

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Automaatiotekniikka

2015

Benjami Paakkonen

TILASTOLLISEN LAADUNOHJAAMISEN KÄYTTÖ LAJITTELUSSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Automaatiotekniikka

Kevät 2015 | 54 sivua

Timo Vaskikari

Benjami Paakkonen

TILASTOLLISEN LAADUNOHJAAMISEN KÄYTTÖ LAJITTELUSSA

Opinnäytetyön aiheena on tilastollisen laadunohjauksen käyttö tuotelajittelussa. Työn toimeksiantajana oli Turvanasta Oy. Tarkoituksena oli selvittää SPC-järjestelmän käyttöä lajitteluprosessissa ja ottaa käyttöön uusikameralajittelija siten, että SPC-datan kerääminen tapahtuisi automaattisesti sen avulla. Tämän lisäksi suunnitelmana oli vertailla uutta lajittelijaa vanhaan ja määrittää sen takaisinmaksuaika.

Ensin tutustuttiin uuden kameralajittelijan toimintaan ja säätämiseen. Käyttöönoton ja tutustumisen jälkeen oli mahdollista siirtyä tarkastelemaan valvontakorttitietojen keräämistä. Seuraavaksi seurattiin tiedon kertymistä valvontakorttiin ja selvitettiin tuotannon kannalta oleellisia mittareita. Datan keräämisen aikana aloitettiin myös vertailla uutta ja vanhaa kameralajittelijaa keskenään. Tämän jälkeen analysoitiin valvontakorttiin kerättyä tietoa ja tehtiin ohjeet sen tehokkaaseen hyödyntämiseen. Lopuksi suoritettiin lajittelijoiden kesken vertailu ja laskettiin takaisinmaksuaika.

Lopputuloksena todettiin valvontakorttitietojen käyttökelpoisuus laadun seuraamisessa ja varsinkin asiakkaalle toimitettavana sertifikaattina tuotteen laadusta. Uuden kameralajittelijan tuoma hyöty tuotelajittelun kehittämiseen oli merkittävä johtuen lajitteluvarmuuden ja -nopeuden kasvusta.

ASIASANAT:

Laadunohjaus, SPC, tuotelajittelu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial engineering | Automation technique

2015 | 54 pages

Timo Vaskikari

Benjami Paakkonen

USE OF STATISTICAL PROCESS CONTROL IN PRODUCT SORTING

The subject of this Bachelor's thesis is statistical process control and its utilization in product sorting. The thesis was commissioned by Turvanasta Oy. The aim was to investigate the SPC system as part of the sorting process and introduce a new camera sorter to collect all SPC data automatically. In addition, the plan was to compare the old and the new camera sorter to determine the benefits and payback time for the new one.

First, the function and adjustment of the new camera sorter was studied. After commissioning and familiarization, it was possible to move on to the examination of the control card data.

The next step was to monitor the accumulation of data in the control card and to examine the essential indicators for the production. At the same time with the data collection, the old and the new camera sorters were compared with each other.

After that, the data from the control card was analyzed and instructions on its effective utilization were made.

Finally, a comparison between the sorters was made and the payback time was calculated. The control card data was discovered to be useful in monitoring the product quality and especially as a quality certificate that can be delivered to the customer.

KEYWORDS:

SPC, product sorting, quality control

SISÄLTÖ

| | |
|--|----|
| 1 Johdanto | 7 |
| 2 SPC – Tilastollinen prosessin ohjaus | 8 |
| 3 SPC:ssä käytettävät käsitteet ja lyhenteet | 11 |
| 4 Prosessin vaihtelu, jakauma ja hajonta | 17 |
| 4.1 Normaalijakauma | 17 |
| 4.2 Tiheysfunktio | 18 |
| 4.3 Kertymäfunktio | 18 |
| 4.4 Prosessin jakauman tutkiminen | 19 |
| 4.5 Yleinen syy ja erityinen syy | 19 |
| 4.6 Vakaa prosessi | 20 |
| 4.7 Hallinnassa oleva prosessi | 20 |
| 4.8 α - ja β -virheet | 20 |
| 5 Valvontarajat | 22 |
| 6 Valvontakortit | 25 |
| 7 Valvontakorttien käyttöönotto ja hyödyntäminen | 28 |
| 7.1 Näyte-erän koko ja näytteenottoväli | 30 |
| 7.2 Laskentatarkkuus | 31 |
| 8 Valvontakortin tulkinta | 32 |
| 8.1. Valvontakorttien tulkintasäännöt ja tulkintaa | 32 |
| 8.2 Tulkitsemisen yleisohjeita | 33 |
| 8.3 Kuvaajien tulkintasäännöt | 34 |
| 8.4 Valvontarajan ylittävä tulos | 35 |
| 8.5 Seitsemän tuloksen trendi | 35 |
| 8.6 Seitsemän tuloksen polku | 36 |
| 8.7 Muut polut (n tulosta m:stä keskiarvon samalla puolella) | 37 |

| | |
|---|----|
| 8.8 Kaksi kolmesta tuloksesta yli 2 sigman rajan | 38 |
| 8.9 Viisi tulosta yli 1 sigman rajan | 38 |
| 8.10 Suurin osa tuloksista 1,5 sigman välillä | 38 |
| 8.11 Tason muuttuminen äkillisesti | 39 |
| 8.12 Tulosten jaksottaisuus | 40 |
| 8.13 Hyppivät tulokset | 41 |
| 8.14 Epänormaali jakauma | 42 |
| 9 Nastan rakenne ja valmistusprosessi | 45 |
| 10 Uuden kameralajittelijan SPC-kortin tulkinta ja soveltaminen | 47 |
| 9.1 Kuvaajan koostuminen | 48 |
| 9.2 Histogrammin analyysi | 48 |
| 11 Uuden ja vanhan lajittelijan kuvaus ja vertailu | 50 |
| 10.1 Lajittelijoiden vertailu | 51 |
| 12 Yhteenveto | 53 |
| Lähteet | 54 |
| Liitteet | 55 |

1. JOHDANTO

SPC eli tilastollinen laadun ohjaaminen on yleinen tapa ohjata prosessia tilastollisin menetelmin. Menetelmää käyttämällä pystytään ohjaamaan tuotantoprosessia sekä ennakoimaan mahdollisia vikatilanteita. Tavoitteena on hallinnassa oleva ja vakaa tuotanto.

Opinnäytetyön tilaaja oli Turvanasta Oy, joka halusi ottaa SPC-menetelmien soveltamisen käyttöön myös tuotteen lajittelussa. Teorian käyttöönotto oli työn suoritushetkellä ajankohtaista, koska lajitteluprosessia päivitettiin uudella konenäköjärjestelmällä, jolla pystytään keräämään myös tietoa valmistettavista tuotteista. Tavoitteena oli saada tilastollinen laadun ohjaaminen tehokkaaseen käyttöön tuotelajittelussa sekä kartoittaa uuden kameralajittelijan tuoma hyöty.

Opinnäytetyön pääpaino on keskittynyt vahvaan teoriaosuuteen, että työtä voisi jatkossa hyödyntää tilastolliseen laadunohjaamiseen mahdollisimman tehokkaasti. Työ keskittyi SPC-menetelmien käyttöön sekä uuden kameralajittelijan vertaamiseen vanhaan. Tästä johtuen käytännön laskelmissa käytetään vain vähän teoriaosuuden materiaalista. Käytännön osuuden pääpaino on uuden ja vanhan kameralajittelijan vertaamisessa sekä uuden lajittelijan takaisinmaksuajan määrittämisessä. Käytännön osuus sisälsi myös uuden lajittelijan käyttöönoton ja säädön, mutta ne rajattiin ulos opinnäytetyöstä työn teettäjän toimesta.

Työn suorittamiseen varattiin aikaa neljä kuukautta ja, se suunniteltiin suoritettavaksi kokonaan yrityksen toimitiloissa.

2. SPC – TILASTOLLINEN PROSESSIN OHJAUS

Tilastollinen ajattelu muodostuu kolmesta keskeisestä periaatteesta: prosessit ovat vaihtelevia ja vaihtelun pienentäminen antaa mahdollisuuden parantaa työn laatua ilman ylimääräisten riskien ottamista sekä prosessit muodostuvat sarjasta keskenään sidoksissa olevista työvaiheista. (Karjalainen 1999,10)

Lähtökohta tilastolliseen prosessin valvontaan on se, että prosessin suorituskyky on määriteltävissä tilastollisesti luotettavalla tavalla. Valmistuvista tuotteista voidaan kerätä havaintoja esimerkiksi ominaisuuksista, mitoista tai prosessin suorituskykyä kuvaavista suureista kuten valmistusaika, hävikki ja energiankulutus. Prosessin suorituskyvyn valvontaan riittää satunnainen näytteenotto, mutta ongelmatilanteita kohdatessa näytteenottosykliä tiuhennetaan kunnes ongelma on poistettu prosessista. (Salomäki 1999,166)

SPC (Statistical Process Control) on tilastollinen menetelmä joka on muotoutunut käytännössä ja siitä on vakiintunut prosessin ja tuotteen laadunvalvonnan toteutustapa. Laajasti tulkittuna SPC tarkoittaa kaikkia menetelmiä, joilla saadaan tilastollista pohjaa prosessin ohjaamiseen liittyvälle päätöksenteolle. Yksi tärkeimmistä menetelmistä on valvontakortti, johon kootaan tarpeelliset tilastolliset työkalut. Valvontakortille kerättävien havaintojen määrä on aina rajallinen, mutta matemaattisien mallien avulla niistä voidaan ennustaa prosessin käyttäytymistä. (Salomäki 1999,167)

Tilastollinen prosessin ohjauksen avulla tutkitaan prosessin tilaa sekä sitä, että tuleeko prosessiin hajontaa luonnollisesta syystä vai vaikuttaako siihen jokin poikkeava syy. Ensin mainittua kutsutaan yleisesti kohinaksi ja jälkeen mainittua erityisyyksi. SPC:ssä erotetaan syyt toisistaan ja pyritään poistamaan kaikki mahdolliset erityissyöt, jolloin prosessin hajonta muodostuisi vain luonnollisesta kohinasta. Erityisyyttä ei tule sekoittaa virheisiin, ne eivät läheskään aina ole virheitä. Virheet määräytyvät prosessin ulkoisista vaatimuksista ja erityisyyt prosessin sisäisestä tilasta. (Salomäki 1999,167)

Walter Andrew Shewart (1891-1967) on amerikkalainen tilastollisen laadunkehittämisen isä, joka kehitti idean SPC:stä 1920-luvulla työskennellessään Western Electricin tehtaalla 1918-1924. SPC:n kannalta merkittävin hetki oli 16. toukokuuta, jolloin hän esitteli esimiehelleen R.L. Jonesille ensimmäisen valvontakortin. Kun Shewart tutki laadunvalvonnan tuloksia tilastollisesti, hän huomasi, että tulokset käyttäytyivät normaalijakauman mukaisesti. Johtotulemana hän havaitsi, että ongelmat laadussa johtuivat liian suuresta prosessin vaihtelusta eivätkä prosessit yksinkertaisesti vain pystyneet vaatimuksiin. Kun säätöjä tehdään vain yhden yksittäisen tuloksen perusteella, laadunvaihtelu vain kasvaa entisestään. (Salomäki 1999,170)

Hyvissäkin prosesseissa syntyy yllättäen myös normaalin vaihtelun ylittäviä huonoja tuotteita. Tällöin syy on yleensä prosessin ulkopuolelta tulleesta erityisestä häiriöstä. Kun häiriö on tunnistettavissa ja poistettavissa niin poistamisen jälkeen prosessi palautuu takaisin normaalitilaan. (Salomäki 1999,170)

Kun Shewart laati ensimmäisiä valvontakortteja, hän samalla todisti sen, että ongelmille on olemassa yleisiä ja erityisiä syitä. Prosessi ei kehity, jos jokaisen virheellisen tuotteen kohdalla säädetään. Tämä päinvastoin vain kasvattaa vaihtelua. Tällöin prosessia siis tulisi säätää vaihtelun keskiarvon mukaan ja suorituskyky mitata vaihtelun leveyden avulla. Jos vaihtelu on liian suurta, niin prosessissa on kehitettävä siihen pisteeseen, että vaihtelu mahtuu vaatimusten rajoihin. Poikkeavien tapausten kohdalla erityisyyt tulee tutkia yksittäistapauksina, jotka selvitetään ja poistetaan prosessista, jonka jälkeen voidaan jatkaa kuin ennenkin. (Salomäki 1999,171)

II maailmansodan aikana SPC:tä sovellettiin sotateollisuuteen. Käyttö jäi kumminkin vähemmälle sodan loputtua, kun tavaroiden kysyntä kasvoi, raaka-aine ja energia olivat halpoja ja oli ylipäättään varaa ylläpitää tehotonta toimintaa. Toisin oli 1950-luvulla japanilaisilla, joiden materiaali ja energia oli lähes kaikki tuonnin varassa. Amerikkalaiset SPC-asiiantuntijat siirtyivät

Japaniin, jossa otettiin SPC käyttöön maanlaajuisen koulutuksen avulla. Länsimaihin SPC:tä alettiin käyttää 70-luvulla. (Salomäki 1999,17)

3. SPC:ssä käytettävät käsitteet ja lyhenteet

Useat SPC:hen liittyvät käsitteet ovat vakiintuneet matematiikasta, eikä tiettyjä suomenkielisiä termejä ole vakiintunut käyttöön. Suomenkielisiä ilmaisuja käytetään ja ,se aiheuttaa epäloogisuutta, koska lyhenteet ovat usein englanninkielisiä. Esimerkiksi yläohjausrajaa voidaan kutsua myös ylävalvontarajaksi joten, selvyyden vuoksi on hyvä lyhentää se englanninkielisen termin mukaan UCL (UpperControlLimit). Sama kielellinen ongelma pätee myös valvontakorttien lyhenteissä. (Salomäki 1999,177–178)

