

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Teknillinen tiedekunta
LUT Metalli
BK10A0400 Kandidaatintyö ja seminaari

Kandidaatintyö

VIILUN MITTATARKKUUDEN VARMISTAMINEN TILASTOLLISIN KEINAIN

Lappeenranta 25.2.2011
Heidi Merviö

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	5
1.1 Työn tausta.....	5
1.2 Työn rajaus ja tavoitteet.....	5
KIRJALLISUUSOSA.....	7
2 TILASTOLLINEN PROSESSIN OHJAUS (SPC)	7
2.1 SPC:n tarkoitus	7
2.2 SPC:n käsitteitä.....	8
2.3 Prosessin suorituskyky.....	8
2.3.1 Suorituskykyluku C_p	12
2.3.2 Korjattu suorituskykyluku C_{pk}	13
2.3.3 Suorituskyvyltään hyvän prosessin edut.....	14
2.4 Prosessin toimintakykyluku	15
2.5 Prosessin hallittavuus.....	16
2.6 Tilastollisen ajattelun tunnusluvut	16
2.7 Valvontakortti	18
2.7.1 X-R-kortti	19
2.7.2 X-S-kortti.....	21
2.7.3 Valvontakorttien tulkinta	22
2.7.4 Prosessin kehittämistoimenpiteet.....	23
2.7.5 Valvontarajojen päivittäminen.....	23
2.7.6 Valvontakortin käyttöönotto	24
3 LEIKKURIN TOIMINTA	26
KOKEELLINEN OSA	28
4 VIILUN MITTATARKKUUS	28
4.1 Mittauksen suorittaminen	29

4.2 Tulosten tarkastelu	30
4.2.1 Suorituskyvyn jakauman tutkiminen	30
4.2.2 3-linjan 2,0 mm paksujen viilujen leveyden tarkastelu	30
4.2.3 3-linjan 2,6 mm paksujen viilujen leveyden tarkastelu	31
4.2.4 4-linjan 2,0 mm paksujen viilujen leveyden tarkastelu	32
4.2.5 4-linjan 2,6 mm paksujen viilujen leveyden tarkastelu	33
4.2.6 3-linjan 2,0 mm paksujen viilujen ristimitan erotus	35
4.2.7 3-linjan 2,6 mm paksujen viilujen ristimitan erotus	36
4.2.8 4-linjan 2,0 mm paksujen viilujen ristimitan erotus	36
4.2.9 4-linjan 2,6 mm paksujen viilujen ristimitan erotus	37
4.2.10 Suositukset mittatarkkuuden parantamiseksi	38
JOHTOPÄÄTÖKSET	40
LÄHTEET	42
LIITTEET	

SYMBOLILUETTELO

A_2	näyte-erän koon perusteella määräytyvä taulukkoarvo (Liite II)
C_p	prosessin suorituskyky
C_{pk}	korjattu suorituskyky
D_3	näyte-erän koon perusteella määräytyvä taulukkoarvo (Liite II)
D_4	näyte-erän koon perusteella määräytyvä taulukkoarvo (Liite II)
LCL	alavalvontaraja (Lower Control Limit)
LSL	alatoleranssiraja (Lower Specification Limit)
n	näyte-erän koko
N	perusjoukon koko
P_{pk}	prosessin toimintakyky
R	vaihteluväli
r	näyte-erien vaihteluväli
\bar{R}	vaihteluvälien keskiarvo
s	keskihajonta
s^2	näyte-erän varianssi
σ	perusjoukon keskihajonta
σ^2	perusjoukon varianssi
$\hat{\sigma}$	hajonnan arvio
UCL	ylävalvontaraja (Upper Control Limit)
USL	ylätoleranssiraja (Upper Specification Limit)
\bar{x}	jakauman keskiarvo
$\bar{\bar{x}}$	keskiarvojen keskiarvo

