 aikana. (Abloy Oy 2013.)



Kuva 1. Abloy tuotteita (Hyvinkään turvalukko 2013).

2.2 Tuotteet

Maahantuojaverkoston kautta Abloy-tuotteita myydään kaikkialle maailmaan ja yli 80 vientimaahan. Kotimaassa toimii kattava lukkoliikevalikoima, joita on noin 150 ympäri Suomea. Abloy Oy:n laajasta tuotevalikoimasta löytyy jokaiselle turvallisuussektorille omanlaisensa tarpeet. Pitkä taival turvallisuuden asiantuntijana sekä asiakaslähtöinen suunnittelu ovat tuoneet hyviä tuotteita, jotka edustavat alan teknologista huippulaatua. Lähtökohtana tuotteilla on turvallisuus, helppokäyttöisyys ja hyvä ulkonäkö, joiden tarkoituksena on tyydyttää mahdollisimman hyvin asiakkaita ja rakennusteollisuuden yhteistyökumppaneiden tarpeita. Rakennuslukituksen mekaaniset lukot ovat varmasti tunnetuimpia tuotteita, mutta myös muiden liiketoimintayksiköiden tuotteet ovat helpottaneet ihmisten arkielämää. Sähköiset lukkomekanismit ovat nyt tekemässä läpimurtoa

lukitussektorilla, mutta myös ovensulkimet ja oviautomatiikka ovat tärkeitä tekijöitä ihmisten arkipäiväisessä elämässä. Rakennushelat, kuten ovenkahvat, valmistetaan myös Joensuun tehtaalla. Tuotevalikoimasta löytyvät lisäksi riippulukot, joita käytetään varaston ovissa, sekä Björkbodan tehtaalla valmistettavat lukkorungot oviin. (Abloy Oy 2013.)

2.3 Joensuun tehtaan toiminta

Joensuun tehdas perustettiin 1968 ja nyt henkilöstömäärä on noin 700. Työnantajana Abloy Oy on ollut merkittävä ja arvostettu Joensuun seudulla. Liiketoimintayksiköistä kuusi seitsemästä toimii Joensuun tehtaalla, ainoastaan Björkbodan lukkorungot-liiketoimintayksikkö toimii Kemiön saarella. Näistä Rakennuslukitus on suurin liiketoimintayksikkö, jonka tuotevalikoimaan kuuluvat lukitussarjat ja ovilukkosylinterit. Network solutions-liiketoimintayksikkö kuuluu myös Rakennuslukitukseen ja se valmistaa langattomia kodin lukitusjärjestelmiä tunnetuimpana Control-tuotteet. Sähkömekaaniset Lukkorungot-liiketoimintayksikkö valmistaa sähkömekaanisia solenoidi- ja moottorilukkoja. Tehtaalla toimii myös Rakennushelat-, Oviautomatiikka sekä Laitelukitus-liiketoimintayksiköt. Laitelukitus sekä Rakennuslukitus yhdistyvät yhdeksi suureksi liiketoimintayksiköksi vuoden 2013 aikana. Nimeksi tulee Lukot-liiketoimintayksikkö. (Abloy Oy 2013.)

Abloy-lukkotuotteiden etuna on niiden monipuolinen sarjoitettavuus. Abloy-tuotteilla lukitus voidaan toteuttaa koko rakennuskohteen oviin ja yhden avaimen käyttö koko kiinteistössä. Laaja ja jatkuvasti kehittyvä tuotemallisto on yhteensopiva lähes kaikkien kohteiden lukitsemiseen sekä ovien avaamiseen. Sähkömekaaniset lukot, ovensulkimet ja oviautomatiikka ovat rakennettu parantamaan käyttömukavuutta. Abloy Oy:n lukitus-tuotteet ovat hyväksytyt eurooppalaisten standardien mukaan, ovat murtotestattuja ja Finanssialan keskusliiton hyväksymiä. (Abloy Oy 2013.)



Kuva 2. Lukkosylinteri (Rakennusfakta 2010).

3 Tilastollinen prosessinohjaus (SPC)

Tilastollinen prosessinohjaus (SPC) on laatutyökalu muiden joukossa. Se ei ole helpoimmin opittava menetelmä laadun parantamiseksi, mutta se tarjoaa työkalun laadun parantamiseen prosessien kautta. SPC muodostuu englanninkielisistä sanoista Statistical Process Control, missä jokaisen sanan merkityksestä voi päätellä mihin työkalulla pyritään. SPC:n käyttöönotto ja tuloksellinen laatutyö edellyttävät organisaation halua ja kykyä muuttua. Johdolta saatu tuki ja resurssit ovatkin ensiarvoisen tärkeitä. Prosessit tulisi ymmärtää riittävän hyvin, jotta saataisiin aikaiseksi toivottuja tuloksia. Käytännön tasolla työntekijällä voi olla erittäin puutteellinen kuva yritystoiminnan ja laadun perusasioista, niinpä olisi hyvä, että annettaisiin joka tasolle riittävästi tietoa ja osaamista muutoksen aikaansaamiseksi. Tilastollisia analysointimenetelmiä ja -teorioita ei käytännössä ole tarkoituksenmukaista kouluttaa kaikille perusteellisesti vaan yksi asiantuntija riittää muutosagenttina olemiseen. Asiantuntijalla tulisi olla riittävä asiantuntemus ja halu kehittää organisaatiota sekä tarvittaessa olla yhteistyössä eri organisaatioiden välillä. (Salomäki 1999, 8–9.)

Tilastollisen prosessin ohjauksen perusideana on ennakoida tulevaa hyvissä ajoin, jotta virheitä vältyttäisiin. Perinteisesti tuote on valmistettu ja sen jälkeen tarkastettu, kuinka hyvin se täyttää vaatimuksen. Jos tuote ei ole vaatimusten mukainen, se on korjattu tai hylätty. Tällaista käytäntöä pyritään juuri välttämään SPC:n avulla. Prosessit pyritään pitämään mahdollisimman hyvässä kunnossa, että huonon tuotteen syntyminen prosessista itsestään johtuvista syistä on tilastollisesti epätodennäköistä. Tavoitteena on myös

pienentää prosessin vaihtelua ja hallita prosessia niin, että ulkopuoliset tekijät eivät pääse suorituskykyä uhkaamaan. Kumen (Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät 1998, 7) mukaan minkä tahansa virheellisen tuotteen syntymiseen on olemassa erityiset syyt ja virheistä päästään eroon, mikäli nuo syyt löydetään ja poistetaan. (Salomäki 1999, 166–168.)

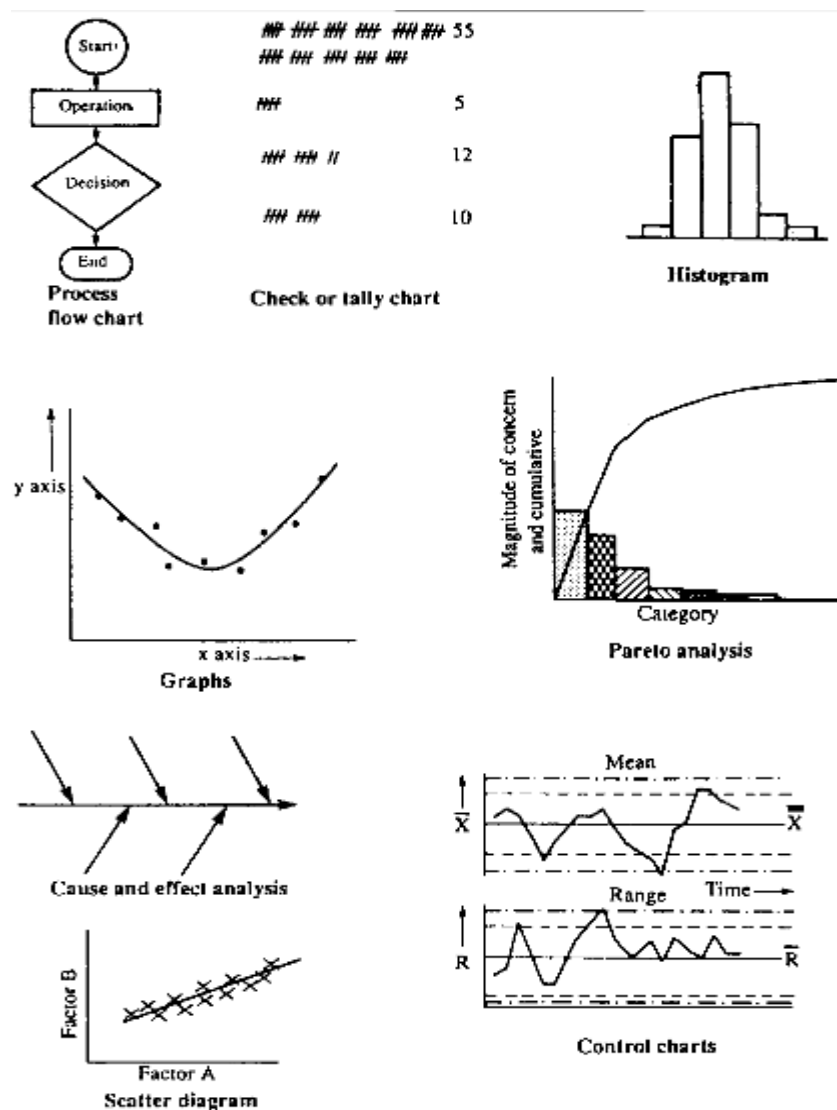
3.1 SPC:n historia

Tilastollisen laadunkehitystoiminnan isänä voidaan pitää Walter A. Shewhartia. Hän kehitti SPC:n idean ja periaatteen vuosina 1918–1924 työskennellessään tehdaslaitoksessa nimeltä Western Electric. Töissä ollessaan hän perehtyi laadunvalvontaan tarkemmin tilastollisia menetelmiä käyttäen ja huomasi prosessien käyttäytyvän normaali-jakauman mukaisesti. Säättäminen yksittäisten tulosten perusteella vain pahensi tilannetta. Niinpä Shewhart laati ensimmäiset valvontakortit ja todisti, että ongelmille on olemassa yleisiä ja erityisiä syitä. (Salomäki 1999, 170–171.)

Toisen maailmansodan aikana SPC:tä sovellettiin sotateollisuuteen. Laajempi käyttö kuitenkin unohtui, koska teollisuudella oli varaa tuhlaata tehotomaan toimintaan. Tämän jälkeen japanilaiset tutustuivat amerikkalaisten asiantuntijoiden muun muassa W. Edwards Demingin ja Joseph J. Juranin johdolla SPC:hen. Japanilaisilla ei ollut varaa tuhlaata materiaalia ja energiaa, joten he ottivat tehokkaasti SPC:n käyttöönsä järjestelmällisellä koulutuksella. Länsimaat havahtuivat 1970-luvulla, jolloin alettiin ymmärtää laatu-tekniikoiden tärkeys. Yritysjohtajat huomasivat kuinka Japanissa osattiin hyödyntää SPC:tä tehokkaasti Jatkuvan Parantamisen metodein. Suomessa SPC otettiin laajamittaiseen käyttöön 80- ja 90-lukujen vaihteessa kansainvälisen yhteistyön ja asiakkaiden vaatimusten myötä. Nykyisin se onkin laajalti käytössä Suomessa ja on ehkä eniten arvostettu laadunkehittämisen menetelmä. Tulevaisuudessa SPC:n merkitys kasvaa koko ajan. Tietotekniikan kehittymisen myötä on avautunut uusia helpottavia ohjelmia SPC:n laajamittaiseen käyttöönottoon. (Salomäki 1999, 171–173.)