Perusjoukko, alkio

Perusjoukko tarkoittaa koko tutkittavaa joukkoa. Esimerkiksi perusjoukon muodostavat kaikki tulevaisuudessa valmistettavat tai jo valmistuneet tuotteet. Alkio tarkoittaa perusjoukon yksittäistä osaa. (Salomäki 1999,178)

Näyte, Näyte-erä

Näyte-erää käytetään SPC:ssä nimityksenä yksittäisestä tuloksesta ja yhdessä käsiteltävistä näytteistä nimitystä näyte-erä. Näyte-erä saattaa sisältää yhden tai peräti tuhansia näytteitä. Prosessissa johtopäätöksiä ei tehdä yhden näyte-erän perusteella, vaan niitä tulee kerätä useampia (yli 20) ennen tilastollista tarkastelua. (Salomäki 1999,178 –179)

Keskiarvo

Tilastollisessa laadunohjaamisessa käytetään yleisimmin aritmeettista keskiarvoa, joka johdetaan laskemalla kaikki mittaustulokset yhteen ja jakamalla summa tulosten lukumäärällä. Keskiarvoa merkitään erilaisin merkein riippuen siitä, millaisen erän keskiarvoa tarkoitetaan. (Salomäki 1999,179)

\bar{x} = yksittäisen näytteiden tai näyte-erän keskiarvo

$\bar{\bar{x}}$ = näyte-erien keskiarvojen keskiarvo

u = perusjoukon keskiarvo

\hat{u} = näytteistä tai näyte-eristä laskettu keskiarvo (estimaatti)
perusjoukon keskiarvolle

Vaihteluväli

Havaintoaineiston suurimman ja pienimmän tuloksen välistä erotusta kutsutaan vaihteluväliksi. Vaihteluväliä kuvaava luku on aina positiivinen luku, nolla tai suurempi. (Salomäki 1999,180)

$$R_n = \max(x_{n1}; x_{n2}; \dots; x_{nk}) - \min(x_{n1}; x_{n2}; \dots; x_{nk})$$

n = näyte-erän järjestysnumero

k = näyte-erän näytemäärä

Liukuva vaihteluväli (MR, moving range) tarkoittaa näytteen ja edellisen näytteen keskiarvon erotuksen itseisarvoa

$$MR_n = |x_n - x_{n-1}|$$

tai

$$MR_n = |xBar_n - xBar_{n-1}|$$

Keskihajonta

Keskihajonta ilmaisee tulosten leviämistä keskiarvonsa molemmin puolin. Suurempi keskihajonta johtaa tulosten hajaantumiseen laajemmalle alueelle. Keskihajonnan tunnusluvusta ei voida päätellä kumminkaan hajonnan muotoa tai ominaisuuksia. (Salomäki 1999,180)

Koko perusjoukon hajonta, σ

Keskihajonnan tunnus on σ (sigma), kun tarkoitetaan koko perusjoukon hajontaa. Keskihajontaa laskettaessa koko perusjoukosta, on jakajana koko perusjoukon lukumäärä N . (Salomäki 1999,180)

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

σ = perusjoukon keskihajonta

N = perusjoukon koko

x_i = yksittäisen näytteen mittaustulos

\bar{x} = mittaustulosten keskiarvo

Valvontakortti

Valvontakortit toimivat graafisena apuvälineenä prosessien mittaustulosten esittämiseksi. Valvontakorteilla käsitellään muuttuja- ja ominaisuustietoja. (Salomäki 1999,183)

Valvontarajat

Valvontarajat lyhennetään englanninkielisen termin mukaan UCL (ylävalvontaraja) ja LCL (alavalvontaraja). Rajat määritetään mittaustulosten perusteella lasketun keskiarvon estimaatin avulla. Valvontarajat sijoitetaan normaalisti symmetrisesti keskiarvon molemmiin puolin kolme kertaa keskihajonnan estimaatin etäisyydelle, jolloin väli kattaa 99,73 % mittaustuloksista. (Salomäki 1999,183)

Toleranssirajat

Ala- ja ylätoleranssirajat määrittävät rajat, joiden ylittäminen tai alittaminen johtaa tuotteen hylkäämiseen tai erilliseen tarkempaan käsittelyyn. Ylätoleranssista käytetään lyhennettä USL (UpperSpecificationLimit) ja alatoleranssirajasta LSL (LowerSpecificationLimit) (Salomäki 1999,183)

Tavoitearvo

Yleensä tavoitearvoa pidetään toleranssirajojen keskipisteessä. Kun toleranssi on vain yksipuolinen, tavoitearvo asetetaan mahdollisimman kauas toleranssirajasta. Käytännössä toleranssirajan voi sijoittaa mihin vain. (Salomäki 1999,184)

Suorituskykyluku C_p, C_m, C_{pk}, P_{pk}

Suorituskykyluku ilmaisee prosessista tai tuotteista mitattuja toteutuneita mittoja tilastollisesta suhteesta vaatimukseen eli prosessin kykyyn tehdä vaatimusten ja toleranssien mukaisia tuotteita. (Salomäki 1999,184)

Maksimisuorituskykyluku, C_p

Maksimisuorituskykyluku kuvaa sitä, mihin prosessi toleranssivaatimukseen nähden teoriassa pystyy. C_p ilmaisee teoreettisen maksimisuorituskyvyn nykyisellä vaihtelun suuruudella. Jos käytössä on vain yksipuoleinen toleranssi, maksimisuorituskykylukua ei voida määrittää. (Salomäki 1999,195 –196)

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Suorituskykyluku, C_{pk}

Korjauskerrointa k käytetään kun, halutaan huomioida prosessin vaihtelun sijainti toleranssiin nähden. Kaksipuoleisen toleranssin tapauksen laskukaava alla:

$$k = \frac{T - \bar{x}}{\frac{1}{2}(USL - LSL)}$$

T = useimmiten toleranssin keskellä oleva toleranssiarvo

\bar{x} = prosessin mittaustulosten keskiarvo

Kertoimen k avulla voidaan laskea prosessin suorituskyky C_{pk}

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

C_{pk} kuvaa prosessin suorituskykyä huomioiden mittaustulosten keskiarvon sijainnin poikkeaman toleranssialueen keskeltä. Sen siis määrittää keskiarvoa lähempänä oleva toleranssiraja. Jos prosessin tavoitearvo on keskellä toleranssialuetta, niin kerrointa k ei tarvitse laskea, jolloin C_{pk} saadaan laskemalla toleranssirajan ja mittaustulosten keskiarvon etäisyyden suhde vaihtelun puolikkaaseen.

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

Hyvän prosessin vaatimuksena pidetään suorituskykyä $C_{pk} > 1,33$, jolloin sallitaan pieni häiriö ennen kuin toleranssiraja ylittyy. Jos prosessiin ei kohdistu erityisiä vaatimuksia, niin C_{pk} saattaa nousta jopa yli 15,0. (Salomäki 1999, 196 –198)

Suorituskyky, C_{pm}

C_{pm} tunnetaan myös nimellä Taguchin suorituskykyluku. Se huomioi vaihtelun suuruuden lisäksi myös sen sijainnin tavoitearvoon nähden

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_T}$$

jossa

$$\hat{\sigma}_T = \sqrt{\hat{\sigma}^2 + (\bar{x} - T)^2}$$

C_{pm} lähestyy maksimisuorituskykyä C_p , kun vaihtelun keskiarvo lähestyy prosessin tavoitearvoa T . Taguchin suorituskykyluku on tarpeellinen silloin, kun tavoite ei ole toleranssin keskellä ja halutaan määrittellä suorituskykyluku se huomioiden. (Salomäki 1999, 197–198)

Toimintakykyluku, P_{pk}

Tämä toimintakykyluku on tarpeellinen, kun laskennassa käytetään kaikki käytettävissä olevat tulokset yhdessä hajonnan estimaattia määritettäessä. Tällöin näin saatua estimaattia ei enää tarvitse korjata vakioilla. Tässä laskutavassa erityisyyt on hyväksytty osaksi prosessia. Tämä edellyttää, että erityisyyt on tunnistettu ja ne hallitaan. Hyväksyttävänä P_{pk} :n rajana pidetään yleensä lukua 1,67. (Salomäki 1999, 200 – 201)

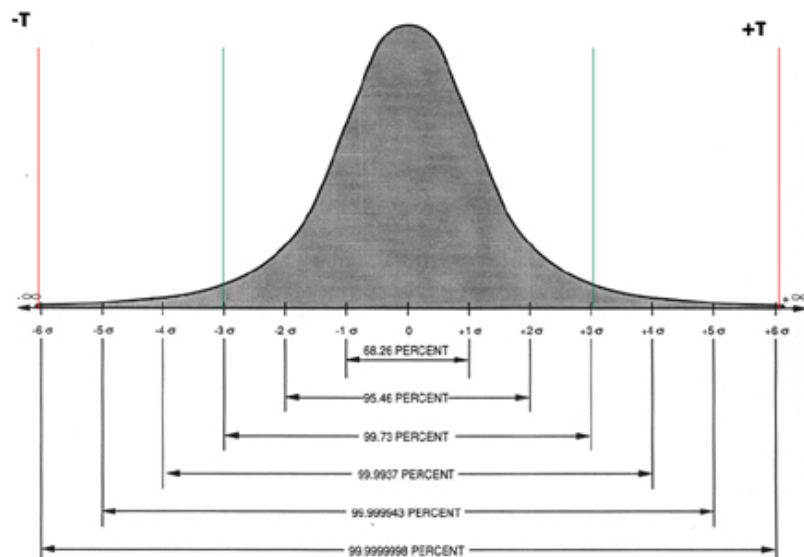
$$P_{pk} = \min\left(\frac{USL - \bar{x}}{3\hat{\sigma}_{st}}; \frac{\bar{x} - LSL}{3\hat{\sigma}_{st}}\right)$$

4. Prosessin vaihtelu, jakauma ja hajonta

Kun tuotteita tarkastellaan hyvin tarkasti, ei koskaan löydy kahta samanlaista, jos mittauksissa esiintyy useita samanlaisia tuloksia, se johtuu mittausjärjestelmän herkkyyden ja erottelukyvyn riittämättömyydestä. Kaikki mittatiedot ja ominaisuudet vaihtelevat, mutta sillä vaihtelulla on säännönmukaisuutta, jota tutkimalla saadaan lisätietoa prosessista. (Salomäki 1999,184)

4.1. Normaalijakauma

Saksalainen fyysikko ja matemaatikko Carl Friedrich Gauss (1777-1855) kehitti normaalijakauman, joka on yksi tilastotieteen keskeisimmistä käsitteistä. Hänen mukaansa satunnaisvaihtelun säännönmukaisuutta koskevaa lakia on kutsuttu Gaussin jakaumaksi ja tiheysfunktion kuvaajaa Gaussin käyräksi (kuva 1). (Salomäki 1999,184 –185)



Kuva 1. Gaussin käyrä (Sixsigma)

4.2. Tiheysfunktio

Kun tiedossa on keskiarvo sekä keskihajonta, voidaan laskea mille tahansa perusjoukolle tiheysfunktio.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

σ = perusjoukon keskihajonta

μ = perusjoukon keskiarvo

Normaalijakauman tiheysfunktio on jatkuva käyrä, joka muodostaa kellomaisen kuvion, jonka korkeus ja leveys riippuvat keskihajonnasta. Hajonnan ollessa suuri käyrä on leveä ja huippu laakea. X-akselin ja käyrän jäävän alueen pinta-ala on tasan yksi.

Esimerkiksi kun vedetään kellokäärän huipun kautta pystyviiva, joka jakaa pinta-alan kahteen alueeseen, jonka pinta-ala on 0,5, niin silloin tulosten esiintymistodennäköisyys on kummallakin alueella 50 %:a. Kun rajataan alue, joka kattaa $\pm 3\sigma$:n suuruisen alueen, pinta-ala on tällöin 0,9973 jolloin tulokset sattuvat sille välille 99,73 %:n todennäköisyydellä. (Salomäki 1999,185)

4.3. Kertymäfunktio

Kertymäfunktio muodostetaan, kun lasketaan tiheysfunktion arvoista todennäköisyys niin, että funktio osoittaa kussakin kohdassa todennäköisyyden, että arvo on enintään tämä. Kertymäfunktion arvon ollessa x osoittaa sen, että millä todennäköisyydellä satunnaismuuttujan arvo on enintään x . Kertymäfunktio vastaa kullakin x :n arvolla pinta-alaa, joka on tiheysfunktion vastaavalle kohdalle piirretyn pystysuoran ja käyrän väliin vasemmalle jäävä pinta-ala. Se on siis summakäyrä. Kun x :n arvo kasvaa kertymäfunktion arvo lähestyy koko ajan arvoa yksi. (Salomäki 1999,185 –186)

4.4. Prosessin jakauman tutkiminen

Tarkastelun tärkein graafinen apuväline on jakauman muotoa kuvaava histogrammi. Se jakaa mitta-asteikon tasavälisiin osiin ja ilmoittaa, kuinka monta tulosta on milläkin asteikkovälillä. Luotettavia johtopäätöksiä ei voida tehdä muutaman tuloksen pohjalta, mutta tulosten kertyessä jakauma alkaa muodostua. Johtopäätöksiä ei siis saisi tehdä liian varhaisessa vaiheessa. Mitä enemmän mittaustuloksia on kerätty, sitä luotettavammin histogrammia voidaan käyttää prosessin tulevan jakauman ennustamiseen. (Salomäki 1999,186)

4.5. Yleinen syy ja erityinen syy

Yleisten ja erityisten syiden tunnistaminen prosessin vaihtelun ja ongelmien lähteinä sekä niihin reagointi on yksi SPC:n keskeisimmistä kysymyksistä. Syiden ryhmittely mahdollistaa tehokkaan, oikeisiin kohteisiin suunnatut toimenpiteet. (Salomäki 1999,192)