3.2 SPC:n teoria

Yleisemmät SPC:ssä käytetyt työkalut ovat ohjauskortit, Pareto-analyysi, syy-seuraus-analyysi, histogrammit, hajontakuvaajat ja vuokaaviot. Käytävissä on myös useita kymmeniä kaavioita ja matriiseja sisältävää tuotekehitysmenetelmiä, Quality Function Deployment (QFD), joita käytetään tuotekehityksessä ja siihen liittyvässä vaatimusten-hallinnassa. Keskeistä näille työkaluille on niiden helppo käyttöönotto. Lisäksi ne täydentävät toinen toisiaan. Kuva 3 esittää tilastollisessa prosessinohjauksessa yleisesti käytettyjä menetelmiä. (Kume 1998, 21, 28, 51, 70.)



Kuva 3. SPC:n-perusmenetelmiä (Lähtenmäki ja Leiviskä 1998, 12).

Oleellista prosessinohjauksessa on erottaa toleranssirajat ja ohjausrajat. Tarkastusrajojen, joita kutsutaan toleranssirajoiksi (T+, T-, USL=Upper specification Limit, LSL=Lower Specification Limit) tilalle kehitettiin ohjausrajat, joiden tarkoituksena ei ollut tavoitella hyvää tuotetta tai palvelua vaan stabiilia tilannetta eli hallitsemattoman vaihtelun hallintaa. Rajoja kutsutaan ohjausrajoiksi, SPC-rajoiksi (UCL=Upper Control Limit, LCL=Lower Control Limit). Keskeinen ero toleranssirajojen ja ohjausrajojen välillä on, että valvonta kohdistuu menneisyyteen ja ohjaus (prosessi) aina tulevaisuuteen. Prosessin ohjauksessa pyritään hallitsemaan tulevaisuutta, sellaisia asioita, jotka tapahtuvat huomenna. Toleranssirajat ovat numeerista jo tapahtunutta maailmaa ja ohjausrajat tuntematonta tulevaisuutta ns. analyttistä maailmaa.

(Karjalainen 2013.)

Edellä mainitut rajat määrittelevät tuotteille rajat, jotka määrittelevät hyväksyttävät tuotteet. Jos spesifikaatioiden ilmoittama toleranssialue on enemmän kuin prosessin luonnollinen hajonta, ei vaaraa virheellisten tuotteiden syntymisestä tällöin ole. Tässä tapauksessa on kuitenkin mittaustuloksista syntyvän normaalijakauman sijoitettava myös toleranssialueelle. Vaikka jakauma sijoittuisikin keskelle toleranssialuetta, virheellisten tuotteiden syntyminen on todennäköistä, jos luonnollinen hajonta on suuri. Vaikka prosessi olisi hallinnassa, voi huonoja kappaleita silti syntyä. Prosessi voidaan jakaa neljään osa-alueeseen:

- Prosessi ei ole hallinnassa ja virheellisiä tuotteita valmistuu.
- Prosessi on hallinnassa ja virheellisiä tuotteita valmistuu.
- Prosessi ei ole hallinnassa, mutta tuotteet ovat virheettömiä.
- Prosessi on hallinnassa ja tuotteet ovat virheettömiä.

(Lähteenmäki ja Leiviskä 1998, 5.)

Laatuominaisuuksien vaihtelu johtuu muutoksista suuressa joukossa tekijöitä, jotka vaikuttavat näihin ominaisuuksiin. Nämä voidaan yleisesti ottaen luokitella seuraaviin neljään luokkaan:

- 1) materiaalien vaihtelu
- 2) koneiden ja työkalujen vaihtelu
- 3) henkilöiden ja menetelmien vaihtelu (olosuhteet ja ympäristö)

4) mittauksen vaihtelu.

Nämä ovat vaihtelun neljä tyyppiä ja laatuominaisuuksien vaihtelu ilmenee näiden neljän syyn summana varianssin summamenetelmän periaatetta noudattaen. On selvitettävä, miten voimakkaasti nämä osatekijät vaikuttavat laadun vaihteluun ja mitä vaihteluja on ohjattava, sekä on mietittävä keinoja vaihtelujen hallitsemiseksi. Laadunohjauksen perustoimet tehdasympäristössä ovat toistuvat analyysit ja parannustoimet laadun vaihtelun vähentämiseksi. Tärkeintä on, että aloitetaan vähentämällä suuremmasta vaihtelusta, jotta kokonaisvaihtelu vähentyisi. (Kume 1998, 154.)

4 Käytettävät käsitteet ja lyhenteet

Tilastollinen prosessinohjaus tuo mukanaan uusia käsitteitä ja lyhenteitä. Nämä käsitteet on hyvä hallita, vaikka nykyisin tietokone hoitaa suurimman osan laskennallisesta puolesta. Osalle sanoista ei ole olemassa suomenkielistä vastinetta vaan toimitaan englanninkielisten termien kanssa. Matemaattisia termejä käytetään paljon, joten niiltä osin käsitteet ovat jo vakiintuneet. Seuraavassa on esitelty tärkeimpiä käsitteitä ja lyhenteitä Salomäen (1999, 178–188) mukaan:

Perusjoukko, alkio

Sillä tarkoitetaan koko tutkittavaa joukkoa. Kaikki valmistuneet ja tulevaisuudessa valmistettavat samanlaiset tuotteet muodostavat perusjoukon. Alkio on yksittäinen perusjoukon osa.

Näyte, näyte-erä

Kun koko perusjoukkoa ei käytännössä voida tutkia, otetaan silloin otos. Prosessia ei voida tulkita yhden näytteen perusteella, vaan on kerättävä useita. Yleensä otokset ovat vähintään 20 kappaleen näyte-eriä ennen tilastollista tarkastelua.

Keskiarvo

SPC:ssä käytetään yleensä aritmeettista keskiarvoa, joka saadaan laskemalla kaikki mittaustulokset yhteen ja jakamalla summa yhteenlaskettujen mittaustulosten lukumäärällä. Keskiarvo merkitään usein eri tavoin riippuen siitä, millaista erän keskiarvoa haetaan.

Vaihteluväli, R, MR

Vaihteluväli tarkoittaa havaintoaineiston suurimman ja pienimmän tuloksen välistä erotusta. Luku on aina nolla tai sitä suurempi positiivinen luku. Vaihteluvälin tunnuksena käytetään R (engl. range) ja se lasketaan näyte-erän suurimman ja pienimmän arvon erotuksena. Liukuva vaihteluväli MR (engl. moving range) on itseisarvo näytteen ja edellisen näytteen erotuksesta.

Toleranssirajat

Spesifikaatioissa määritelty ylätoleranssiraja USL (Upper Specification Limit) ja alatoleranssiraja LSL (Lower Specification Limit) ovat tuotteissa määriteltyjä rajoja, joiden tarkoituksena on määritellä tuotteille ääriarvot, joiden sisällä niiden on pysyttävä. Muuten tuote on huono.

Valvontarajat

Valvontarajat UCL (Upper Control Limit) ja LCL (Lower Control Limit) määritellään mittaustulosten perusteella lasketun keskihajonnan estimaatin avulla. Rajat sijaitsevat symmetrisesti kolme kertaa keskihajonnan estimaatin verran keskiarvosta, jolloin rajat kattavat 99,73 % kaikista havainnoista. Rajojen ylittävät tekijät kertovat, että prosessiin on vaikuttanut jokin poikkeava häiriötekijä.

Prosessin suorituskykyluvut

Erilaiset prosessin tunnusluvut ilmaisevat prosessin suorituskykyä. Suorituskykyluvut antavat tietoa prosessin kyvystä tehdä vaatimusten mukaisia tuotteita. Luvut voidaan laskea vain, jos prosessi on hallinnassa ja tulokset muodostavat lähes normaalijakauman. Suorituskykyluvut eivät ole tarkkoja, koska niihin vaikuttaa moni ulkoinen tekijä kuten mittausepävarmuus. Maksimisuorituskyky-luku C_p (engl. Capability index) kuvaa, mihin prosessi toleranssivaatimukseen nähden teoriassa pystyy. Yksipuolisen toleranssin tapauksessa sitä ei voida määritellä. C_p saadaan kaavasta:

$$C_p = \frac{UCL-LCL}{6\sigma}$$

σ = Perusjoukon keskihajonta

Koska C_p -luku ei huomioi mitenkään vaihtelun sijaintia, tällöin on otettava käyttöön epäkeskeisyyden korjauskerroin k . Se voidaan kaksipuolisen toleranssin tapauksessa laskea kaavalla:

$$k = \frac{T-\bar{x}}{\frac{1}{2}(UCL-LCL)}$$

T = Prosessin tavoitearvo

\bar{x} = prosessin mittaustulosten keskiarvo.

Kerrointa k käyttämällä voidaan laskea prosessin todellinen suorituskyky-luku C_{pk} .

$$C_{pk} = (1 - k)C_p$$

Suorituskykyluku C_{pk} kuvaa hallinnassa olevan prosessin suorituskykyä huomioiden mittaustulosten keskiarvon sijainnin poikkeaman toleranssialueen keskeltä. Kerrointa k ei tarvita, jos tavoitearvo on keskellä toleranssialuetta. C_{pk} saadaan suoraan laskemalla toleranssirajan ja mittaustulosten keskiarvon etäisyyden suhde vaihtelun puolikkaaseen kaavalla:

$$C_{pk} = \min\left(\frac{UCL - \bar{x}}{3\hat{\sigma}}; \frac{\bar{x} - LCL}{3\hat{\sigma}}\right)$$

Hyvän prosessin vaatimuksena pidetään suorituskykyä $C_{pk} > 1,33$. Tällöin prosessi sallii pienen häiriön ennen toleranssirajan ylittymistä. Tätä pienempi luku tarkoittaa, että prosessi ei ole vakaa ja häiriöitä syntyy jatkuvasti. Kun suorituskyky on hyvällä tasolla, voidaan prosessia kehittää Jatkuvan Parantamisen -menetelmin yhä paremmaksi kuitenkin niin, että koko ajan valvotaan suorituskykyä häiriöiden löytämiseksi.

Keskihajonta

Keskihajonta on matemaattisesti määritelty, joka ilmaisee tulosten leviämisen keskiarvonsa ympärille. Mitä suurempi keskihajonta on, sitä laajemmalle tulokset leviävät. Tunnuksena keskihajonnalle käytetään σ (sigma), kun tarkoitetaan koko perusjoukon hajontaa. Näyte-erästä laskettava keskihajonta merkitään s-kirjaimella. Koko perusjoukon hajonta sekä näyte-erän keskihajonta lasketaan kaavoista:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

σ = perusjoukon keskihajonta

N = perusjoukon koko

x_i = yksittäisen näytteen mittaustulos

\bar{x} = mittaustulosten keskiarvo

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

s = näyte-erän keskihajonta

n = näyte-erän koko

Prosessista voidaan laskea myös kokonaiskeskihajonta S_t . Se kuvaa prosessin tulosten leviämistä keskiarvon molemmin puolin. Kaava on muuten sama kuin näyte-erän keskihajonnalla, mutta tunnus on s_t . Sitä käytetään prosessin hajonnan estimaatin ($\hat{\sigma}_t$) kuvaamiseen.