Yleinen syy on prosessissa koko ajan mukana oleva ja vaikuttava, jolloin se aiheuttaa luonnista vaihtelua eli kohinaa. Kohina vaihtelee keskiarvonsa ympärillä muodostaen normaalijakauman. Tällöin kohinalle voidaan määritellä rajat, jotka kuvaavat prosessin luonnollisen vaihtelun suuruutta. Luonnollisen vaihtelun aiheuttamaa kohinaa ei lähdetä pienentämään etsimällä yksittäiseen mittaustulokseen etsimällä erityistä kertaluontoisesti vaikuttanutta häiriötä, vaan vaihtelua aletaan pienentämään kohdistamalla kehitystoimenpiteet itse prosessiin, jota tarkastellaan suurena kokonaisuutena. Yleensä nämä kehitystoimenpiteet keskittyvät toimintatavan muutokseen sekä investointeihin. (Salomäki 1999,192)

Erityiset syyt ovat äkillisestä häiriöstä johtuvia poikkeamia, jotka eivät ole prosessissa normaalisti mukana. Tämä näkyy luonnollisesta vaihtelusta poikkeavana piikkinä. Prosessia ei itse aleta säätämään erityissyiden poistamiseksi, vaan häiriön aiheuttaja tulee löytää ja pyrkiä poistamaan sen

vaikutus sekä uusiutumismvaihtomahdollisuus. Mitä pienempi luonnollinen kohina on, sitä helpompi erityisyyt on havaita prosessista. (Salomäki 1999,193)

4.6. Vakaa prosessi

Vakaan prosessin edellytyksenä on, että sen keskiarvo ja vaihtelu tai liukuvassa prosessissa suuntaus ja vaihtelu säilyvät lähes muuttumattomana. Keskiarvon ympärillä tapahtuvan vaihtelun pitäisi tapahtua vain yleisistä syistä. Vaikka prosessi ei olisi suorituskyyinen luonnollisen vaihtelun ollessa liian suuri, se voi silti olla vakaa. (Salomäki 1999,194)

4.7. Hallinnassa oleva prosessi

Prosessi on hallinnassa silloin, kun siinä ei ole osoitettavissa erityisyyttä, vaan kaikki havaittu vaihtelu on tulkittavissa prosessille ominaisista, sisäisistä ja aina vaikuttavista vaihtelun lähteistä riippuvaksi. Prosessi siis käyttäytyy ennustettavasti silloin, kun se on hallinnassa. (Salomäki 1999,194)

4.8. α - ja β -virheet

Kun tilanteeseen reagoidaan väärin sitä kutsutaan α -virheeksi (joissakin tapauksissa a- tai I-lajin virheeksi) Esimerkiksi laadunvalvonta hylkää erän, vaikka se oikeasti täyttäisikin vaatimukset tai sitten prosessia aletaan säätämään ulkoisen häiriön perusteella. Tällöin riski prosessin hajontaan kasvaa.

β -virhe (b-virhe tai II-lajin virhe) tehdään, jos johonkin asiaan jätetään reagoimatta. Näin tapahtuu esimerkiksi silloin, kun prosessin poikkeama todetaan erityisyyksi vaikkei se sitä oikeasti ole. B-virhe tapahtuu myös silloin, kun laadunvalvonta hylkää täysin vaatimukset täyttävän erän. Näitä virheitä

kutsutaan yleisesti myös aliohjaukseksi, josta aiheutuu prosessissa olevan ongelman kasvua siihen pisteeseen asti kunnes ollaan pahoissa vaikeuksissa.

Kun halutaan estää mahdollisimman varmasti hylkytuotteiden pääseminen markkinoille, joudutaan samalla lisäämään hyvienkin tuotteiden hylkäämistä. Tällöin ajaudutaan tilanteeseen, jossa esiintyvät a- sekä b-virhe, joita kumpaakaan ei voida minimoida yhtä aikaa. (Salomäki 1999,194 –195)

5. Valvontarajat

Valvontarajat lasketaan aina valvontakorttikohteisesti, mutta niihin pätevät aina tietyt yleiset asiat. Tilastomatematiikkaa soveltaen voidaan laskea rajat, joiden sisään havainnoista jää tilastollisesti määrätty osuus. Valvontarajat yleensä määritellään kolminkertaisen hajonnan estimaatin etäisyydelle symmetrisesti kummallekin puolelle keskiarvoa, jolloin väli kattaa 99,73%.

Ongelma valvontarajojen määrittelyssä on se, että rajallisen näytteiden perusteella olisi tehtävä johtopäätöksiä koko perusjoukosta, joka on tutkimuksen kohteena. Valvontarajojen ja suorituskykylukujen laskenta perustuu keskihajonnan estimaattiin, koska hajonta on korjattava harhattomaksi. Keskihajonnan estimaatin laskennassa käytetään erilaisia eräkoon mukaan taulukoituja kertoimia.

$$UCL = \bar{\bar{x}} + 3 \cdot \hat{\sigma}$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - 3 \cdot \hat{\sigma}$$

Graafisesta esityksestä ei saa vetää suoria johtopäätöksiä, vaan aina avuksi tarvitaan vähintään valvontarajat ja keskiarvo.

Käyttötarkoituksesta riippuen valvontarajat voidaan jakaa viiteen eri ryhmään: raportti-, tuotanto-, jatkuvan parantamisen-, apu- ja pre-control-valvontarajoihin. (Salomäki 1999, 206 – 209)

Raporttivalvontarajat muodostetaan ensimmäiseksi kun käytettävissä on riittävästi mittaustuloksia (yleensä vähintään 20). Rajojen avulla arvioidaan prosessin nykytilaa ja sitä, että kuinka asiat ovat menneet. Raporttivalvontarajoihin kootaan kaikki tulokset ja vaihtelu. Mukaan otetaan myös erityyppisiä ja mittausjärjestelmästä johtuva vaihtelu. Kun erityyppisyys on poistettu ja prosessi on hallinnassa, prosessille voidaan määrittää tuotantovalvontarajat. Ne voidaan määrittellä pysyviksi ja käyttää siitä eteenpäin prosessin valvonnassa hyväksi. Prosessin muuttuessa rajat ovat päivitettävä uudelleen. (Salomäki 1999, 208)

Erona jatkuvan parantamisen valvontarajoissa on tuotantovalvontarajoihin se, että niitä päivitetään aktiivisesti. Tällä tavoitellaan hajonnan pienentämistä, joka ilmenee valvontarajojen lähestymisenä vaihtelun keskiarvoa. Valvontarajojen päivitys voi olla jatkuvaa, jolloin se lasketaan uusiksi aina, kun mukaan otettava mittaustulos on todettu normaaliksi. (Salomäki 1999, 208)

Tulkinnan helpottamiseksi valvontakorttiin voidaan määrittellä erilaisia apurajoja. Esimerkiksi yhden ja kahden sigman rajat ovat sellaisia. Käytettäessä pre-control-menetelmää toleranssialueesta rajataan ylin ja alin neljännes pysäytysrajoiksi. Tätä menetelmää ei yleensä luokitella SPC:ksi, mutta se on oikein käytettynä oikeassa kohteessa tehokas ja helposti automatisoitavissa. (Salomäki 1999, 209)

Liukuvasta prosessista puhuttaessa tarkoitetaan tilannetta, jossa mittausten keskiarvo siirtyy luonnollisen syyn takia kohti toleranssirahaa tai poispäin siitä. Tuloksiin siis silloin ilmenee nousevaa tai laskevaa suuntausta.

Prosessin liukuminen vaikeuttaa SPC:n soveltamista prosessiin. Tällöin valvontarajoja ja suorituskykyä ei voida määrittää normaalisti; esimerkiksi jakauma ei näytä normaalijakaumalta. SPC voi silti tuoda uusia ulottuvuuksia liukuvan prosessin hallintaan. Seuraavat valvontakorttityypit soveltuvat liukuvaan prosessiin: (Salomäki 1999, 210)

- Liukuman kompensoiva xz_c/MR -kortti
- Vain liukuman huonoimman tapauksen huomioiva x_w/MR -kortti
- Valvontarajat liukuman suuntaan laskeva xz/MR -kortti

x = selittävä muuttuja

z = liukuva muuttujan arvo

z_c = liukumattomaksi kompensoitu liukuvan muuttujan arvo

x_w = liukuvan muuttujan arvon pahin tapaus

Ajelehtivan prosessin tuntomerkit voi helposti sekoittaa erityisyyihin. Yleisiä tuntomerkkejä ovat mittaustulosten keskiarvon liukuminen, huojuminen ja ajelehtiminen pitkällä aikavälillä prosessista itsestään johtuvista syistä. Tulos käyttäytyy niin, ettei prosessia voida pitää vakaana. (Salomäki 1999, 210)

Tyypillisesti prosessin ajelehtimisen aiheuttaa ilman kosteuden ja lämpötilan vaikutus koneeseen ja materiaalin ominaisuuksiin. Ongelmaa voidaan lähestyä kahdelta eri kannalta: sitä joko pyritään vähentämään tai sen kanssa on opittava elämään. Kun ajelehtiminen on opittu tuntemaan siten, että prosessi ei ole enää sattuman armoilla ajelehtimistä, silloin voidaan käyttää valvontakortteja, jotka kompensoivat ja huomioivat muutokset. (Salomäki 1999, 210 – 211)

Valvontarajat olisi syytä päivittää aina, kun prosessissa itsessään on tapahtunut suorituskykyä muuttava muutos. Kun valvontarajat lasketaan uudestaan, siihen johtaneet syyt tulee dokumentoida ja rajojen laskemisen jälkeen rajojen käyttökelpoisuutta on seurattava, kunnes tuloksia on saatu riittävä määrä.

Vaihtoehtona on myös käyttää tietokoneen laskentaominaisuuksia ja määrittää liukuvat valvontarajat edellisten tulosten perusteella ja verrata aina uutta otosta (esim. 20 kpl) näihin. Jos uusin tulos todetaan normaaliksi, sen jälkeen se voidaan ottaa laskentaan mukaan ja pudottaa vanhin mittaustulos pois. (Salomäki 1999, 211)

6. VALVONTAKORTIT

Valvontakorttiin kootun tiedon perusteella määritellään prosessin tilastollinen suorituskyky. Kerätty tieto esitetään graafisessa muodossa ja sen perusteella voidaan ennustaa prosessin tulevaa käyttäytymistä ja löydetään prosessin muutokset.

Mittaustulokset kerätään valvontakortissa taulukkoon ja lisäksi tuloksia havainnollistaa yksi tai useampi graafinen kuvaaja. Valvontakortin ulkonäkö vaihtelee käytettävän tietokoneohjelman tai kortin laatijan näkemyksen mukaan. Varsinaista standardia ei enää valvontakorteista käytetä. Ongelmatilanteista saa helpommin lisätietoa, kun korttiin yhdistetään histogrammi. (Salomäki 1999, 212)

6.1. Valvontakortit käytön mukaan

Valvontakortteja voidaan käyttää palvelu- ja tuotantoprosesseissa eri tavoin. Ronald J. Wheeler on luokitellut kortit viiteen erilaiseen ryhmään käyttötavan mukaan. (Salomäki 1999, 213)

Raporttivalvontakortti on yleensä ensimmäinen kortti joka prosessista laaditaan. Siihen kerätään tietoja prosessin toteutumista ja sitä käytetään satunnaisesti tutkittaessa, että miten asiat ovat sujuneet. Jos korteista vedetään tilastollisia johtopäätöksiä, niin ensin tulee poistaa kaikki erityisyyt ja laskea prosessin keskihajonta. (Salomäki 1999, 213)

Säätövalvontakorttia käytetään prosessin säätämiseen kohti tavoitekeskiarvoa. Sen avulla kuvataan graafisessa muodossa keskiarvoja ja mittaustuloksia. Kortin tarkoituksena on havainnollistaa numerotietoa, eikä siihen lasketa valvontarajoja, joten tällöin erityisyyttä ei voida havaita. Säätövalvontakortin tavoitteena onkin yhdenmukaistaa prosessia, mutta vaarana on ajautuminen prosessin ylimääräiseen säätämiseen. (Salomäki 1999, 213)

Kun analysoidaan aineistoa, joka on koottu ennen ja jälkeen yksinkertaisen kokeen, käytetään kokeiluvälöntakorttia. Sen tarkoitus on helpottaa kokeilun vaikutusten selvittämistä ja antaa lisätietoa keskiarvon ja vaihtelun muuttumisesta kokeen aikana. Korttia on helppo käyttää ja tulkita ilman vaativien menetelmien ja tilastotieteen parempaa tuntemusta, mutta se ei ole yhtä tehokas kuin kehittyneemmät koesuunnittelu- ja analysointimenetelmät. (Salomäki 1999, 213)

Seurantavälöntakortteja käytetään useampaa samaan aikaan johon kerätään myös yhtä aikaa tuloksia. Tällä käytännöllä yritetään saamaan lisätietoa esimerkiksi riippuvuuksien havainnoinnista. Usean kortin käytöllä voidaan myös pyrkiä löytämään sopiva korttivaihtoehto pysyvään käyttöön. (Salomäki 1999, 214)

Jatkuvan parantamisen välöntakorttia voidaan käyttää säännöllisesti tai pitkäaikaiseksi. Sen periaatteena on seurata prosessin tärkeimpiä muuttujia ja sen avulla pystyy myös havaitsemaan luotettavasti prosessin muutokset ja erityisyyt. (Salomäki 1999, 214)

Muuttujakortteja käytetään, kun tulkitaan jotain tuotteesta tai prosessista mitattavaa suuretta. Mittausmenetelmä ja -asteikko määrittää, että kuinka tarkasti mittaus voidaan suorittaa.