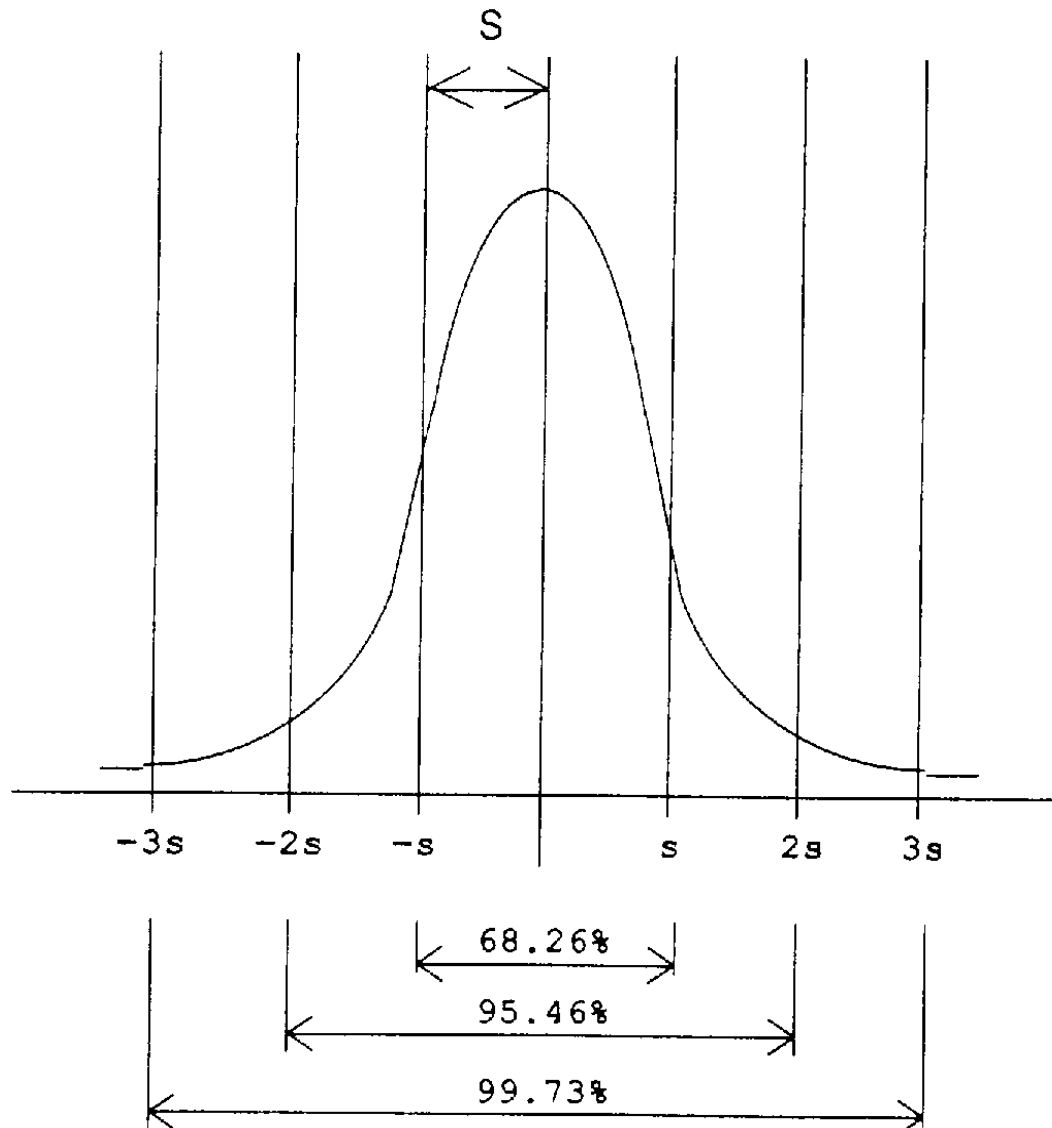
Prosessin vaihtelu, jakauma ja hajonta

Kaikissa prosesseissa on vaihtelua, joka jakaantuu erityisistä ja satunnaisista johtuviin vaihteluihin. Ennen vaihtelun pienentämistä on tunnettava menetelmät ja tunnistettava prosessi, johon toimenpiteet kohdistetaan. Kun tunnetaan prosessin vaiheet ja sen liittymäkohdat muihin prosesseihin voidaan lähteä tutkimaan, missä on jatkuvan parantamisen paikkoja. SPC onkin hyvä tapa kerätä tietoa prosessin ajallisesta vaihtelusta sekä jakaa vaihtelu erityisistä ja satunnaissyistä johtuvaan vaihteluun. (Kokkonen 2007.)

Jos olisi mahdollista koota tiedot prosessista, missä kaikki tekijät (ihmiset, koneet, materiaalit, menetelmät) olisivat täysin vakioita, arvot olisivat täsmälleen samat. Todellisuus on kuitenkin toinen, vaikka olettaisi tiettyjen tekijöiden olevan aina samoja. Annettujen tietojen arvoissa tapahtuu väistämättä vaihtelua, mutta ne eivät ole määritelty sekavalla tavalla. Vaikka arvot muuttuvat joka kerta, niitä hallitsevat tietyt säännöt, ja tällaisessa tilanteessa arvot noudattavat tiettyä jakaumaa. (Kume 1998, 39.)

Todennäköisyysjakaumat ovat tärkeitä tilastollisia menetelmiä. Tärkeimpänä työkaluna SPC:ssä pidetään normaalijakaumaa. Normaalijakauman (kuva 4) määrittelevät keskiarvo ja keskihajonta, josta käytetään myös nimeä sigma. Kun keskiarvoviivan molemmin puolin on yhtä paljon mittausarvoja, puhutaan normaalijakaumasta. Ne jakautuvat yleensä seuraavasti:

- $\pm 1 s$:n sisällä on 68,26 % kaikista mittaustuloksista,
- $\pm 2 s$:n sisällä on 95,46 % kaikista mittaustuloksista ja
- $\pm 3 s$:n sisällä on 99,73 % kaikista mittaustuloksista. (Lähteenmäki ja Leiviskä 1998, 3.)



Kuva 4. Normaalijakauma (Lähteenmäki ja Leiviskä 1998, 4).

Hyvin monet asiat luonnossa noudattavat normaalijakaumaa. Esimerkiksi ihmisten pituus ja paino jakaantuvat normaalijakauman mukaisesti. Tuotantoprosessista ei myöskään voi koskaan saada täysin identtisiä kappaleita. Syynä tähän on tekijöiden vaihtelu. Tuotannollisissa prosesseissa ei valmisteta tuotetta nimellismittaan vaan pyritään saamaan tuote spesifikaatioiden salliman toleranssialueen keskelle. Jos prosessiin vaikuttaa jokin ulkopuolinen häiriötekijä, niin jakaumassa tapahtuu muutoksia. Prosessia seura-

malla ja käyttämällä normaalijakauman kaltaisia kuvantamistapoja, voidaan ennustaa prosessin suuntaa ennen kuin virheellisiä kappaleita alkaa syntyä.

(Lähteenmäki ja Leiviskä 1998, 3–4).

5 Valvontakortit ja SPC-ohjelmisto

Valvontakortti on taulukko, johon mittaustulokset merkitään ja tuloksia havainnollistaa yksi tai useampi graafinen kuvaaja. Valvontakortti voidaan laatia muuttujista eli mitattavista arvoista ja ominaisuuksista eli määristä. Kerätystä tiedosta voidaan ennustaa tulevaa prosessin käyttäytymistä ja löydetään prosessin muutokset. On olemassa useita SPC-ohjelmistoja, jotka tekevät laskennan valvontakorttiin automaattisesti. Esittelen luvussa 5.1 tähän työhön käytetyn ohjelmiston. Valvontakorttityyppejä on kahta tyyppiä: jatkuville arvoille ja epäjatkuville arvoille. (Salomäki 1999, 212; Kume 1998, 94.)

Tärkeintä prosessinohjauksessa on ymmärtää prosessin tila tarkasti valvontakortteja lukien ja tehdä viipymättä oikeanlaiset toimenpiteet, kun mitä tahansa tavallisuudesta poikkeavaa on prosessista löydetty. Prosessi on hallinnassa silloin, kun se on vakaa ja sen keskiarvo ja vaihtelu pysyvät lähes muuttumattomina. Prosessista voidaan saada tietoa jo ennen kuin valvontarajoja on edes ylitetty. Valvontakäyrien tulkitseminen perustuu yleisiin sääntöihin, joita Kumen (1998, 107–109) mukaan ovat seuraavat:

Valvontarajojen ulkopuolella

Pisteet, jotka ovat valvontarajojen ulkopuolella.

Polut

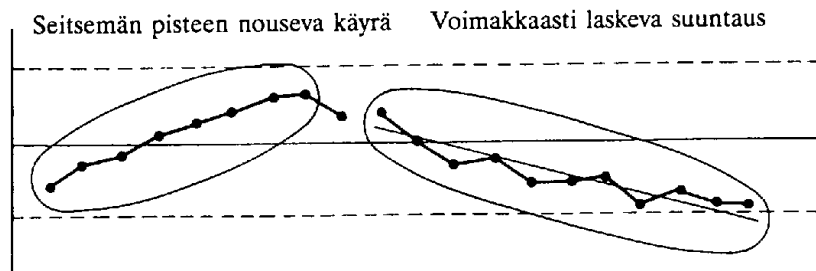
Tässä tilassa pisteet esiintyvät jatkuvasti keskiviivan toisella puolen ja niiden lukumäärää kutsutaan polun pituudeksi. Epänormaalissa tilassa polku ylittää seitsemän pistettä. Seuraavat tapaukset ovat myös epänormaaleja:

- Vähintään 10 peräkkäisestä 11 pisteestä sijaitsee keskiviivan toisella puolella.

- Vähintään 12 peräkkäisestä 14 pisteestä sijaitsee keskiviivan toisella puolella.
- Vähintään 16 peräkkäisestä 20 pisteestä sijaitsee keskiviivan toisella puolella.

Suuntaus

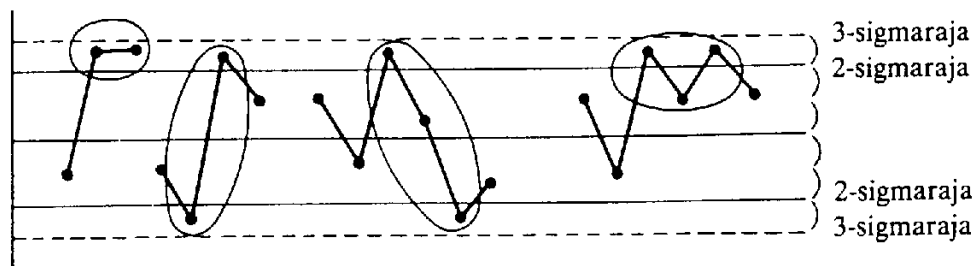
Kun pisteet muodostavat jatkuvan nousevan tai laskevan käyrän (kuva 5), sanotaan, että niillä on suuntaus.



Kuva 5. Suuntaus (Lähtenmäki ja Leiviskä 1998, 26).

Valvontarajojen lähestyminen

Tarkastellaan erityisesti niitä pisteitä, jotka lähenevät kolmen sigman (kuva 6) valvontarajoja. Jos kaksi kolmesta pisteestä esiintyy kahden sigmarajojen ulkopuolella, pidetään tapausta epänormaalina.



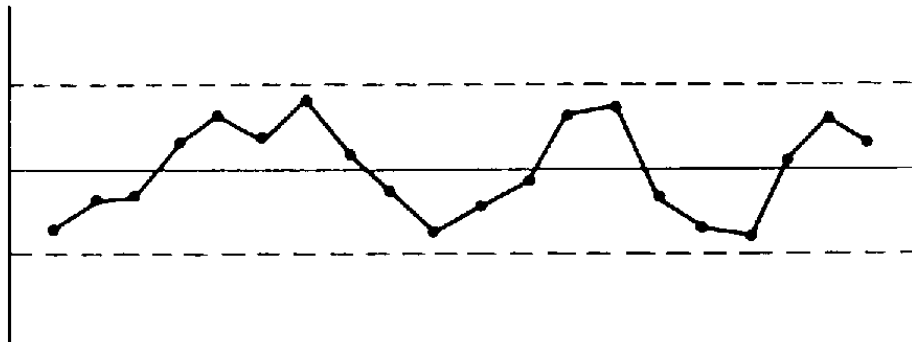
Kuva 6. Valvontarajojen lähestyminen (Lähtenmäki ja Leiviskä 1998, 27).

Keskiviivaa lähestyminen

Suurin osa pisteistä järjestäytyy 1,5-sigmarajojen väliin. Tämä saattaa johtua epätarkoituksenmukaisesta alaryhmiin jaosta. Keskiviivaa lähestyminen ei tarkoita hallittua tilaa, vaan alaryhmien perusjoukkojen arvot ovat liian etäällä valvontarajoista. Tällaisissa tilanteissa tulee muuttaa alaryhmien jakotapaa.

Jaksottaisuus

Kun käyrä (kuva 7) vaihtelee toistuvasti ylös ja alas samalla jaksovälillä, on kyseessä hallitsematon tila.



Kuva 7. Jaksollinen vaihtelu (Lähteenmäki ja Leiviskä 1998, 27).

5.1 SPC-ohjelmisto

Tilastollinen prosessin ohjaus perustuu tiedon käsittelyyn ja matematiikkaan. Saatavilla on suuri joukko erilaisia SPC-ohjelmistoja, joiden käyttämisestä on etua. Tietotekniikka vähentää inhimillisiä virheitä prosessista, mutta tämä edellyttää, että mittaustulokset menevät suoraan tietokantaan ja sieltä valvontakortteihin. Ohjelmistoissa on suuri määrä ominaisuuksia, joilla pystytään tutkimaan prosessia sekä analysoimaan siitä saatavia tuloksia. Päätöksenteko on aina ihmisen vastuulla ja tietotekniikkaa käytetään tulkitsemisen apuna. (Salomäki 1999, 176–177.)

Abloy Oy:lla on nykyisin käytössä kaksi mittakonetta, joista toinen sijaitsee mittahuoneessa ja toinen Lukot-liiketoimintayksikön tuotannossa. Ensimmäisen mittakoneen yhteydessä hankittiin myös Measurlink-niminen ohjelmisto tilastolliseen prosessin ohjauksen tueksi. Myös uudempaan mittakoneeseen on asennettu kyseisen ohjelmisto. Ohjelmiston on valmistanut japanilainen Mitutoyo-niminen yritys. Mittakone käyttää mittaamiseen MCosmos-nimistä ohjelmaa, joka on yhteensopiva Measurlinkin kanssa. Ohjelmien asennukset suoritti valmistaja, joten ohjelma oli valmis käytettäväksi pienien muutoksien jälkeen. Opinnäytetyöni tässä luvussa esitellään Measurlink-ohjelmisto ja sen ominaisuudet lyhyesti pääosin ohjelman manuaalin Measurlink - SPC software for windows (2004) avulla.

Measurlink 6 on SPC:n hallintaan rakennettu ohjelmistokokonaisuus. Ohjelmisto mahdollistaa mittaustietojen liittämisen analogisista mittauslaitteista ja on myös yhteensopivia lukuisten muiden valmistajien mittauslaitteiden kanssa. Ohjelmiston mahdollistaa myös mittaustilanteen reaaliaikaisen seurannan, mittaustietojen rajattoman keruun, hallinnan, analysoinnin, rekisteröinnin, dokumentoinnin ja jäljityksen. Seuraavaksi on esitelty Measurlinkin pääohjelmat lyhyesti, joilla data kerätään ja analysoidaan.

Measurlink SPC Real Time on prosessin hallintaan tarkoitettu tietojen keruu ja analysointijärjestelmä, jolla voidaan vastaanottaa mittaustuloksia reaaliajassa mittauslaitteilta ja saada tuloksia analysoitavaksi, joko graafisessa tai teksti muodossa. Mitattu työkappale voidaan esittää myös monissa eri formaateissa ja esityksiin voi lisätä videokuvaa ja ääntä. Erilaisia raportteja voidaan myös tulostaa ja käyttää laskimen funktioita mittaustulosten laskemisessa.

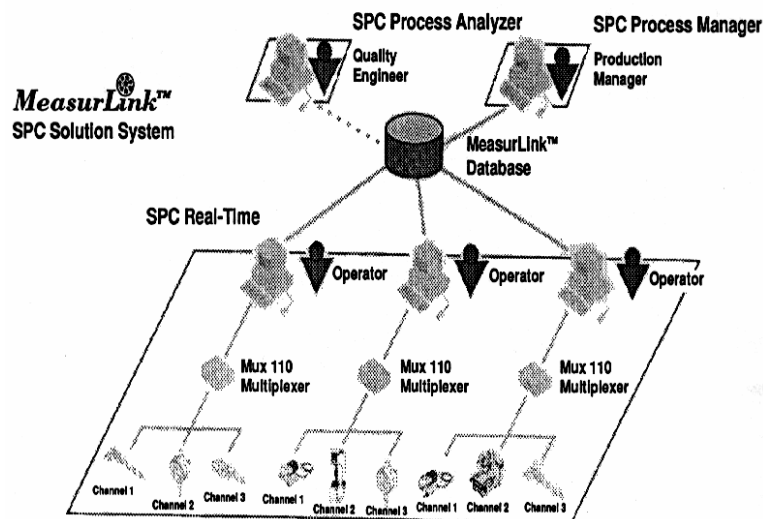
Measurlink SPC Real Time Plus sisältää edellä mainitut ominaisuudet ja toiminnot. Ohjelmassa on lisäominaisuuksia, kuten useampien tarkastusominaisuuksien esitys samanaikaisesti. Se myös tukee enemmän tiedostoformaateja kuin Measurlink SPC Real Time.

Process manager on tilastollisen prosessin ohjauksen tietojen seurantajärjestelmä. Kun tiedot on kerätty Measurlink tietokantaan, tämän jälkeen Process manager näyttää kaikki käynnissä olevat mittaukset reaaliajassa. Erilaisia kaavioita ja histogrammeja on myös saatavilla käyttäjän tarpeiden mukaan.

Gage R&R ohjelmaa käytetään mittalaitteiden suorituskyvyn ja toistettavuuden testaamiseen. Ohjelmalla voidaan myös laatia tarkastusraportteja käyttäjän tarpeiden mukaan.

Gage management on mittalaite ja kalibrointijärjestelmä, johon tallennetaan kaikki tiedot mittalaitteista ja kalibroinneista. Järjestelmään tallentuu myös Gage R&R tutkimukset sekä kalibrointitallenteet, jotka tallentuvat pysyvästi tietokantaan myöhempää tarkastelua varten.

Process analyzer on prosessin analysointia varten tehty osio, jossa voidaan laatia erilaisia raportteja ja yhteenvetoja mittauksista ja seurata korjaustoimenpiteitä. Ohjelmalla voi yhdistää, suodattaa, verrata ja tulostaa tietoja SPC-tietokannasta. Kuva 8 havainnollistaa Measurlink-verkkoympäristöä.



Kuva 8. Measurlink verkkoympäristö (Measurlink 2004).

Process Analyzerissa on useita erilaisia valvontakorttivaihtoehtoja. Ne kuvaavat prosessin kykyä tehdä valmistettavia kappaleita annettujen toleranssien mukaan. Valvontakortit tarjoavat tietoa, milloin ja miten paljon prosessia tulee säätää paremman laadun aikaansaamiseksi tuotteeseen ja huomauttaa, kun prosessin tila on vakaa. Epänormaali vaihtelut näyte-erän aikana tai näytteiden välillä tunnistetaan valvontakortteja käyttämällä. Työkalujen kulumiset, käyttäjien erot ja vialliset materiaalit saadaan myös kiinni Process analyzerin valvontakortteja käyttämällä. (Measurlink 2004.)

Seuraavassa yhteenveto eri valvontakorttityypeistä Measurlink - SPC software for Windows (2004) mukaan:

X-Bar and R Chart

Kutsutaan keskiarvo kortiksi, koska se kuvaa näytteen keskiarvoa. Se sisältää prosessin kuvaajan keskiarvosta (\bar{x}) ja vaihteluvälistä (range). Korttia käytetään valtaosin koneprosesseissa. Kortilla päästään käsiksi terän kulumiseen, äkkinäiseen lämpötilan nousuun, materiaalimuutoksiin ja työntekijöiden työtavoista johtuviin eroihin. Kuvaajat näyttävät alaryhmän keskiarvot, missä 3-sigman valvontarajat on määritetty käyttämällä range-laskentaa.

X-bar and S Chart

X-bar and S Chartin avulla tutkitaan prosessin käyttäytymistä kohteen keskiarvon suhteen. Kortissa on kaksi kuvaajaa, joista toinen kuvaa prosessin keskiarvoa (\bar{x}) ja toinen keskihajontaa (sigma). X-bar-kortit kuvaavat, mihin prosessi on keskittynyt. Jos X-bar-kortti on normaali, prosessin keskikohta ei vaihtelee. Jos taas X-bar-kortti näyttää trendin, prosessin keskikohta nousee tai laskee. Jos taas X-bar-kortti on arvaamaton tai poissa ohjauksesta, jotain on muuttumassa pysyvästi.

Run Chart

Run Chart on kuvaaja, missä yksittäiset arvot näytetään Y-akselilla ja niiden aikajärjestys x-akselilla. Tämän tyyppisellä kortilla käyttäjä voi seurata prosessia hetki hetkeltä. Run Chart tietoa voi turvallisesti verrata spesifikaatorajoihin, koska se ei muodosta keskiarvoa mittaustuloksista kuten X ja Moving Range Chart tekevät.

Pre Control Chart

Pre-Control Chart on R-kortti, jossa pre-control rajat on määritetty toleranssin tavoitearvon ja tuotteen tai asiakkaan määrittelemien toleranssirajojen puoliväliin. Jos näytteen tarkastus osoittaa jatkuvasti tuotteiden olevan näiden rajojen välissä, voidaan olettaa kaikkien tuotteiden olevan rajojen sisällä.

Individual & Moving Range Chart

Valvontakortista käytetään nimitystä liikkuvan vaihteluvälin kortti tai IMR-kortti. Kortin yläosassa näkyy mittaustulosten yksittäiset mittaukset, ja liikkuvan vaihteluvälin kuvaaja näyttää perättäisten arvojen vaihteluvälin. Tämä antaa käyttäjälle paremman kuvan prosessin pitkäaikaisesta käyttäytymisestä. Valvontakorttia suositellaan käytettäväksi juuri erävalmistuksessa.

Histogram

Histogrammia ei käytetä samalla tavalla kuin valvontakortteja. Siitä käytetään nimitystä frekvenssijakauma ja se näyttää ainoastaan mennyttä tietoa. Tiedot jaetaan pylväspalkkeihin prosessista saatujen mittaustulosten arvoista. Histogrammin muoto antaa käyttäjälle tietoa prosessin käyttäytymisestä. Lähteenmäen ja Leiviskän (1998, 16–17) mukaan histogrammi-muotoja ovat seuraavat: normaalimuoto, kampamuoto, positiivinen/negatiivinen vino, vasemman-/oikeanpuoleinen vino, tasahuippumuoto, kaksois-huippumuoto ja erillishuiput.

Process Analyzer sisältää myös erilaisia valvontakortteja ominaisuuksien tutkimiseen Measurlink - SPC software for Windows (2004) mukaan seuraavasti:

P Chart

P-Korttia käytetään hallitsemaan poikkeamaa. Se lasketaan vertaamalla poikkeamia koko populaatioon. Valvontakorttia käytetään erityisesti meno/hylky -tulkkien sekä rek-lamaatioiden apuna. Korttia voi myös täyttää käsin.

Np Chart

NP Chart-kortti on samankaltainen p-kortin kanssa, mutta se näyttää tiedot pelkästään poikkeavista kappaleista ja niiden vaihtelusta.

C Chart

C Chart on ominaisuuskortti, jonka tarkoituksena on hallita poikkeamien määrää. Poikkeama on vain yksi laatuominaisuus, joka ei vaikuta kappaleen vaatimuksiin.

U Chart

U Chart-korttia käytetään poikkeamien hallitsemiseen yksikköä kohti. Korttia käytetään sovelluksissa kuten suoritettut työt päivässä tai tunnit työtä kohden.