Perinteisiä muuttujakorttityyppejä ovat:

- \bar{x}/R -kortti
- x/MR -kortti
- \bar{x}/s -kortti
- x -kortti

Koska tarkastuskohteena voi olla jatkuva tai erävalmistusprosessi, tällöin tarvitsee muuttujakortteja, jolla pystyy mittaamaan suuretta joka voi saada erilaisia arvoja eri hetkinä. (Salomäki 1999, 214 – 216)

Lukumäärinä esitettävän tiedon käsittelyyn käytetään ominaisuuskortteja. Niihin kerättävät havainnot voivat olla mitä tahansa lukumäärinä laskettavia eikä pelkästään vikoja ja virheitä. Perinteisiä muuttujakortteja ovat:

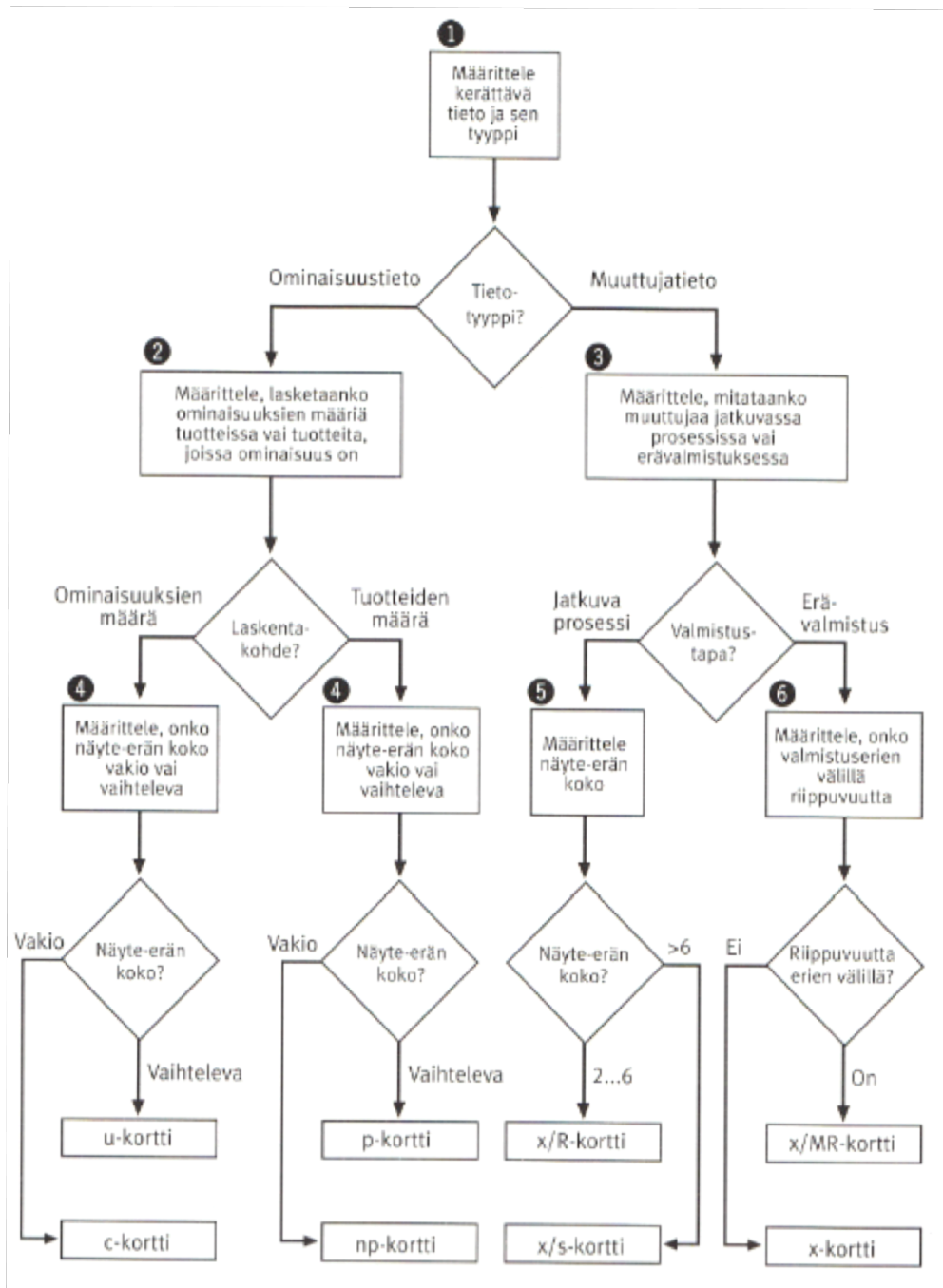
- c-kortti
- u-kortti
- p-kortti
- np-kortti

Perinteisesti muuttujakortteja käytetään kahteen eri tarkoitukseen

1. Tuotteessa olevien ja siitä puuttuvien ominaisuuksien laskemiseen. Esimerkiksi vikojen määrä tuotannosta päivittäin näytteeksi otetussa tuote-erässä
2. Lasketaan tuotteita, joissa jokin ominaisuus on tai joista puuttuu. Esimerkiksi näyte-erän tai päivätuotannon viallisten osien määrä. (Salomäki 1999, 216 – 217)

7. Valvontakorttien käyttöönotto ja hyödyntäminen

Prosessiin sovelletaan vain täysin harkittua toimivaksi todettua valvontakorttia, joka on laadittu yhdessä työntekijöiden kanssa. Alla olevat numerot viittaavat valintakaavioon



Kaavio 2. Valvontakorttien käyttöönotto

1. Ensin tarvitsee määritellä, että mitä asioita ja millaisilla mittareilla mitataan. Ensin tulisi pyrkiä muuttujatiedon keräämiseen, mutta jos se ei sovellu niin aloittaa voi myös ominaisuustiedoilla. Myöhemmässä vaiheessa prosessista todennäköisesti opitaan tunnustamaan joitakin muuttujia käyttäen prosessin tilaa kuvaavia prosessisuureita.
2. Jos kerätään ominaisuustietoa niin tarvitsee määritellä, että kerätäänkö ominaisuuksien määrätietoa vai ominaisuuden sisältävien tuotteiden määrätietoa. Kun tuotteita luokitellaan eri luokkiin ja tiedetään tarkasti eri luokkiin sijoittuvien määrä, se on ominaisuuden sisältävien tuotteiden määrätiedon määrittämistä. Kun määritellään ominaisuuksien määrätietoa, tiedetään havaintojen määrä, mutta koska yhdessä tuotteessa voi olla useita ominaisuuksia, ei vastalukua voida määritellä.
3. Muuttujatietoa kerätessä tarvitsee määritellä kerätäänkö tietoa prosessista vai erävalmistuksesta. Jos prosessi on jatkuva, silloin eriä ei voida erotella selkeästi toisistaan ja jäljittäminen perustuu kellonaikaan, laskuriin tai vastaavaan. Prosessin ollessa jatkuva, tarvitsee huomioida, että prosessin luonne voi muuttua valmistusketjun aikana.
4. Kun kerätään muuttujatietoa, täytyy määritellä onko näyte-erän koko vakio vai vaihteleva.
5. Muuttujia seuratessa jatkuvassa prosessissa voi näyte-eriä olla yksi tai useampia. Näyte-eriä ollessa yksi ei voida käyttää \bar{x}/R - korttia, joten silloin jatkuvaa prosessia valvotaan kuten erävalmistusta x/MR - kortilla. Näyte-eriä voidaan myös muodostaa keinotekoisesti käyttäen viiden peräkkäisen havainnon liukuvaa sarjaa. Yleensä \bar{x}/R - korttia käytettäessä näyte-erien koko tulisi olla vähintään 4, mutta jos erän koko on yli 6, niin silloin tulisi käyttää \bar{x}/s - korttia. Selvää näyte-erän koon rajaa ei voida korttityypeissä määrittää, vaan oikea kortti löytyy loppupeleissä kokeilemalla.
6. Erävalmistuksessa on määriteltävä, onko erien muuttujien välillä jonkinlainen riippuvuus vai ovatko ne yksilöllisiä. Kun erävalmistus on

riippuvainen, se on luonteeltaan sellaista, että prosessin säätö säilyy erästä toiseen, eikä asetuservoja jouduta määrittämään uudestaan. Jos prosessi on riippumaton, keskiarvo voi vaihdella itsenäisesti. Toinen riippumaton tapaus syntyy silloin, kun yksittäiset näytteet saapuvat mitattavaksi epämääräisessä järjestyksessä. (Salomäki 1999, 218 – 220)

7.1. Näyte-erän koko ja näytteenottoväli

Prosessin mukaan määräytyy näyte-erän koko ja näytteenottoväli. Koon ja välin ratkaisemiseksi voi olla monta eri vaihtoehtoja. Näytemäärää voidaan lisätä ottamalla näytteitä useammin tai kerralla enemmän. Näyte-erät ovat yleensä vakiosuuruisia, mutta jos sitä ei saada, voidaan menetellä seuraavin eri tavoin:

- Käytetään vain samansuuruisien näyte-erien tuloksia samassa kortissa.
- Eristä tehdään samansuuruisia pudottamalla ylimääräiset tulokset pois.
- Käytetään keskimääräistä näyte-erän kokoa.
- Valvontarajat lasketaan eräkohtaisesti.
- Erät normalisoidaan vastaamaan toisiaan.

Näytteenottoväliä voidaan pidentää sitä mukaan, mitä vakaampi ja suorituskykyisempi prosessi on. Yleensä tuotteen laadunvalvonta tuottaa tarpeeksi mittaustuloksia, joita voidaan käyttää prosessin valvonnassa.

Kun suunnitellaan näytteenottoa, niin tulee huomioida näytteenoton kustannukset. Kustannuksiin vaikuttavia seikkoja ovat esimerkiksi näytteen materiaalin hinta, näytteen ottamiseen kuluva aika, prosessiin aiheutuva mahdollinen häiriö tai keskeytys, mittaaminen ja analysointi. Suunniteltaessa näytteenottoa tulee ottaa huomioon seuraavat seikat:

- Vaihtelu tietyllä hetkellä prosessin yli eli prosessin poikittainen tasalaatuisuus. Kuinka monta näytettä tarvitsee ottaa kerralla, että saadaan prosessin sisäisestä vaihtelusta luotettava kuva?

- Prosessin pitkittäinen vaihteluherkkyys hetkestä toiseen eli vaihtelu ajan suhteen. Kuinka tiuhaan prosessista pitää ottaa näyte, että saadaan luotettava kuva?
- Eri näyte-erien näytteiden ja näyte-erän näytteiden tulee olla samasta prosessista, jolloin niihin vaikuttaa samat vaihtelun lähteet. (Salomäki 1999, 220, 222)

7.2. Laskentatarkkuus

SPC:n laskennassa pätee yleiset matematiikan laskentasäännöt ja laskentatarkkuudesta yleensä huolehtii tietokone muistaen kaikki väliarvotkin tarkasti. Tarkkuus määrittyy lähtöarvoista eli mittaustuloksista, jolloin lopputulokset eivät tarkennu, vaikka desimaaleja lisättäisiinkin. Yleisesti lukujen käyttökelpoisuus kärsii turhasta tarkkuudesta, paitsi tilanteissa, kun on tarpeellista laskea ja merkitä keskiarvot. Tällöin tulokset voidaan esittää desimaalin verran mittaustarkkuutta tarkemmin havainnollisuuden lisäämiseksi. Hitoshi Kume esittää, että näyte-erän keskiarvo pitäisi laskea yhtä desimaalia tarkempana, kuin alkuperäiset arvot ovat ja kokonaiskeskiarvo ja vaihteluvälin keskiarvo pitäisi laskea kaksi desimaalia tarkemmin. (Salomäki 1999, 223)

8. Valvontakortin tulkinta

Valvontakortin käyttöönottoaminen tehokkaaksi työkaluksi edellyttää, että prosessiajattelu on omaksuttu ja tunnistettu osaksi kokonaisuutta. Valvontakortti tulee laatia yhteistyössä prosessin henkilöstön ja kortin tulevien käyttäjien kanssa.

8.1. Valvontakorttien tulkintasäännöt ja tulkinta

Valvontakortti ei ole yksistään tuotteen laadunvarmistustyökalu, vaan tilastollinen valvonta kohdistuu prosessiin ja sen hallintaan. Valvontakortin tulkinta edellyttää, että prosessi on lähes normaalijakautunut ja valvontarajat oikein määritelty. Erityiset tulkintasäännöt auttavat toteamaan valvontakorteista erityisyyt ja siirtymät jotka ilmaisevat prosessissa tapahtuneen muutoksen.

Prosessin hallitsemattomuus tai hallinnassa olo on kummatkin aina perusteltava tilastollisesti. Jotta prosessi olisi hallinnassa, on seuraavien tunnusmerkkien täytyttävä:

- Yksikään havainto ei sijaitse yli valvontarajat tai erityisyyksi tulkittavia tilanteita ei esiinny.
- 2/3 tuloksista sijaitsee valvontarajojen välin keskimmaisella kolmanneksella.
- Keskiarvon ylä- ja alapuolella sijaitsee suunnilleen sama määrä tarkastelujakson tuloksista.

(Salomäki 1999, 311 – 312)

8.2. Tulkitsemisen yleisohjeita

Heti kun tulos on käytettävissä, tulee tehdä tilanteen tulkinta. Esimerkiksi jos erillisessä laadunvalvontalaboratoriossa syntyy mittaustulos prosessin lähettämästä näytteestä, niin ensimmäinen tulkinta on tehtävä siellä.

Erytyssyyntä ilmetessä tulee ottaa selvää, että koska se on alkanut vaikuttaa ja kuinka suuri sen vaikutus on tuotelaatuun. Joskus tilastollisen poikkeaman aiheuttajaa ei saada selvitettyä, koska prosessin käyttöä on pakko jatkaa. Tällöin on päätettävä, että tarvitaanko tuotelaadun varmistamiseksi laadunvalvonnan tehostamista tai muita vastaavia toimenpiteitä.

Toisinaan prosessissa ilmaantunut häiriö jää lyhytaikaiseksi ja tilanne palaa nopeasti takaisin normaalitilaan. Häiriötä ei kuitenkaan saa jättää huomioimatta vaan se on dokumentoitava mahdollisimman tarkasti (ajankohta, materiaalierä, työvaihe). Jos häiriö ilmaantuu uudelleen, niin siitä voidaan saada jo jopa seuraavalla kerralla tarpeeksi tietoa syyn kartoittamiseen.

Erytyisyys saattaa jäädä selvittämättä resurssipulan takia. Esimerkiksi tuotannolliset kiireet ja kaikki muut, paitsi lyhytaikaiset esteet eivät ole hyväksyttäviä. Havainnot on aina dokumentoitava, vaikka siihen ei heti ehdittäisikään saman tien puuttumaan.