Pareto Chart

Kortin avulla pystytään seulomaan merkittävimpien tekijöiden vaikutukset suuresta havaintoryhmästä. Pareto-valvontakorttia voi käyttää apuna vika-analyysissä, jolloin saadaan kiinni suurimmat vian aiheuttajat prosentteina sekä korjaustoimenpiteiden järjestyks.

5.2 Mittausepävarmuus

Kaikkien prosessien kelpoisuus ja vaihtelu selvitetään mittaamalla. Mittaamisen ongelma on, että tarkkakin menetelmä antaa tulokseksi vain mittauskohteen likiarvon. Prosessi itsessään sisältää siis myös mittausprosessin vaihtelua. Prosessista saadaan mittaamalla sitä tarkempia tuloksia kun parannetaan mittausjärjestelmän suorituskykyä. Mittaamalla saatua tulosta ei voida pitää vaihtelun kannalta ehdottomana totuutena vaan voidaan määrittää rajat, joiden sisällä mittaustulos on tietyllä varmuudella. Standardit ISO 9000 ja QS-9000 vaativat, että mittausepävarmuus pitää tuntea. Usein kuitenkin ulkoinen vaatimus on muodollinen syy mittausepävarmuuden tutkimiseen.

(Salomäki 1999, 133.)

Mittaustulosten vaihtelu suhteessa todelliseen mittaan aiheuttaa sen, että prosessin laaduntuntuokyvysta saadaan todellista huonompi kuva. Suuri mittausepävarmuus voi pahimmillaan johtaa turhiin kehitystoimenpiteisiin tai hylättävien kappaleiden hyväksymiseen. Mittausprosessin suorituskyvyn eli mittausepävarmuuden selvittämiseksi paras

tapa on toistaa samojen näytteiden mittauksia useita kertoja. Samasta näytteestä pitäisi saada sama tulos, mutta käytännössä samakin mittaaja saa erilaisia tuloksia mittausepävarmuudesta johtuen. Mittausjärjestelmä saattaa olla reagoimatta mittaushetken muutoksiin, jolloin prosessista voidaan saada todellista parempi kuva. Yleinen sääntö on, että mittaustulosten tulisi olla pystyttävä jakamaan toleranssialue vähintään kymmeneen osaan. Mittausjärjestelmää ei voi pelkästään arvioida sen tarkkuuden perusteella, vaan siihen vaikuttaa myös monet muut asiat kuten järjestelmän käyttökustannukset, tuloksen saannin nopeus, järjestelmän pysyvyys ja kalibroituavuus. (Salomäki 1999, 133–134.)

5.3 Mittausjärjestelmän suorituskyky

Mittausjärjestelmän suorituskykyyn vaikuttaa useampi tekijä. Tärkeimpiä tekijöitä ovat kohdistus, toistettavuus, uusittavuus, pysyvyys, lineaarisuus, näytevaihtelu ja näytteen vaihtelu. Yleissääntö on, että luotettavan mittaustulosten kokonaisvaihtelu tulisi olla korkeintaan 10 % prosessin toleranssialueesta. Kohdistus tarkoittaa mittaustulosten antaman tuloksen poikkeamaa tosimitasta. Tulosta pidetään hyvänä, jos tulos on aina hyvin lähellä tosimitasta eli poikkeama on pieni. Kohdistusvirhe on luonteeltaan systemaattinen ja sitä vähennetään kalibroinnilla. Toistettavuudella tarkoitetaan hajontaa, joka syntyy tuloksiin saman mittaajan mitattaessa kohdetta samoissa olosuhteissa useamman kerran. Tuloksia pidetään hyvänä, jos sama mittaaja saa lähes samat tulokset jokaisella kerralla. Toistettavuusvirhe syntyy hyvin pienistä tekijöistä kuten mittalaitteen sisäisistä kitkoista tai välilyksistä. Uusittavuudella tarkoitetaan hajontaa, joka syntyy tuloksiin eri mittaajien mitattaessa saman kohteen samalla mittalaitteella. Uusittavuutta pidetään hyvänä, jos eri henkilöt saavat samoja mittaustuloksia. Uusittavuusvirhe johtuu mittaajien välisistä menetelmän ja tekniikan eroista. (Salomäki 1999, 134.)

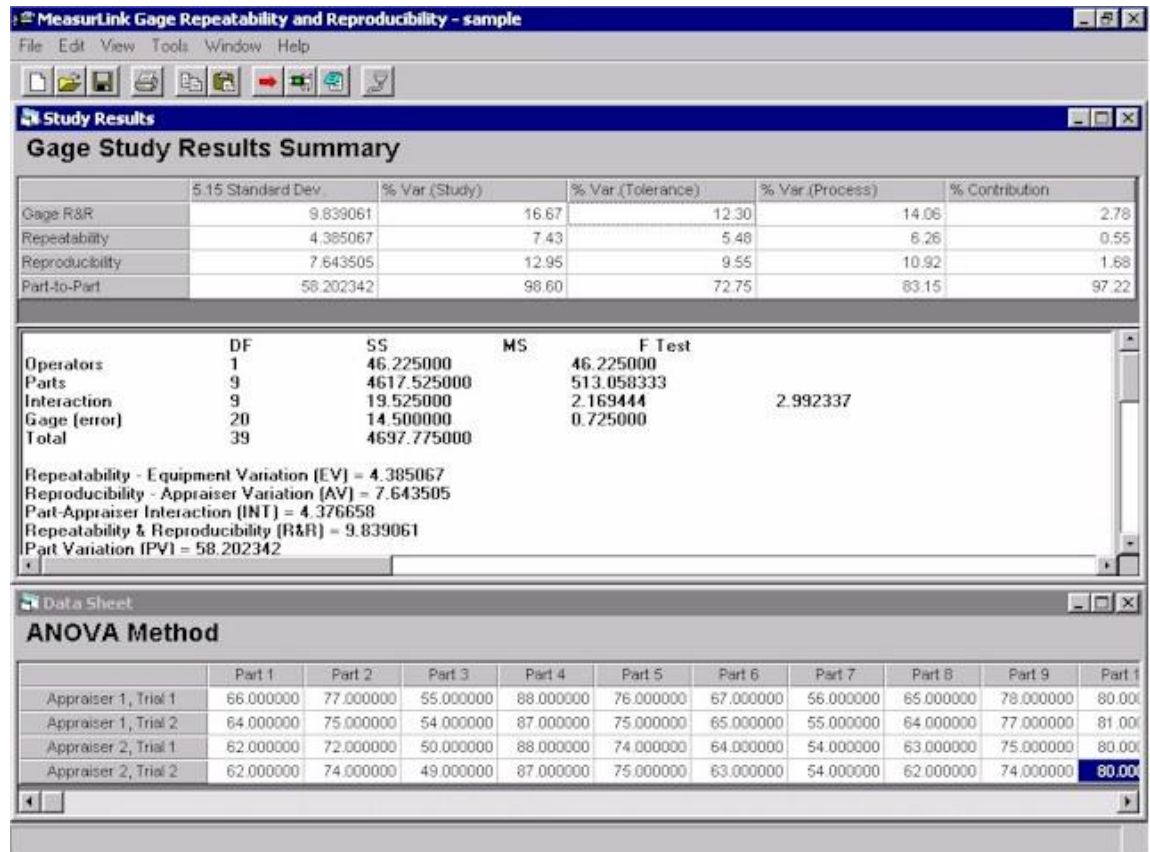
Pysyvyys tarkoittaa mittaustulosten hajontaa, joka todetaan verrattaessa samalla mittavälillä samasta kohteesta pidemmällä aikavälillä saatuja tuloksia. Pysyvyyden selvittämiseksi on otettava mittaustuloksia määrävälillä, joiden keskiarvoa ja vaihtelua seurataan esimerkiksi x/MR -kortilla. Pysyvyyden selvittelemiseksi syntyy mittalaitteen kulumisesta, kitkan ja välilyksien muuttumisesta, sekä ympäristön muutoksista. Lineaarisuus ja epälineaarisuus tarkoittavat kohdistuksen muutosta mittaväliseen mittaustulokseen. Lineaarisuus on suoraviivainen, jolloin virhe on suhteellinen mittaustulokseen nähden. Epälineaari-

suus on tilanne, jossa mittalaite on kulunut joltakin osuudelta niin, että kitka on erilainen. Tässä tilanteessa kalibrointi on suositeltavaa. Näytevaihtelu on näytteiden keskinäistä vaihtelua. Vaikka se ei suoraan vaikuta mittausepävarmuuteen, on se silti osa mittausprosessia ja antaa lisätietoa normaalissa laadunvalvonnassa todettuun prosessin vaihteluun. Näytteen vaihtelulla tarkoitetaan näytteen sisäistä vaihtelua, joka vaikuttaa osaltaan mittausepävarmuuden määrittämiseen. Esimerkiksi kovuuden mittauksessa vaihtelee testipalan kovuus hieman pinnan eri kohdissa. (Salomäki 1999, 137–139.)

5.4 Gage R&R -testin teoria

Gage R&R on testimenetelmä, jolla määritetään prosessin uusittavuuden (reproducibility) ja toistettavuuden (repeatability) yhteisvaikutuksen prosentteina toleranssialueesta tai prosessin mitatusta vaihtelusta. Se antaa huolellisesti tehtynä hyvän tuloksen mittausepävarmuudesta. Yleensä mittausepävarmuus ilmoitetaan 95 %:n tai 99 %:n luottamustasolla, riippuen laskentamenetelmästä. On kuitenkin muistettava, että mittausepävarmuuden määrittämiseenkin liittyy mittausepävarmuutta. Ford, GM ja Chrysler ovat laatineet Gage R&R-testin alihankkijoilleen, joka on myöhemmin yleistynyt laajaan käyttöön. (Salomäki 1999, 140.)

Measurlink-ohjelmistossa on myös ohjelma mittausepävarmuuden määrittämiseen. Abloy Oy ei ole nähnyt tarpeelliseksi hankkia ohjelmaa käyttöönsä vaan vastaavat testit suoritetaan Minitab-ohjelmalla. Mitattavasta kappaleesta tulee ensin tehdä ohjelma tietokantaan, jos löytyy mitat sekä toleranssit. Testi onnistuu myös manuaalisesti määrittämällä mitat testiä käynnistettäessä. Ohjelmaa kysyy ensin testin tyyppiä, joita on kahdeksan erilaista. Seuraavassa ikkunassa määritetään mitaajien lukumäärä, kappaleiden lukumäärä sekä mittauskertojen lukumäärä. Kun nämä asiat on valittu, määritetään mittalaitteen tyyppi valikosta. Tämän jälkeen testi on valmis ja mittauksien jälkeen ohjelma tuottaa raportin R&R -testistä. Testin suoritusapoja on olemassa kaksi. Pitkä menetelmää käyttäen voidaan erotella uusittavuus ja toistettavuus. Lyhyt menetelmä tarjoaa taas nopeamman keinon mittausepävarmuuden määrittämiseen, mutta tulokset ovat vain likiarvoja pitkään menetelmään verrattaessa. Kuvassa 9 näkyy tyypillinen Gage R&R -testiraportti.



Kuva 9. Gage R&R-testiraportti (Measurlink 2004).

Measurlink Gage R&R-testistä saadaan selville:

- kokonaisvaihtelu
- mittajan aiheuttama vaihtelu
- mittatyökalun vaihtelu
- tutkittavan kohteen vaihtelu.

R&R-tulosta verrataan toleranssialueeseen, jolloin alle 10 % mittausepävarmuus on hyvä. Jos tulos on välillä 10–30 %, on tilanne arvioitava tyydyttäväksi epävarmaan mitausmenetelmään. Yli 30 % mittausepävarmuus on liian suuri, joten mitaustuloksia voidaan pitää vain suunta-antavina. (Salomäki 1999, 141.)