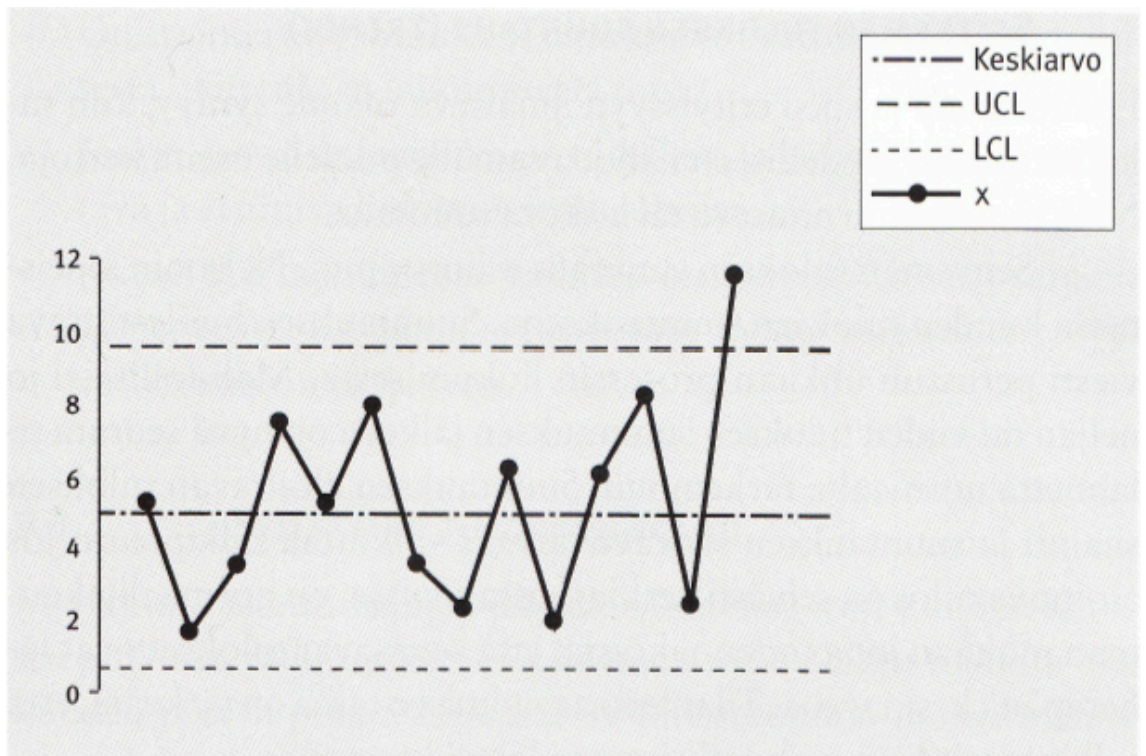
Prosessi ei ole hallinnassa, jos erityisyyttä ilmenee jatkuvasti. Tällöin valvontarajojen ja C_p :n määrittely on hyödytöntä. Prosessi on ensin saatava hallintaan ennen kuin voidaan määritellä valvontarajat. Prosessi osoitetaan olevan hallinnassa kuvaamalla sen kulku, tutkimalla vaihtelun lähteet ja korjaamalla sekä poistamalla häiriöt, kunnes jakauma osoittaa sen olevan hallinnassa. (Salomäki 1999, 313 – 314)

8.3. Kuvaajien tulkintasäännöt

Mittaustulosten tai keskiarvojen ja vaihtelun kuvaajista on helppo tunnistaa erityisyyshälytykset tiettyjen alla esiteltyjen sääntöjen mukaan. Erityisyyshälytys tarkoittaa tilannetta, jolloin epäillään prosessiin vaikuttavan jokin erityisyyksi katsottava asia. (Salomäki 1999, 314)

8.4. Valvontarajan ylittävä tulos

Valvontarajan ylittävä tulos on helpoin tunnistettavissa oleva erityisyys, mutta silti tärkein erityisyys (kuva 8.1).



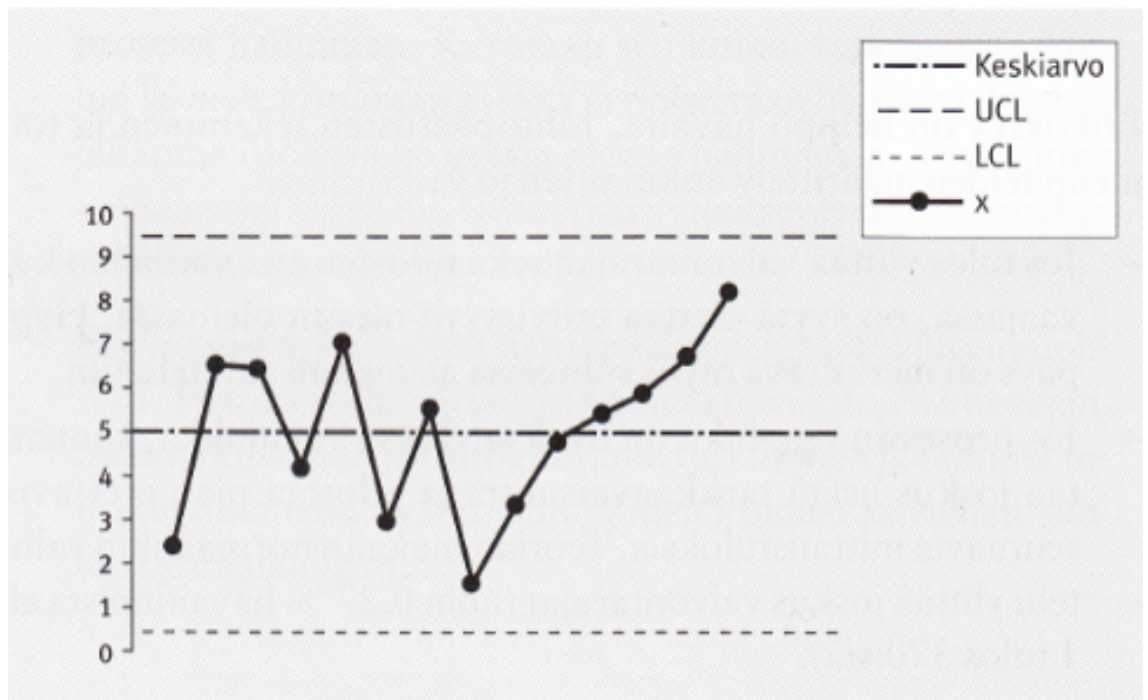
Kuva 8.1 Valvontarajan ylittävä mittaustulos

Vaikka erityisyys on helppo havaita, siitä johtopäätösten tekeminen ja toimenpiteiden määrittely on hankalaa. Jos tuloksen hyppäys on merkittävä suhteessa aikaisempaan vaihteluun ylittäen samalla valvontarajan, tulee olettaa erityisyyden olevan olemassa. Histogrammin tarkastelu antaa myöskin lisätietoa siitä, että poikkeako jakauma normaalista. Jos histogrammin

jakauma on kaksihuippuinen, toinen havaintojoukoista saattaa olla lähempänä valvontarajaa aiheuttaen sen ylityksiä. (Salomäki 1999, 315)

8.5. Seitsemän tuloksen trendi

Epänormaaliksi tulkittava tilanne syntyy kuin tulokset asettuvat edelliseen nähden samalle puolelle muodostaen nousevan tai laskevan suuntauksen. Tilanne viestii prosessin liukumisesta ja tilanteeseen tulisi kiinnittää erityishuomiota jo neljännen mittaustuloksen jälkeen (kuva 8.2).

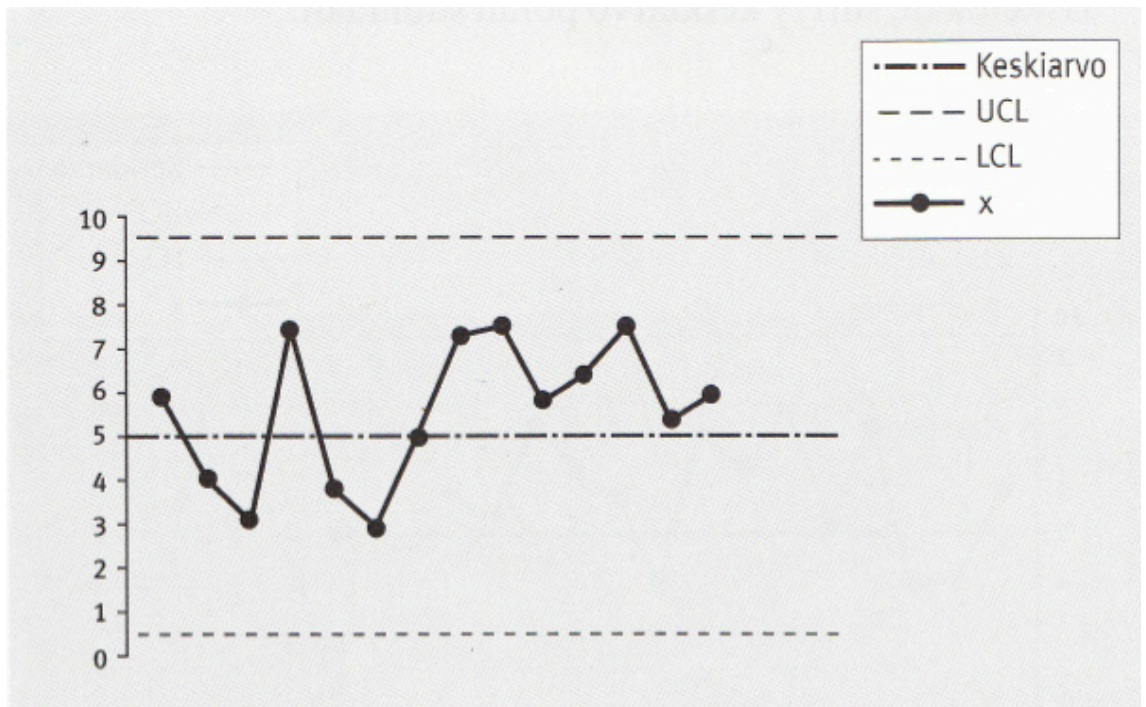


Kuva 8.2 Seitsemän tuloksen suuntaus

Suuntausta tulkittaessa on arvioitava, että onko se prosessille ominaista johtuen kulumisesta, lämpenemisestä tai muusta syystä. Nouseva taikka laskeva trendi johtaa aina loppupeleissä valvontarajan ylittävään tulokseen. (Salomäki 1999, 316 – 317)

8.6. Seitsemän tuloksen polku

Seitsemän tuloksen polku tarkoittaa seitsemän tuloksen sijoittumista samalle puolelle keskiarvoa. Todennäköisyys seitsemän tuloksen perättäiseen esiintymiseen samalla puolella on 0.78%, joten tulee kiinnittää huomiota mahdollisen erityisyyden ilmaantumiseen (kuva 8.3).

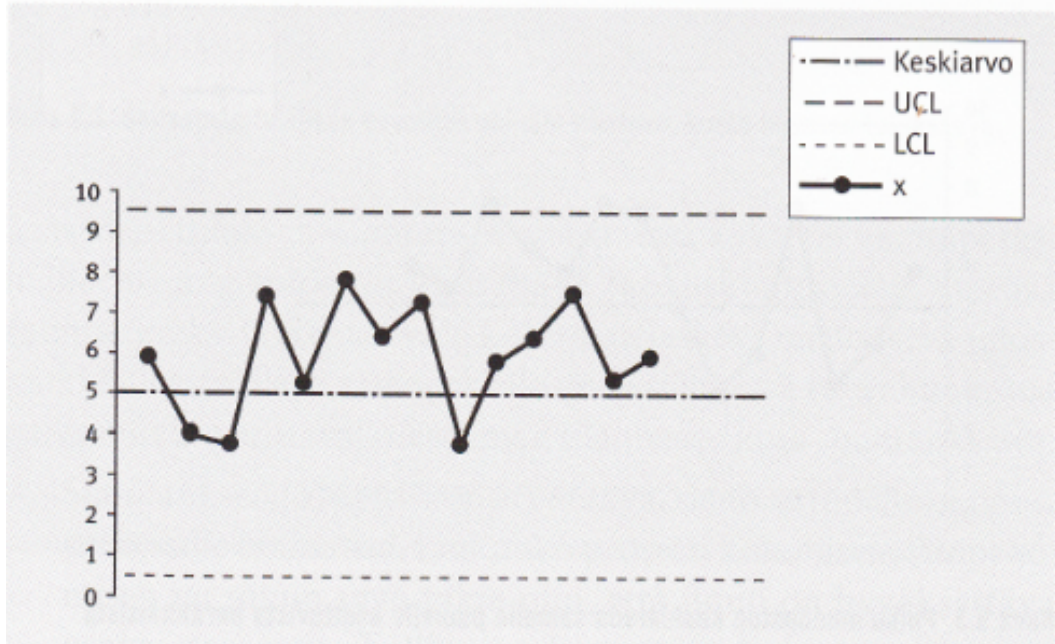


Kuva 8.3 Polku muodostuu samalle puolelle tulevista peräkkäisistä tuloksista

Polun muodostuminen viestii uhkaan prosessin siirtymästä, joka voi olla hallitsematon ja muuttua ennakoitumattomaksi. Polun löytyessä tulee arvioida, että onko siirtymä prosessille tyypillistä esimerkiksi materiaalierästä, huollosta tai tekijästä johtuvaa. Jos se on tyypillistä niin tulee harkita keinoja eliminoida muutosta tai määrittää valvontarajat uudestaan. (Salomäki 1999, 317 – 318)

8.7. Muut polut (n tulosta m:stä keskiarvon samalla puolella)

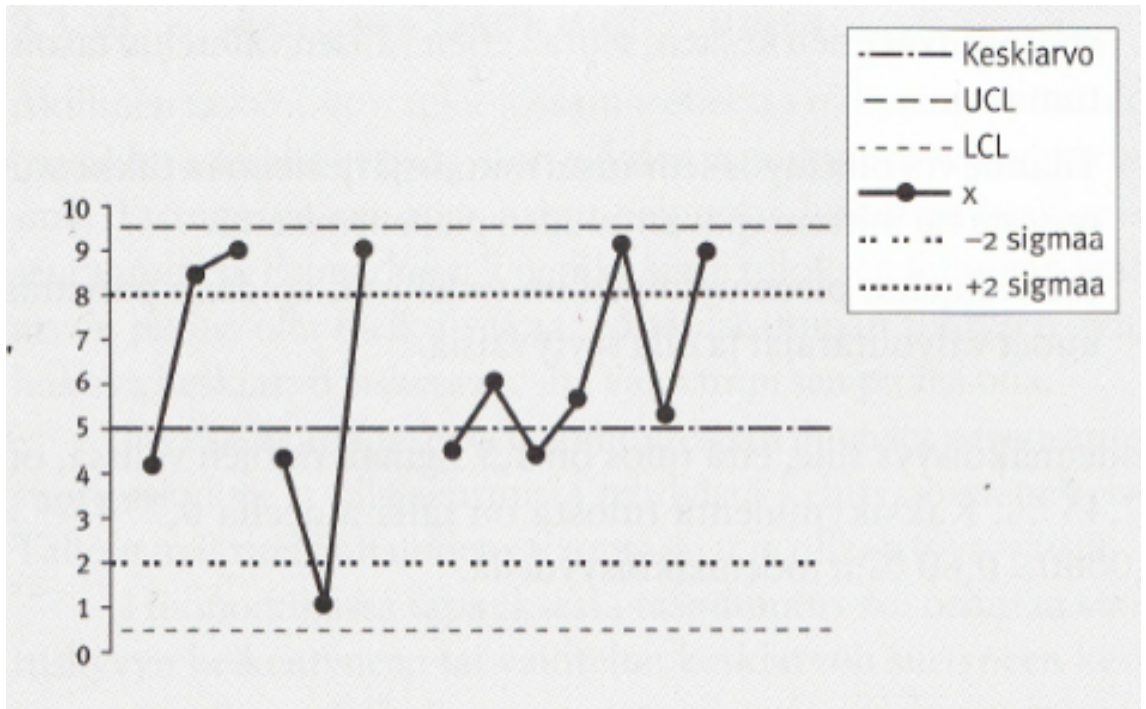
Tilanteeseen reagoidaan samoin kuin seitsemän tuloksen polkuun. Tässä erityisyyksi todetaan tilanne, jossa tulokset painottuvat epänormaalisti toiselle puolelle keskiarvoa (kuva 8.4). (Salomäki 1999, 319)



Kuva 8.4 Suurin osa tulosjoukosta on asettunut keskiarvon yläpuolelle

8.8. Kaksi kolmesta tuloksesta yli 2 sigman rajan

Kahden sigman rajat sijaitsevat keskiarvosta $2/3$ valvontarajan etäisyydellä. Normaalijakauman mukaan hajonta-alueen rajoilla tulisi tulosten olla niin harvoin, että kaksi kolmesta perättäisestä ei tulisi sinne normaalisti asettua. Ilmiön selittää tilapäinen tai pysyvä prosessin siirtymä, mittausvirhe tai vaihtelun kasvu (kuva 8.5). Todennäköisyys binomijakauman mukaan kahdelle ylitykselle kolmesta on noin 0,6% (Salomäki 1999, 319)



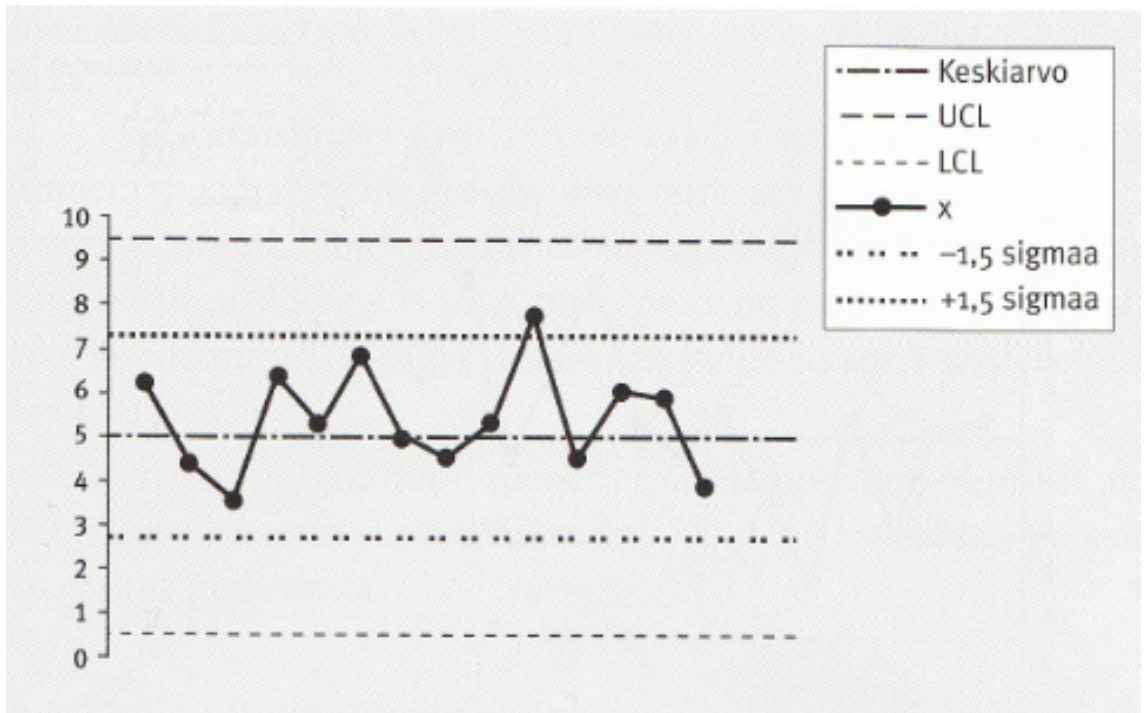
Kuva 8.5 Tulos on harvoin lähellä valvontarajaa, jolloin kaksi kolmesta muodostaa jo poikkeuksen tilanteeseen.

8.9. Viisi tulosta yli 1 sigman rajan

Sääntö on rinnastettavissa yllä olevaan, mutta tarkoittaa peräkkäisiä tuloksia, joita verrataan yhden sigman rajaan. Mahdollisuus, että viisi havaintoa ylittää yhden sigman rajan on 0,32% (Salomäki 1999, 320)

8.10. Suurin osa tuloksista 1,5 sigman rajojen välillä

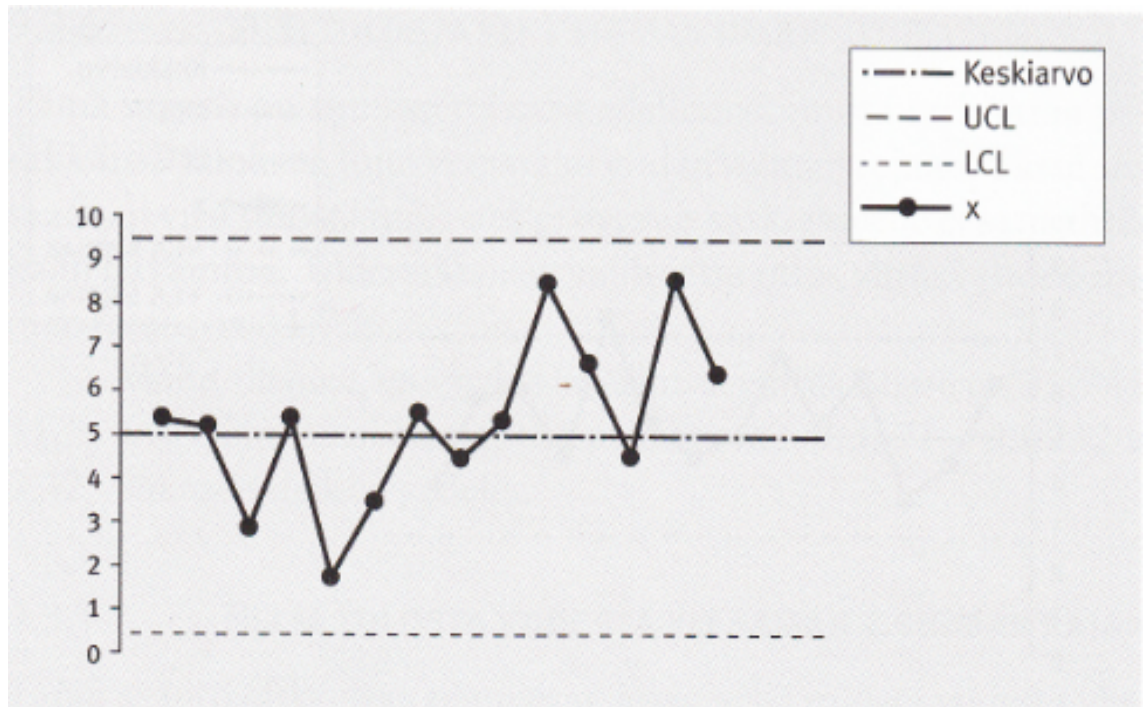
Normaalijakauman sääntöjen mukaan tulee tulosten keskittyä lähelle jakauman keskiarvoa. Jos tulosten keskittyminen on poikkeuksellisen voimakasta verrattuna aiempaan, tilanne tulee arvioida uudelleen (kuva 8.6). Keskittyminen saattaa johtua mittausjärjestelmän ongelmista tai näytteenotosta, mutta jos vaihtelun pienentyminen on todellista, voidaan valvontarajat päivittää uudelleen. (Salomäki 1999, 320)



Kuva 8.6 Liian voimakkaaseen keskittymiseen tulee suhtautua erityisyyinä

8.11. Tason muuttuminen äkillisesti

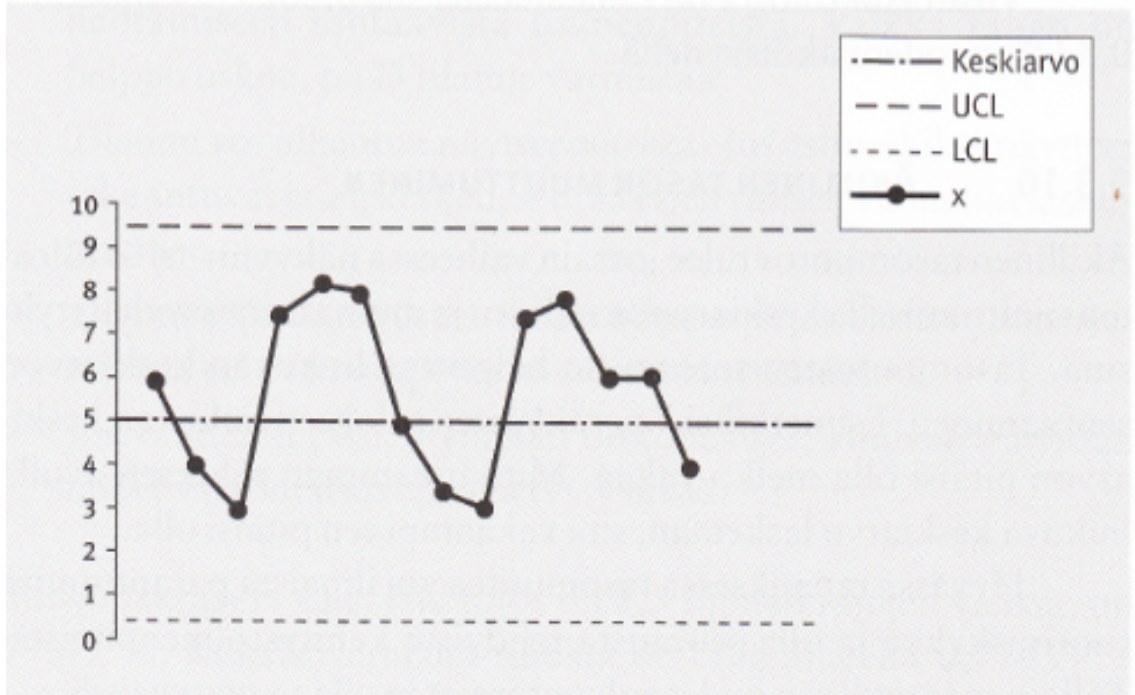
Äkillinen tason muuttuminen voi tulla ilmi tulosten sijoittumisella keskiarvoon nähden ja muina erityisyyhäilytyksinä. Liukuvan keskiarvon seuraaminen helpottaa tasomuutosten toteamista. Huonossa tapauksessa tasomuutos voi osoittaa suorituskyvyn heikentyneen ja vaihtelun keskiarvon siirtymisen keskiarvon toiselle puolelle. Tällöin syyn tunnistaminen ja poistaminen on tärkeää. Hyvässä tapauksessa tasomuutos kertoo parantuneesta suorituskyvystä ja tällöin voidaan määritellä uudet valvontarajat (kuva 8.7). (Salomäki 1999, 321)



Kuva 8.7 Tasomuutosta voi tapahtua parempaan tai huonompaan suuntaan

8.12. Tulosten jaksottaisuus

Autokorrelaatiota tutkimalla ja kuviota tarkastelemalla jaksottaisuus tulee ilmi. Se voi olla suuntaus ja sen äkillinen palautuminen. Esimerkkinä työkalun kuluminen ja sen vaihtaminen, jolloin tilanne voidaan käsitellä liukuvana prosessina. Jaksottaisuus ei ole haitallista, jos sen aiheuttaja hallitaan ja tunnetaan (kuva 8.8). (Salomäki 1999, 322)