6 SPC-toimintamallin käyttöönotto

Abloy Oy:n Lukot -liiketoimintayksikön tilastollinen prosessin ohjaus on tarkoitus ottaa käyttöön aluksi neljällä koneistuskeskuksella ja myöhemmin myös muissa soluissa Prosessin ohjauksessa käytetään hyväksi solussa olevaa Mitutoyo-mittalaitetta, johon on asennettu Measurlink SPC-ohjelmisto. Tarkoituksena on, että koneistajat osaisivat käyttää mittalaitetta apuna prosessin tilaa arvioidessa sekä parannettaessa.

6.1 Koneistuskeskukset

Rakennuslukuituksen puolella on käytössä viisi CNC-ohjattua koneistuskeskusta, joista kukin on suunniteltu omiin käyttötarkoituksiin. Kaksi konetta on merkiltään Index, yksi Traub, yksi Deco ja yksi kuusikarainen Index. Koneistussolussa on yhteensä neljä työntekijää, jotka toimivat kahdessa vuorossa. Koneistajat ohjelmoivat itse käytettävät työstöohjelmat, johon heillä on käytössään tietokone tätä varten. Ohjelmia ei joka kappaleeseen tarvitse tehdä uudestaan, vaan pohjat ohjelmille on laadittu aikaisempina koneistuskertoina. Koneistajien tehtäviin kuuluu myös valvoa prosessia niin, että työstettävät kappaleet ovat laadultaan hyväksyttäviä. Koneistettavat kappaleet tehdään pääosin messinkitangoista, joita konekohtaisesti voi olla erikokoisia. Myös terästä käytetään työstettävänä materiaalina.

Tilastollista prosessinohjausta sovellettaessa yksikköön, tulee prosessi tuntea hyvin, jotta korjaavat toimenpiteet osattaisi tehdä oikein. Virheiden tunnistaminen sekä korjaavien toimenpiteiden tekeminen vaatii pitkän kokemuksen koneiden kanssa työskentelemisestä eli tässä tapauksessa koneistajan pätevyyden ja vuosien kokemuksen koneiden toiminnasta.

6.2 Koordinaattimittaus

Koordinaattimittauksella tarkoitetaan koordinaattien määrittämistä avaruudessa tai tasossa. Koordinaattimittauskoneella määritetään mekaanista tai optista anturia liikuttamalla kohteesta kappaleen koordinaatit. Kappalegeometria muodostetaan yksittäisistä mitatuista pisteistä. Koskettavalla mittauskärjellä pisteet ovat aina kappaleen pinnalla. Koordinaattimittauksessa koneiden koordinaatisto tulee tuntea. Yleisesti koneiden liikkeet on nimetty karteesian suorakulmaisen koordinaatiston mukaisesti X, Y ja Z ja niiden ympäri pyörivät akselit A, B ja C. Vertikaali eli pystysuunta on Z. Päätaso eli vaakataso on X ja Y on yleensä mittaajasta poispäin oleva suunta. Kappaleen koordinaatisto on tehtävä kappaletta ohjelmallisesti suunnattaessa. (Tikka 2007, 16, 25, 29–30.)

Laadunvalvonnan apuvälineenä Abloy Oy:lla on kaksi Mitutoyo Crysta Apex -mittalaitetta. Mittahuoneessa mittauksista ja ohjelmien laadinnasta vastaa yksi pääkäyttäjä. Hän on saanut tarvittavan koulutuksen mittalaitteelle toimittajalta ja opiskellut myös itse laitteen käyttöä. Tuotannossa sijaitseva mittakone on yhteisessä käytössä ja siitä vastaa pääasiassa alikäyttäjät eli koneistajat. Mitutoyo Crysta Apex C on CNC-ohjattu koordinaattimittauskone, joka perustuu mittakärjillä suoritettavaan mittaukseen. Mittalaitetta hallitaan normaalilla tietokoneella, jolla käytetään Windows-pohjaista ohjelmaa. Mittalaitteen ohjelmistona käytetään MCosmos -nimistä ohjelmaa, jonka kautta tehdään kaikki mittausohjelmat mittakoneelle. Mittakoneen liikeakseleita liikutetaan koneen omalla ohjauspaneelilla. Crysta Apex C 574 -mallissa (kuva 10) pöydän koko on 638 mm x 1160 mm ja kappale voi enimmillään olla 545 mm korkea. Mittakärkien lisäksi kyseiseen koneeseen on mahdollista saada lisävarusteena QVM-konenäköanturi, jonka avulla pystytään mittaamaan hienoja ääri viivoja ja ohuita sekä elastisia kappaleita. (Mitutoyo Crysta Apex C Bulletin No. 1809, 2006.)



Kuva 10. Mitutoyo Crysta Apex C 574 (Techspex 2013).

Ennen ohjelmointia tulee miettiä valmiiksi kappaleen kiinnitys, jigien käyttö kiinnityksessä ja tarvittavat mittakärjet. Mittakoneen mittaaminen tapahtuu niin, että kappaleesta luodaan mittaohjelma tietokoneella, johon määritetään mitattavat piirteet, toleranssit ja tulostukseen liittyvät määritteet. Mitattava kappale asetetaan mittakoneen pöydälle jigijä hyväksi käyttäen. Mittakoneella määritetään kappaleen sijainti ottamalla kunkin koordinaattiakselin nollapisteet kappaleesta. Edellä mainittujen asioiden jälkeen voidaan ohjelma ajaa läpi ja näin saadaan mittaustulokset näkyviin mittaohjelman mukaisesti. Ohjelmaa tehdessä voi määrittää piirteet, joita haluaa tutkia tilastollisen prosessin ohjauksen avulla. Mittauksen jälkeen ohjelma lähettää tiedot Measurlink-tietokantaan, josta tuloksia voi seurata reaaliajassa tai analysoida myöhemmin.

6.3 Tilastollisen prosessinohjauksen soveltaminen

Tilastollisen prosessinohjauksen käyttöönoton aikana koneistettaville osille oli jo valmiiksi tehty mittaohjelmat pääkäyttäjän toimesta. Näitä mittaohjelmia tulee jatkossa muuttaa niin, että tutkittavista kappaleista prosessin seurannan kannalta tärkeät mittatiedot siirtyvät eteenpäin SPC-tietokantaan.

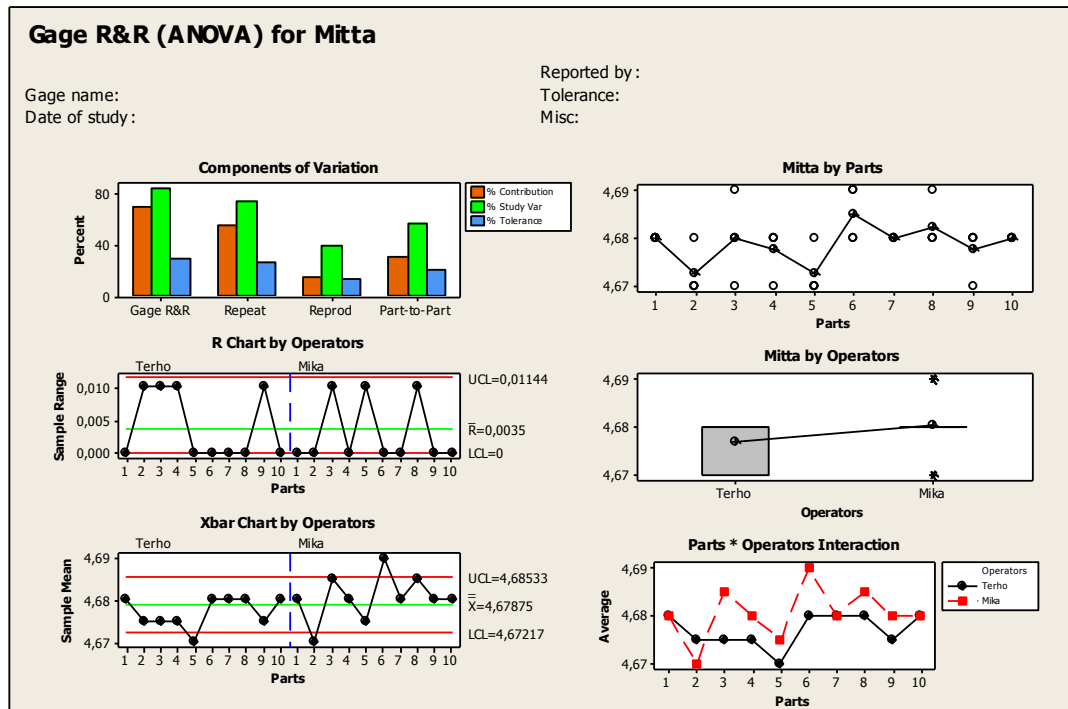
Measurlink-ohjelmistossa erilaisia valvontakorttityyppejä on useita erilaisia. Toimeksiantajan puolelta ei ole tullut erikoistoiveita tietyn korttityypin valitsemiseksi, vaan tarkoitus on tarvittaessa ottaa valvontakortit käyttöön, jos tarvetta ilmenee. Pääpaino tulee olemaan prosessin reaaliaikaisessa ohjauksessa. Koska tuotanto on erävalmistusta, on hankala nähdä riippuvuutta tuotantoerien välillä. Raporttien ja erilaisten analyysien käyttö voisi olla parempi tapa ohjata prosessia.

7 Toimintamallin toteutus

Koemittaukset päätettiin suorittaa tuotannon mittakoneella, kun Measurlink-ohjelmisto saatiin asennettua mittakoneen tietokoneelle. Tilastollisen prosessinohjauksen menetelmät tulivat tutuksi Abloy Oy:lla järjestetyssä SPC-koulutuksessa, jossa mukana oli myös koneistajia. Tilastollinen prosessinohjaus ei siis ollut tuntematon asia koemittaus-ten alkaessa. Mittajärjestelmän suorituskyky testattiin Gage R&R -testillä, jolla varmistettiin mittajärjestelmän olevan kunnossa sekä soveltuvan tuotantosarjojen mittaamiseen. Tuotannosta pyrittiin etsimään sopiva tuotantosarja toimintamallin pohjaksi ja josta saataisiin pidemmän aikajakson mittatietoa kerättyä SPC:hen. Ideana oli seurata prosessia reaaliaikaisesti koneistuksen aikana sekä tarvittaessa tehdä muutoksia prosessiin ja näin havaita konkreettiset hyödyt prosessin parantamiseksi.

7.1 Mittausepävarmuuden määrittäminen sylinterillä

Mittausepävarmuuden määrittäminen suoritettiin tuotannon koordinaattimittakoneella. Testi tehtiin tuotannon CY001 T-sylinterille ja laskennat suoritettiin Minitab-ohjelmalla. Testi suoritettiin 17.5.2013. Mittaajina toimi kaksi henkilöä, jotka mittasivat kymmenen sylinteriä kahteen kertaan. Mittauksia tuli kaikkiaan 40 kappaletta. Mittaohjelma mittasi yli kymmenen erilaista piirrettä ja niistä valittiin yksi mittatulos, josta tulokset kerättiin ylös. Ylätoleranssiksi määritettiin +0,05 ja alateranssiksi kappaleen nimellismitta. Saadut mittatulokset syötettiin Minitab-ohjelman Gage R&R -testiosioon. Ohjelmasta valittiin raportiksi kattava ANOVA eli varianssianalyysi (kuva 11).