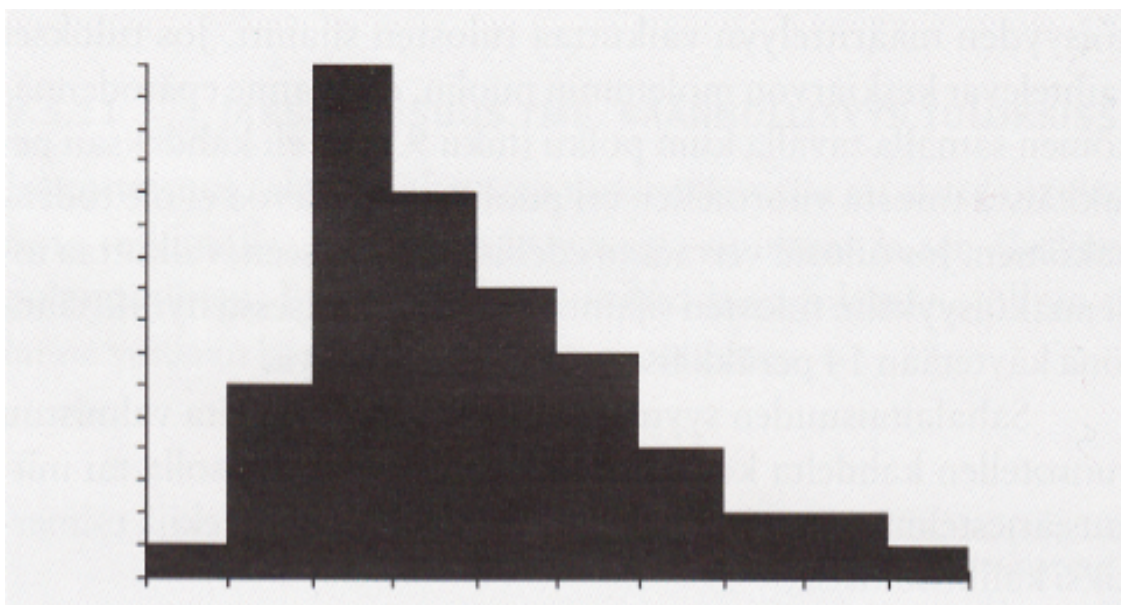
Kuva 8.8 Satunnainen vaihtelu ei muodosta toistuvaa jaksottaisuutta

8.13. Hyppivät tulokset

Perättäisten tulosten muodostama sahalaitainen kuvio ei ole todennäköinen. Tulosten sijainti vaikuttaa todennäköisyyden määrittelyyn. Jos tulokset vaihtelevat keskiarvon kummallekin puolelle on tilanne yhtä epätodennäköinen, kun polku-tapauksessa. Sahalaitaisuutta voi aiheuttaa se, että tuotetta valmistetaan kahdella eri koneella, joiden mittausjärjestelmässä on jokin heilahtelun aiheuttava tekijä tai ne toimivat eri tasolla. (Salomäki 1999, 323)

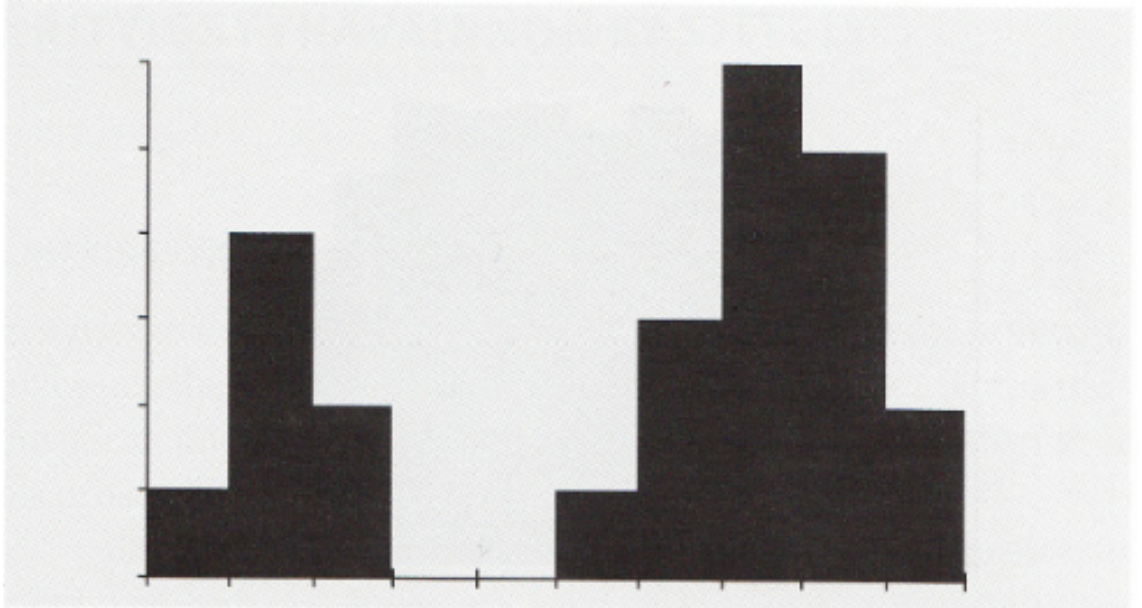
8.14. Epänormaali jakauma

Jos jakauma on luonteeltaan normaalijakaumasta poikkeava, se täytyy huomioida. Yleisin poikkeava tapaus on vino jakauma (kuva 8.9).



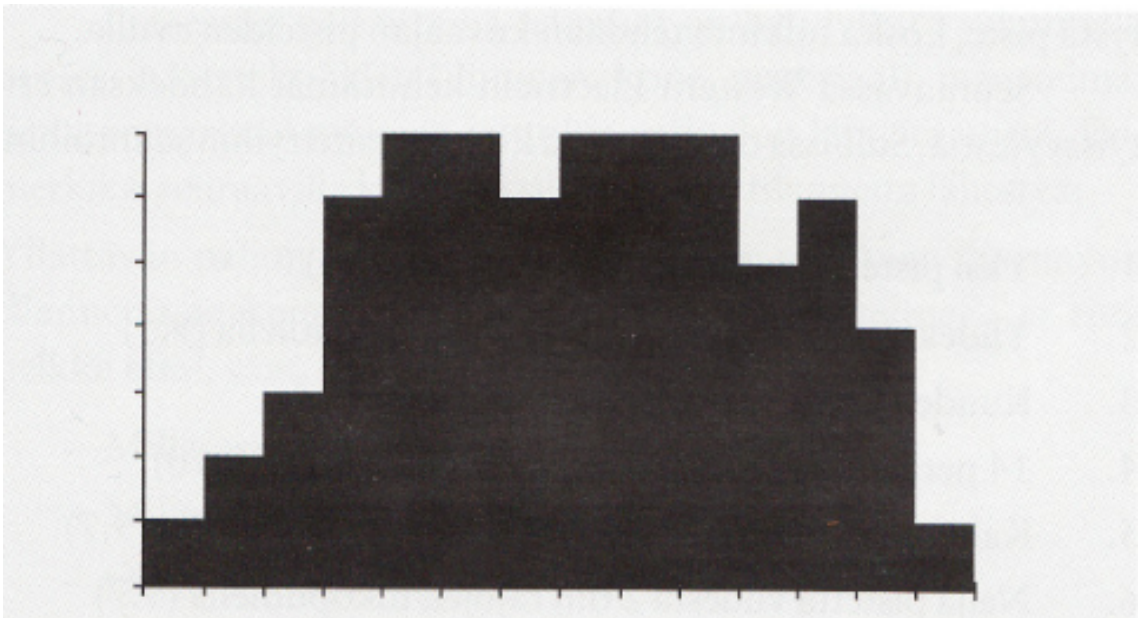
Kuva 8.9 Vino jakauma.

Jakauman muodon muutokset ilmaisevat prosessin muutoksia ja häiriöitä tehokkaasti. Prosessin siirtymä tapahtuu hitaasti ja silmämääräisesti tulkittava muutos löytyy jakauman muodosta. Esimerkiksi uutta materiaalierää on ensin harvemmin ja sitten enemmän mukana. Tällöin havaintoja alkaa kertyä kahteen keskittymään (kuva 8.10) (Salomäki 1999, 324)



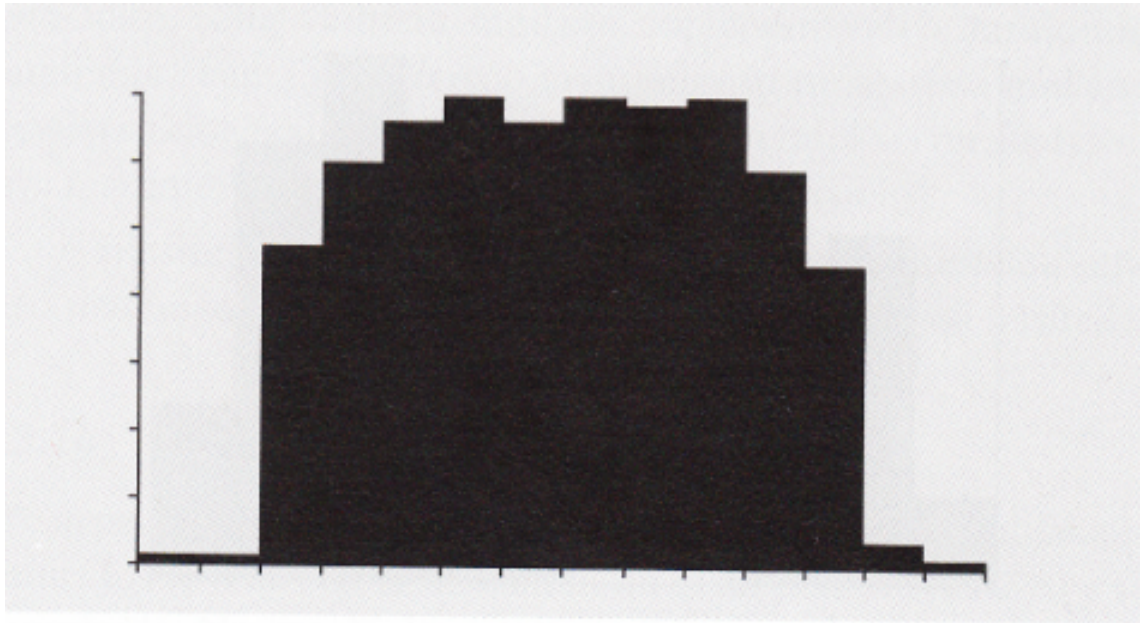
Kuva 8.10 Kaksihuippuinen jakauma.

Prosessin liukumisesta saattaa ilmaista myös tasahuippuinen jakauma (kuva 8.11). Liukuminen voi tapahtua yhteen suuntaan, jolloin ilmenee myös suuntaus, mutta liukuminen voi olla myöskin edestakaista, jolloin ilmenee tulosten jaksottaisuutta. (Salomäki 1999, 325)



Kuva 8.11 Tasahuippuinen jakauma.

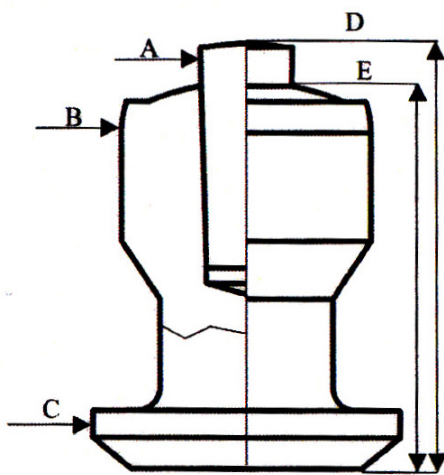
Jos prosessilla on tekniset rajat, niin ne leikkaavat tuloksista pois rajat ylittävät tulokset, jolloin vaihtelu näiden rajojen sisällä ei muodosta eheää normaalijakaumaa. Vaikka alkuaineisto muodostaisikin normaalijakauman, mutta tulos voi muodostua siitä, että toleranssin ylittävät ja alittavat tuotteet kalibroidaan toleranssialueelle tai hylätään (kuva 8.12). (Salomäki 1999, 325)



Kuva 8.12 Leikkautunut jakauma.

9. Nastan rakenne ja valmistusprosessi

Rengasnasta koostuu alumiinisesta tai teräksisestä runko-osasta sekä kovametallitapista. Koko, paino ja muut suureet vaihtelevat nastalajikohtaisesti, mutta yleisemmin erilaiset nastat muodosta riippumatta voidaan jakaa viiteen eri osaan: runkoon, alalaippaan, ylälaippaan, kovametallitappiin ja kokonaiseen nastaan.



- A) Kovametallitappi
- B) Ylälaippa
- C) Alalaippa
- D) Nasta
- E) Runko

Turvanasta Oy:ssä nastanvalmistusprosessi jakautuu karkeasti neljään eri vaiheeseen:

1. Aihion tyssäys rungoksi. Prosessissa alumiinilangasta leikattu aihio kylmäpuristetaan halutunmuotoiseksi nastarungoksi.
2. Kovametallitapin valmistus
3. Tapitus, jossa kovametallitappi liitetään runkoon

4. Lajittelu ja pakkaus. Prosessissa lajitellaan huonot nastat pois ja tehdään vielä visuaalinen tarkistus, jonka jälkeen tuote pakataan lähetysvalmiiksi.

Valmistusprosessi on pääpiirteittäin samanlainen nastatyypistä riippumatta, mutta pieniä eroavaisuuksia on riippuen esimerkiksi rungon materiaalista.

10. Uuden kameralajittelijan SPC-kortin tulkinta ja soveltaminen

SPC-datan kerääminen Turvanasta Oy:ssä tapahtuu lajittelun yhteydessä. Tiedot kootaan käyttäen uutta tilaustyönä valmistettua konenäköjärjestelmää, joka kuvaa tuotteen neljästä eri kulmasta, jolloin saadaan koottua valvontakortit yksityiskohtaisesti mitattavan ominaisuuden perusteella. Laite kokoaa valvontakortin tiedot 1000 viimeisimmän näytteen mukaan ja piirtää automaattisesti valvontarajat sekä histogrammin. Mitattavia ominaisuuksia ovat: nastan pituus, tappiulkonema, ala- ja ylälaipan halkaisija sekä kaksi vapaasti valittavaa leveysmittaa. Tärkeimmät kerättävät mitat ovat kuitenkin tappiulkonema ja kokonaispituus. Rungon pituutta sekä laipan halkaisijaa seurataan jo aikaisemmassa vaiheessa tuotantoprosessia, eivätkä ne ole niin alttiita yleiselle kohinalle, jolloin yksittäisten vikatuotteiden syntyminen ei ole niin todennäköistä kuin tapitusprosessissa.