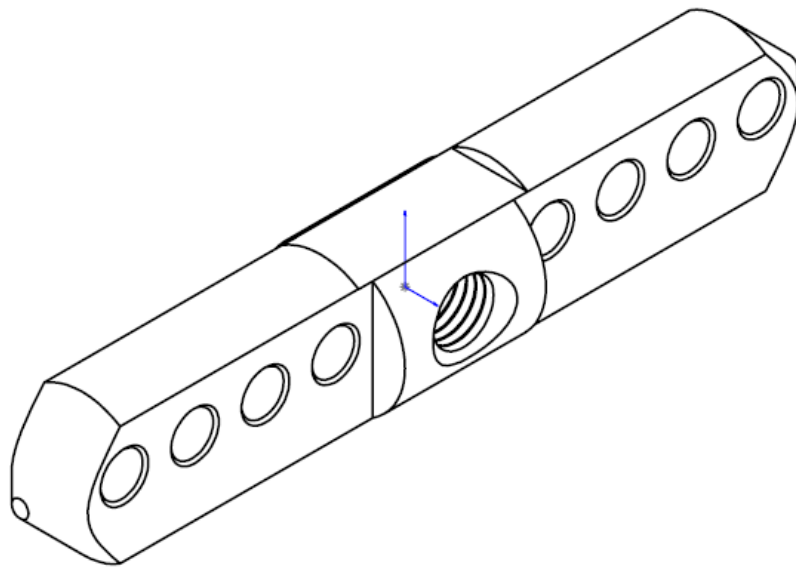
Kuva 11. Minitab Gage R&R -raportti (Abloy Oy:n sisäinen tietokanta 2013).

Tuloksista havaittiin, että vaihtelua syntyi yllättävän paljon. Toistettavuutta ja uusittavuutta verrattaessa toleranssialueeseen kokonaistulokseksi saatiin 29,53 %. Mittaajien aiheuttama vaihtelu toleranssialueeseen nähden oli 13,65 %. Arvot pysyivät alle 30 %, jota pidetään kohtalaisena tuloksena. Tulosta ei kuitenkaan pidetty hyvänä. Mittausepävarmuus johtui osaltaan kiinnitysjigin aiheuttamasta puristuksesta kappaleeseen, johon mittaja oleellisesti pystyi vaikuttamaan. Myös tehtaan olosuhteet aiheuttivat varmasti vaihtelua mittauksiin. Testin suorittaminen vie paljon aikaa, mutta se kannattaisi tehdä kaksi kertaa vuodessa, jotta tuloksiin pystyttäisi luottamaan varmasti.

7.2 Kiinnitystapin mittaus

Mittauskohteeksi päätettiin ottaa koneistuksesta sellainen tuote, joka antaisi parhaan kuvan koneistettavien osien prosessista. Kiinnitystapin avulla kaksi DIN-malliston avainpesää niitataan yhteen yhdeksi kokonaisuudeksi. Kyseisiä lukkomalleja menee lähinnä vientiin. Kiinnitystappi koneistetaan 10 mm:n pyörötangosta, mutta ennen koneistusta kappale katkaistaan määrämittaen. Kiinnitystapin (kuva 12) mittaohjelmasta määritettiin kaikkiaan kuusitoista mittausta, joiden haluttiin menevän tietokantaan. Todel-

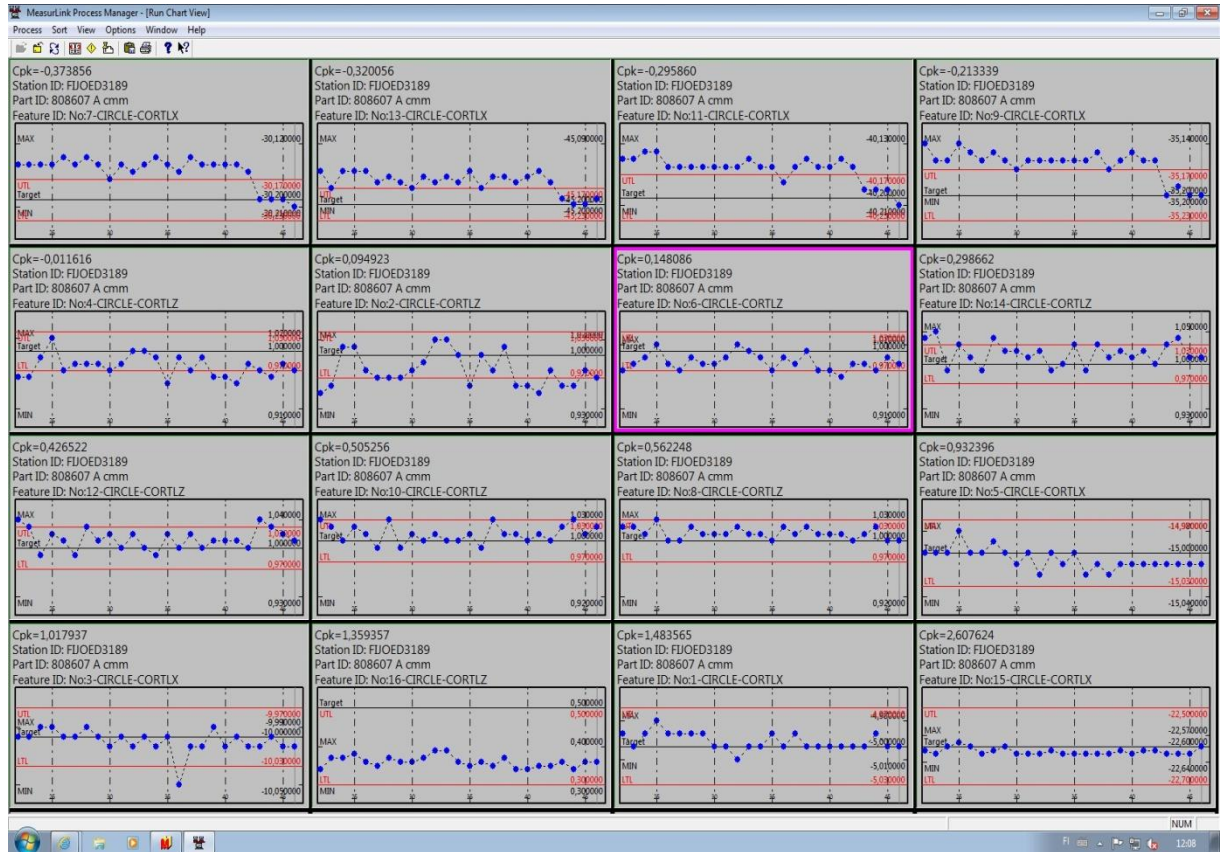
lisuudessa olisi riittänyt toiminnan kannalta kriittisimmät mitat, mutta haluttiin varmistua, että tietoa on riittävästi analysoitavaksi. Tuotantosarja koneistettiin välillä 16.4. - 23.4.2013. Sarjakooksi oli määritetty 5500 kappaletta. Sarjan mittaaminen tapahtui niin, että aamu- ja iltavuoron koneistajat ottivat näytekappaleet aikajärjestyksessä talteen, minkä jälkeen kappaleet mitattiin järjestyksessä mittakoneella. Mittatulokset tallentuivat Measurlink-ohjelmiston tietokantaan aikajärjestyksessä, joten voitiin olla varmoja mitaustulosten oikeellisuudesta. Mittaushenkilönä toimi sama henkilö koko sarjan ajan. Näytekappaleita kertyi yhteensä 46 kappaletta kyseisenä ajanjaksona.



Kuva 12. Kiinnitystappi (Abloy Oy:n sisäinen tietokanta 2013).

Sarjan aikana sai selvän kuvan prosessin tilasta. Ohjelma näytti mittojen kohdalla punaista, jos suurta vaihtelua syntyi ja vihreällä se näytti vaihtelun vähyyden. Keltainen väri varoitti vaihtelun kasvavan. Sarjan aika havaitsimme mitoissa suurta vaihtelua toleranssirajojen sisällä, mutta todennäköisesti se johtui osaltaan prosessin aikana hajonneesta ilmanpaineventtiilistä, jonka vuoksi kone keskeytti toiminnan ja sarja aloitettiin uudestaan. Prosessia pyrittiin seuraamaan myös reaaliajassa, jotta virheet havaittaisiin nopeasti. Process Manager Run Chart-kuvaajasta (kuva 13) näkyi jokaisen mittauserän reaaliaikainen muutos. Kuvassa näkyy kuinka suorituskyky C_{pk} on lähes kaikissa alle 1, joten voidaan katsoa, että prosessi ei ole hallinnassa. Sarjan aikana ilmeni reikien pitkittäissuunnassa virhettä, joten päätimme tehdä korjaavan toimenpiteen vir-

heen poistamiseksi. Korjaustoimenpide onnistui ja saimme heti näkyvät tulokset ruudulle onnistumisesta.



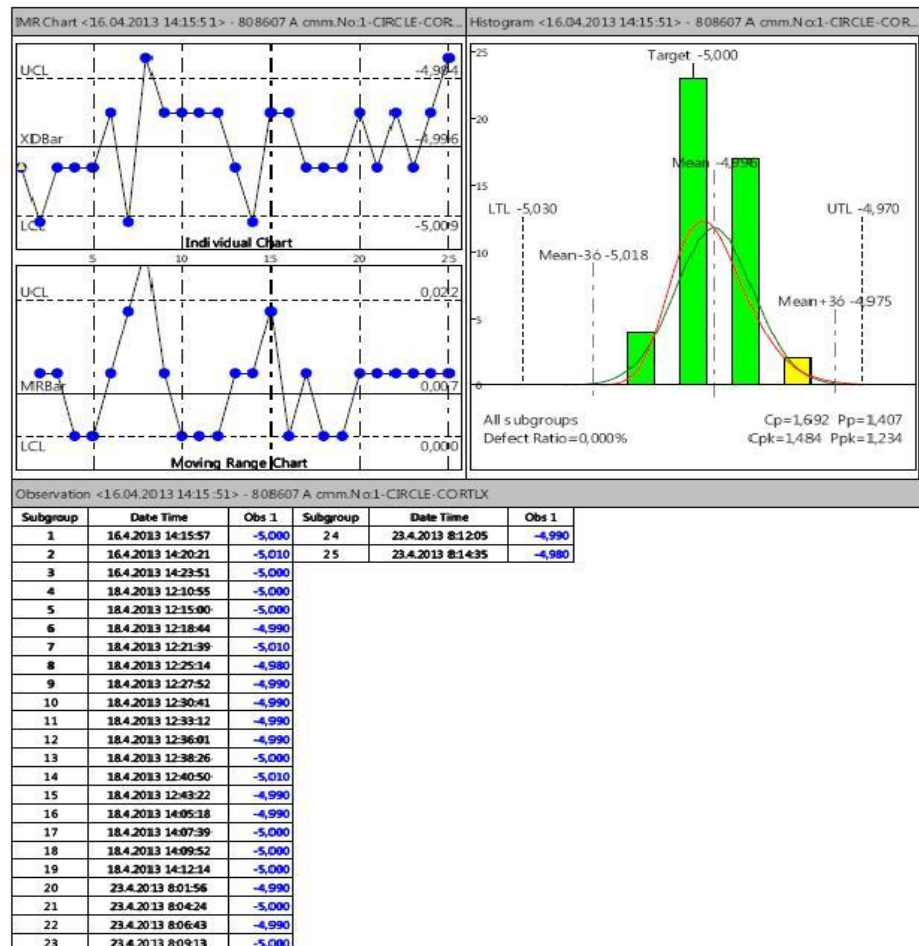
Kuva 13. Run Chart-kuvaaja mittauksista (Abloy Oy:n sisäinen tietokanta 2013).

Tulevaisuudessa olisi järkevää saada raportteja ulos prosessista, jotta voitaisiin konkreettisesti näyttää prosessin tilan olevan huono tai hyvä. Process analyzerin kautta voi esimerkiksi tulostaa Process analyzer report-nimisen (kuva 14) raportin. Raportissa näkyy kappaleen yhden mittapiirteen perustiedot sekä mittausajankohta. IMR-kortti antaa tietoa yksittäisten pisteiden vaihtelusta ja kahden pisteen liukuvan vaihteluvälin itseisarvon erotuksen keskiarvon Tietoja voi hyödyntää huonojen sarjojen etsinnässä, jos laatuvirheitä havaitaan osakokoonpanossa tai asiakkaalla myöhemmässä vaiheessa.