Lajiteltavat tuotteet toimitetaan lajitteluun 100–350 tuhannen kappaleen erissä. Erän jokainen tuote kuvataan ja 1000:sta viimeisimmästä kerätään tiedot valvontakorttia varten. Suuren eräkoon takia ei tiedetä mahdollisten virheiden tarkkaa ajankohtaa, vaan tiedetään vain prosessin vaihe, jossa virhe on tapahtunut. Tuote- ja valvontanumeroiden avulla pystytään paikantamaan virheen alkuperä. Kameralajittelija poistaa erästä erityisyyksi luokiteltavat tuotteet, jolloin asiakkaalle ei päädy yhtään virheellistä tuotetta. Nollatoleranssitavoite b-virheiden suhteen nostaa todennäköisyyttä a-virheisiin ja siten johtaa hyvien tuotteiden tarpeettomaan hylkäämiseen.

10.1. Kuvaajan koostuminen

Valvontakortin kuvaajan tulokset muodostuvat viiden perättäisen näytteen keskiarvosta, joka kirjataan histogrammiin yhtenä tuloksena. Viiden näytteen erästä lasketaan myös vaihteluväli sekä mittaustulosten summa. Histogrammi kostuu yhteensä 30 pisteestä ja kattaa kaikkiaan 150 mittaustulosta. Valvontakorttiin kootaan kaksi histogrammia; ensimmäinen suurempi kuvaa kokonaispituutta ja jälkimmäinen seuraa vaihteluvälejä. Malli kuvaajasta löytyy liitteistä (liite 1)

10.2. Histogrammin analyysi

Histogrammin analysointia varten valvontakorttiin kerätään tunnuslukuja. Tärkeimpiä tunnuslukuja tuotannon kannalta ovat C_a -, C_p - ja C_{pk} -luvut. C_a -luku saadaan laskemalla itseisarvo jakamalla keskiarvon ja tavoitearvon erotus toleranssirajojen keskiarvosta. C_a -lukua tarvitaan suorituskyvyn määrittämiseen. C_p eli maksimisuorituskykyluku määritellään jakamalla toleranssirajojen erotus kuudesti kerrotulla vaihteluvälin ja vakion A_2 jakolaskun tuloksella. Suorituskykyluku eli C_{pk} -arvo lasketaan kertomalla yhden ja C_a -arvon erotus maksimisuorituskykyluvulla

$$C_a = (X - T_0) / \left(\frac{T}{2}\right)$$

$$C_p = \frac{T}{6} \times \text{Toleranssi}$$

$$C_{pk} = (1 - C_a) \times C_p$$

Lajittelussa tapahtuvan SPC-datan kerääminen ei ole pelkästään tarkoitettu oman sisäisen prosessin kehittämiseen, vaan valvontakortteja voidaan liittää myös asiakkaalle toimitettavan erän yhteyteen. C_{pk} -luvun lisäksi asiakasta kiinnostaa erityisesti erien keskiarvot sekä vaihteluvälit. Tuotteen jatkokäsittelyn kannalta on tärkeää, että tuote on tasalaatuista ja eikä erästä löydy virheellisiä tuotteita.

11. Uuden ja vanhan lajittelijan kuvaus ja vertailu

Tuotteet ajetaan kameralajittelijan läpi, silloin epäillään tai tiedetään tuotteessa olevan erityisyyksi luokiteltava virhe. Näitä virheitä ei voida poistaa normaalin mekaanisen lajittelijan avulla vaan sen havaitsemiseen tarvitaan konenäkötekniikkaa. Tyypillisimpiä tällaisia vikoja ovat kovametallitapin halkeaminen tai kalotin eli kovametallitapin pään murtuminen sekä rungon vääntyminen.

Aikasemmat kameralajittelijat ovat Turvanasta Oy:n omaa tuotantoa. Laitteissa käytettävä kameratekniikka on Omronin valmistamaa. Laitteessa on kaksi kameraa: yksi sivussa ja yksi päällä. Sivukameran avulla erästä voidaan poistaa tuotteet, jotka ovat vääntyneitä, huonoja kokonaispituudensa tai tappiulkonemansa puolesta sekä jos kovametallitappi ei ole oikean levyinen. Päällä oleva kamera keskittyy pelkästään kovametallitappiin ja poistaa pinta-alaltaan poikkeavat tuotteet. Tuotteet syötetään laitteeseen tärykuljettimen avulla.

Tilaustyönä teetetty uusi kameralajittelija toimitettiin käyttövalmiina laitteena. Konenäköjärjestelmä lajittelee tuotteet neljällä eri kameralla. Tuote kuvataan sivulta, alta sekä päältä kahdella eri kameralla. Sivu- ja toinen päälilikameroista keskittyvät samaan asiaan kuin aikaisempi lajittelija. Tämän lisäksi pohjakamera kuvaa alalaipan halkaisijaa sekä etsii rungosta mahdollisia virheitä, kuten halkeamia. Toisella päälilikameralla voidaan mitata ylälaiipan halkaisijaa ja rungosta virheettömyyttä. Kaikista mitattavista suureista saadaan luotua histogrammillinen valvontakortti. Tuotteiden syöttö koneeseen tapahtuu myöskin tärykuljettimella.

11.1. Lajittelijoiden vertailu

| | Kameralajittelijat | |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| | Vanha lajittelija | Uusi lajittelija |
| Kameratekniikka | 8 508 € | 33 000 € |
| Tärymalja | 2 965 € | 2 965 € |
| Valmistuskustannukset | 5 000 € | - |
| Kustannukset yhteensä | 16 473 € | 35 965 € |

Uusi kameralajittelija toimitettiin valmiina kokonaisuutena, jolloin valmistuskustannuksia ei huomioida ollenkaan, vaan hinta koostuu tärykuljettimesta ja itse laitteesta. Laitteen hinta on laskettu kokonaan kameratekniikaksi. Aiemmin käytössä olleet kameralajittelijoiden (Omron) kustannukset koostuvat arvioiduista valmistus- ja suunnittelukustannuksista, tärykuljettimesta sekä Omronilta tilatusta kameratekniikasta.

| | | | Vanha lajittelija | Uusi lajittelija |
|-------------------|-------------|----------------|-------------------|------------------|
| Vertailtava tuote | 8-11/2T 5.0 | Lajittelu-aika | 115min | 65min |
| Valvonta Nro. | 23016 | Kpl/min | 139 | 246 |
| Tuotantot. Nro. | 18922-10 | Hylkäys | 2,3% / 368 kpl | 8,5% / 1360 kpl |
| Otannan koko | 16000 | a-virhe | 30% / 110 kpl | 20% / 272 kpl |
| | | b-virhe | 6,3% / 23 kpl | 0% / 0 kpl |

Laitteita verrattiin toisiinsa ajamalla sama näyte-erä (eräkoko 16000 kpl) kummastakin lajittelijasta. Lajittelun jälkeen erän hyväksytyistä nastoista otettiin otanta, joka tarkastettiin visuaalisesti sekä mittaamalla käsin. Tästä laskettiin b-virheiden määrä eli kuinka paljon viallisia tuotteita pääsi lajittelun läpi asiakkaalle toimitettavaksi. Laitteen hylkäämistä tuotteista otettiin myös otanta, josta laskettiin hyvien tuotteiden osuus hylätyistä (a-virhe). Lajittelijan jumitumista tai muita virhetilanteita ei laskettu, koska se vaikuttaa suoraan lajittelu-aikaan ja tulee sitä kautta ilmi.

Uuden kameralajittelijan suurempi hylkäysprosentti selittyy Omron-kameran tekemillä b-virheillä, jotka uusi lajittelija sai poistettua. Omronin tekemät b-virheet johtuvat suurimmaksi osaksi kameravajeesta, jolloin nastaa ei saada

kuvattua jokaisesta tarvittavasta kuvakulmasta. A-virheiden määrä kasvaa tavoiteltaessa nollatoleranssia asiakkaalle huonojen tuotteiden päätyemisessä. Tilanteesta riippuen virheellisesti hylätyt nastat säilytetään uudelleenlajittelua varten tai sitten ne jälleenmyydään II-laatusena.

Käyttökustannuksia laskettaessa kummatkin kameralajittelijat työllistävät yhden työntekijän. Käyttökustannukset ja uuden lajittelijan takaisinmaksuaika verrattuna vanhaan lasketaan molempien, kaksi- tai kolmivuorotyön mukaan.

| Suorituskyky | Vanha lajittelija | Uusi lajittelija |
|----------------------------|-------------------|------------------|
| Kapasiteetti 2-vuorotyössä | 28,6 milj | 50,6 milj |
| Kapasiteetti 3-vuorotyössä | 42,3 milj | 74,8 milj |
| Käyttöaste | 85 % | 90 % |
| Työkustannukset/vuoro | 25 000 € | 25 000 € |
| Kustannukset nastaa/euro | 486,2/€ (2vuoro) | 910,8/€ (2vuoro) |
| | 479,4/€ (3vuoro) | 897,6/€ (3vuoro) |

Lajittelijoiden käyttöaste määrittyy ohjelmien teon yksinkertaisuudesta, sekä huoltovapaudesta. Vanhan lajittelijan syöttölaite tärymaljasta on nastamallikohtainen, joten se vaatii enemmän huoltoa ja säätämistä kuin uuden lajittelijan syöttölaite. Huoltovapaammasta käytöstä johtuu laitteiden ero käyttöasteessa.

Uuden lajittelijan takaisinmaksuaika laskettiin siitä, että kuinka paljon säästöä syntyy yhden nastan lajittelusta verrattuna Turvanastan omaan lajittelijaan. Yhden nastan lajittelukustannukset riippuvat lajittelukapasiteetista ja käyttöasteesta verrattuna työkustannuksiin. Uuden lajittelijan takaisinmaksuaika tukeutuu nopeampaan työnopeuteen ja sitä kautta saatavaan suurempaan kapasiteettiin.

$$\frac{H}{K_1 - K_2 \times kap_1 - kap_2} = n$$

H = uuden lajittelijan hankintahinta

K_1 = Nastan lajittelukustannus (vanha lajittelija)

K_2 = Nastan lajittelukustannus (uusi lajittelija)

kap_1 = Lajittelukapasiteetti (uusi lajittelija)

kap_2 = Lajittelukapasiteetti (vanha lajittelija)

n = Takaisinmaksuaika

Esim. Takaisinmaksuaika kaksivuorotyöllä

$$\frac{35965\text{€}}{\left(\left(\frac{1}{486,2}\right) - \left(\frac{1}{910,8}\right)\right) \times (50,6\text{milj} - 28,6\text{milj})} = 1.705v$$

Takaisinmaksuajat:

-kaksivuorotyö: 1,7 vuotta

-kolmivuorotyö: 1,13 vuotta

Takaisinmaksuaika on siis 1,13 – 1,7 vuoden välillä, riippuen kuinka paljon töitä tehdään kolmessa vuorossa.

Kaikki uuden kameralajittelijan tuoma hyöty ei ole mitattavissa rahassa, eikä tällöin vaikuta takaisinmaksuaikaan. Lisäarvoa saadaan esimerkiksi lajitteluvarmuudesta ja toimitusaikojen lyhenemisestä. Joidenkin tuotteiden kohdalla asiakkaat vaativat todistusta lopputuotteen tasalaatuisuudesta ja uuden kameralajittelijan avulla saadaan suoraan tulostettua laatutodistukseksi käyvä valvontakortti, joka voidaan liittää heti toimittavan erän yhteyteen. Tämä jättää käsin tehtävän mittauksen ja otannan ottamisen kokonaan pois, jolloin tehokkaita työtunteja jää muuhun käyttöön.

12. Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli kartoittaa SPC-menetelmien käyttämistä tuotelajittelussa hyödyntäen uutta konenäköjärjestelmää joka tilattiin tilaustyönä ulkopuoleiselta valmistajalta.

Tilastollisten menetelmien hyödyntäminen lajitteluprosessissa antaa hyvän pohjan prosessin kehittämiseksi pitkällä aikavälillä. Lyhyellä aikavälillä SPC:n valvontakortteja voidaan käyttää laatusertifikaattina toimitettaville tuotteille, jolloin voidaan todistaa tuotteen tasalaatuisuus asiakkaalle heti toimituksen yhteydessä.

Uuden konenäköjärjestelmän edut tulivat selkeimmin ilmi datan keruussa, lajittelukapasiteetissa sekä luotettavuudessa. Järjestelmän takaisinmaksuaika on 1,3 – 1,7 vuotta, joka tekee sijoituksesta kannattavan lyhyelläkin aikavälillä.

LÄHTEET

Karjalainen, E & Karjalainen, T. 1999. Laatujohtamisoppien (TQM) soveltaminen PK-yritykseen – SPC, systeemiteoria, TOC-teoria. Hollola: Quality Knowhow Karjalainen Oy

Metropolia. Investointilaskenta. Viitattu 20.3.2015
http://users.metropolia.fi/~mikalem/investointilaskenta/6.%20Investoinnit_Takaisinmaksuaika_260913.pdf

Salminen, A & Uitti, S. 1996. Tuottavuudella Tulevaisuuteen – Ismien ihmemaa. Vantaa: TT-Kustannustieto Oy

Salomäki, R. 1990. Suorituskykyiset prosessit – Hyödynnä SPC. Tampere: Metalliteollisuuden kustannus Oy

Sixsigma.. Gaussin käyrä. Viitattu 21.3.2015
http://www.sixsigma.fi/files/5113/1305/3803/3_4ppm.jpg

Teknologiateollisuus. Vuosityöaika. Viitattu 21.3.2015
http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/vuosityoika2014-2016_tt.pdf