MeasurLink Process Analyzer Report

Report Date: 17.5.2013 15:22:37
 Run ID: 16.04.2013 14:15:51
 Inspection Routine: 808607 A cmm
 Start Date: 16.04.2013 14:15:59
 End Date: 26.04.2013 09:58:04

Subgroups: 1 - 46
 Process: Mittaushuone
 Part ID: 808607 A cmm
 Feature ID: No:1-CIRCLE-CORTLX
 Revision: Revision 1



Kuva 14. Kiinnitystapin raportti (Abloy Oy:n sisäinen tietokanta 2013).

Suurinta vaihtelua oli juuri reikien x-suuntaisessa paikoituksessa toisiinsa nähden, jotka ovat toiminnan kannalta kriittisiä. Nämä toiminnan kannalta kriittiset mitat tulisi jatkossa ottaa tilastollisen prosessinohjauksen piiriin myös muissa valmistettävissä osissa.

8 Pohdinta ja johtopäätökset

Tilastollisen prosessinohjauksen (SPC) toimintamallin rakentaminen Lukotliiketoimintayksikölle saatiin hyvälle alulle opinnäytetyöni teon aikana keväällä 2013. Mittalaitteen käytännöllisyys tilastollisen prosessinohjauksen apuna voitiin todistaa tuotantosarjalle tehtyjen mittausten pohjalta. Nopea siirtyminen SPC:n käyttöönottoon tuskin on järkevää vaan pyrittiin löytämään yhteinen käsitys siitä, mitä haluttiin työkalulla saavuttaa. Asiakkaiden vaatimukset ovat usein syynä laatu työkalujen käyttöönotolle, mutta toimeksiantaja on ollut oma-aloitteinen ja pyrkinyt viemään asiaa eteenpäin. Tilastollisen prosessinohjauksen käyttö erä-valmistukseen on vaikeampaa kuin prosessiteollisuudessa. Oikeiden asioiden etsiminen prosessista tulee tutkia hyvin, jotta hyötyjä saataisiin enemmän irti. On vaikea nähdä riippuvuutta erien välillä, joten pitkän aikavälin seuranta ei kunnolla onnistu. Opinnäytetyöni aikana selvisi, että tilastollista prosessinohjausta voi kuitenkin soveltaa erä-valmistukseen, mutta tässä tapauksessa tulee miettiä tarkemmin käytettävät ominaisuudet.

Mittajärjestelmän tulee olla kunnossa SPC:tä käyttöönotettaessa. Tehtyjen mittausten sekä mittausanalyysien pohjalta todettiin molempien mittakoneiden soveltuvan erinomaisesti SPC-mittauksiin. Tuotannon mittakoneen tulokset voisivat olla parempia, jos koneen ympärille rakennettaisiin koppi, tällöin eivät ulkoiset syyt vaikuttaisi mittauksiin niin paljon. Koordinaattimittalaitteet sopivat hyvin koneistettavien kappaleiden mittauksiin, koska myös vaikeampien mittojen mittaaminen onnistuu kärkiä vaihtamalla. Monikappalemittaukset ovat hitaita tehdä mittakoneella, koska jokaisen kappaleen jälkeen tulee kappale irrottaa jigistä ja laittaa uusi kappale tilalle. Paletointi voisi olla ratkaisu tähän ongelmaan ja näin pienennettäisiin myös mittausepävarmuutta ja sen vaikutusta mittauksiin. Tähän asti paletointia ei kuitenkaan ole nähty tarpeelliseksi.

Avainsoluun olisi hyvä miettiä konenäköjärjestelmän hankkimista. Järjestelmä toimisi niin, että avain asetettaisiin mittakoneeseen, joka ottaisi kuvat ja antaisi halutut mitat automaattisesti. Avainten jyrsinän mittauksiin ei tällä hetkellä löydy kuin käsimittalaitteita, joilla ei kaikkia mittoja ole mahdollista saada. Koordinaattimittakoneella mittaukset eivät myöskään onnistu, koska tarpeeksi pieniä mittakärkiä ei ole. Konenäköjärjestelmää voisi hyödyntää myös haittasolussa, jossa valmistetaan runsaasti pieniä kappalei-

ta. Tällä hetkellä haittasolussa mittadataa ei juuri jää talteen ja käsimittalaitteilla ei kaikkia tärkeitä mittoja saada luotettavasti mitattua. Konenäköjärjestelmän liittäminen Measurlink-ohjelmistoon olisi myös mahdollista, joten tilastollisen prosessinohjauksen käyttö saataisi myös näiden osalta kuntoon. Konenäköjärjestelmän hankkimisesta olisi varmasti runsaasti hyötyä, mutta sen osoittaminen ei tule olemaan helppoa. Tulevaisuudessa olisi järkevää miettiä konenäköjärjestelmän hankkimista koordinaattimittakoneen tueksi. Liikuteltavan konenäköjärjestelmän hinnat pyörivät noin 10 000 eurossa. Mutta luulen hankinnan tuovan itsensä takaisin laatuongelmien parantumisen myötä.

Tällä hetkellä SPC-mittaohjelmia ei ole tehty kuin muutama kappaleeseen. Jatkossa ohjelmia tulee muuttaa niin, että mittaohjelmat rakennetaan uudelleen ja mietitään kriittiset mitat kappaleista, joilla halutaan tutkia prosessia. Tähän tarvitaan yhteistyötä niin tuotannon kuin tuotekehityksen puolelta. Ei ole järkevää ahnehtia liian montaa kappaletta tilastollisen prosessinohjaukseen heti alkuun, vaan ensin on saatava järkeviä mittauksia muutama kappaleeseen. Tähän asti ongelmana on ollut juuri kriittisten mittojen määritys. Yleensä kappaleesta valitaan kahdesta neljään mittaa, joiden katsotaan olevan prosessin kannalta kriittisiä. Opinnäytetyön koemittauksissa piirteitä valittiin 16 kappaletta, joita seurattiin tilastollisesti. Ongelmaksi osoittautui liian suuri tiedon määrä.

Johdon osoittama tuki on ensiarvoisen tärkeää tilastollisen prosessinohjauksen käyttöönotossa. Yhteistyö eri yksiköiden välillä on myös tärkeää, jotta voidaan jakaa osaamista eri osa-alueiden välillä. Toimeksiantaja onkin panostanut SPC-koulutuksiin, joita on muutaman kerran vuodessa. Näin asiat eivät pääse unohtumaan. Olisi myös tärkeää valita tietyt henkilöt, jotka vastaisivat SPC:n ylläpitämisestä ja kehittämisestä. Nämä henkilöt vastaisivat myös tarvittaessa uusien henkilöiden kouluttamisesta ja opastamisesta. SPC vie paljon aikaa ja perehtymistä itse asiaan, ennen kuin sen hyötyjä voidaan laajamittaisesti soveltaa käytäntöön.

Tilastollinen prosessinohjaus on hyvä työkalu seurata prosessia ja tehdä tarvittaessa korjaavia toimenpiteitä. Opinnäytetyöni aikana Lukot-liiketoimintayksikön tarpeet saatiin hahmoteltua sekä luotua toimintamalli SPC:n käyttöönotolle. Prosessia seurataan aluksi reaaliaikaisesti Measurlinkin avulla mittaustapahtuman yhteydessä. Individual & Moving Range Chart-korttia käytetään prosessin analysoinnin apuna, koska kortti sopii hyvin erä-valmistukseen ja antaa tietoa yksittäisistä pisteistä sekä peräkkäisten pisteiden

vaihteluvälistä. Kortista saadaan myös suorituskykyluvut suoraan, mutta laskennan apuna käytetään myös Minitab-ohjelmaa. Koneistajat suorittavat mittaukset itsenäisesti prosessin aikana. Jos prosessin havaitaan olevan epävakaata, on koneistajien tehtävä ilmoittaa asiasta vastaavalle laatuhenkilölle, joka suorittaa tarkemmat toimenpiteet tilanteen analysoimiseksi.

Koemittaukset sekä mittausepävarmuuden määrittäminen osoitti, että paljon on myös parannettavaa. Koneistajat olivat mukana koemittauksissa ja näin myös heille selvisi paremmin SPC:n idea ja he näkivät mahdolliset hyödyt laatu työkalun käytöstä. Projektin aikana teimme tiivistä yhteistyötä myös mittahuoneen pääkäyttäjän kanssa, joka oli myös mukana viemässä kehitystyötä eteenpäin. Kevään 2013 aikana julkaistiin uusi versio Measurlink-ohjelmistosta, joka varmasti selkeyttää ohjelman käyttöä huomattavasti. Ohjelma on tarkoitus päivittää myös Abloy Oy:lle tämän vuoden aikana. Liiketoimintayksiköllä riittää vielä töitä saada SPC:stä rutiinomainen laatu työkalu muiden joukkoon. Parhaimmillaan SPC poistaa huomattavan osan laatu ongelmista ja parantaa prosessin tehokkuutta sekä säästää rahaa. Kokemuksen karttuessa yksikkö pääsee varmasti tilastollisen prosessin ohjauksen rajaamiin tavoitteisiin eli kustannusten pienentämiseen laadusta tinkimättä.

Työn aikana sain paljon kokemusta uusista laadun parantamisen työkaluista. Kehitystyötä tehdessäni huomasin laadun olevan tärkeä osa yrityksen sisäistä toimintaa ja siihen halutaan panostaa. Tutkiessani aihetta ymmärsin paremmin tilastollisen prosessin ohjauksen päämääriä ja sitä, mitä yritys pyrkii parantamaan. Sain myös hyvän käsityksen projektiluonteisen työn haasteista ja tavoitteista.

Lähteet

- Abloy Oy. 2013. Internet-sivut. <http://www.abloy.fi>. 20.3.2013.
- Abloy Oy. 2013. Yrityksen sisäinen tietokanta.
- Hyvinkään Turvalukko. 2013. Abloy Oy tuotteita.
<http://www.hyvinkaanturvalukko.fi/avainturvallisuus/protec.html>.
02.05.2013.
- Karjalainen, E. 2013. Kuinka hallitsen tuotanto ja palveluprosesseja. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/kuinka-hallitsen-tuotanto-ja-palveluprosesseja/>.
01.04.2013.
- Kokkonen, O. 2007. Jatkuva parantaminen – Erityissyyt kuriin laadun perustyökaluilla.
<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/jatkuva-parantaminen-erityissyyt-kuriin-laadun-perustyoealuilla/>. 17.3.2013.
- Kume, H. 1998. Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. Helsinki. Metalliteollisuuden kustannus Oy.
- Lähtenmäki, M. & Leiviskä, K. 1998. Tilastollisen prosessinohjaus: perusteet ja menetelmät. <http://herkules oulu.fi/isbn9514275209/isbn9514275209.pdf>.
15.2.2013.
- Mitutoyo Corporation. 2004. Measurlink - SPC software for windows manual. USA.
<http://www.measurlink.com>. 29.04.2013.
- Mitutoyo Corporation. 2006. Crystal Apex C Bulletin No 1809.
http://www2.mitutoyo.de/fileadmin/user_upload/pdf/prospekte/0ENGLISH/kmg_en/Crysta_Apex_C_PRE.pdf. 29.04.2013.
- Rakennusfakta.fi. 2010. Lukkosylinteri. <http://www.rakennusfakta.fi/abloy-sylinteriperhe-on-taydentynyt-uudella-abloy-sentry-ratkaisulla-24792/uutiset.html>. 18.05.2013.
- Salomäki, R. 1999. Suorituskykyiset prosessit - Hyödynnä SPC. Helsinki. Metalliteollisuuden kustannus Oy.
- Techspex, INC. 2013. Crysta Apex C 574.
http://www.techspex.com/techspex/cmm/comments?cmm_id=796.
20.5.2013.
- Tikka, H. 2007. Koordinaattimittaus. Tampere. Tampereen yliopistopaino Oy.