1 JOHDANTO

Tämä kandidaatintyö tehdään UPM:n Pellos 1 -vaneritehtaalle. Työn tarkoituksena on varmistaa Pellos 1 -vaneritehtaan leikkaus- ja lajittelulinjalta tulevan viilun mittatarkkuus tilastollisin keinoin. Pellos 1 -vaneritehtaalla on neljä leikkaus-lajittelulinjaa ja tässä työssä keskitytään 3- ja 4-linjan leikkureihin. Työssä tutkitaan myös voidaanko työstövaraa pienentää. Työstövaraa pienentämällä pyritään saamaan parempi saanto viilusta. Saannolla tarkoitetaan tukkikuutiometriä käyttöä yhtä vanerikuutiometriä kohden. Saannon suurentaminen lisää tehtaan kannattavuutta ja tehokkuutta. Myöhempiä mittauksia varten luodaan ohjauskortti, jonka avulla laadunvalvonta pystyy seuraamaan mittatarkkuutta päivittäin.

1.1 Työn tausta

Tehtaalla viilujen mittatarkkuuden mittauksessa ei ole pystytty toimimaan toimintaohjeen mukaisesti. Toimintaohjeen mukaan viilun mittatarkkuutta tulee mitata satunnaisesti aamuvuorossa vähintään kerran vuorossa jokaisella leikkurilla, 5 arkkia peräkkäin. Tulokset kirjataan pinkkaajan luona olevaan kansioon. Kansiossa olevien mittauspöytäkirjojen mukaan viiluja ei ole mitattu ohjeiden mukaisesti.

Ohjauskortin avulla voidaan helposti valvoa mittausaktiivisuutta ja mittatarkkuutta. Ohjauskortista nähdään nopeammin mahdolliset mittatarkkuuden heitot ja niiden suunta. Jos viilu on alimittaista, se huonontaa valmiin tuotteen laatua kun se pitää lajitella alempaan laatuluokkaan. Lisäksi ohjauskortin avulla viat havaitaan ja korjataan nopeammin. Jos prosessiin tehdään muutoksia, nähdään ohjauskortista kuinka ne vaikuttavat prosessiin.

1.2 Työn rajaus ja tavoitteet

Kokeellisessa osassa käsitellään viilujen mittausta. Työ on rajattu 3- ja 4-linjan leikkuriin ja kahteen paksuuteen. Viilun paksuudet ovat 2,0 mm ja 2,6 mm. Viilun paksuutta ei mitata tutkimuksessa. Mittaukset tehdään yhteensä neljästä viilunipusta. Työssä mitataan 90

viiluarkin mittatarkkuutta kahdesta eri paksuudesta ja linjasta, ja niistä saatujen tulosten avulla arvioidaan voidaanko työstövaraa muokata pienemmäksi.

Työssä tilastollinen tarkastelu suoritetaan tuoteprosessin tilastollisen valvonnan (SPC, Statistical Process Control) avulla. Mittausten avulla laskettujen keskiarvon, vaihteluvälin ja keskihajonnan avulla nähdään, onko mittatarkkuus kunnossa. Mittauksen perusteella voidaan suorittaa arvio siitä, kuinka paljon nykyistä mittaa voidaan pienentää raaka-aineen säästämiseksi.

Työn tarkoituksena on tutkia onko prosessi hallinnassa. Viilun työstövaraa pyritään pienentämään. SPC:n avulla nähdään, pysyvätkö mittaustulokset luonnollisen hajonnan rajoissa, jolloin työstövaraa on mahdollista pienentää. Johtopäätöksissä analysoidaan saatuja tuloksia ja tehdään suositus voidaanko työstövaraa pienentää nykyisestä.

KIRJALLISUUSOSA

2 TILASTOLLINEN PROSESSIN OHJAUS (SPC)

Tilastollinen prosessin ohjaus (SPC, Statistical Process Control) on prosessin ja laadunvarmistuksen työkalu, jolla voidaan arvioida prosessin riskejä ja ennustaa tulevia tuloksia (Kume 1989). SPC selvittää prosessin suorituskykyä ja kuinka hyvin se on hallinnassa. Sen tarkoituksena on nollavirhetuotanto ja prosessin hallittavuus, mitkä saavutetaan ohjaamalla prosessin tilaa. SPC:n avulla pystytään kehittämään ja parantamaan prosessin kulkua. (Järnefelt 1990) SPC:n valvontaa suoritetaan valvontakorttien avulla, ja valvonnan kohteena voivat olla mitattava suure tai lukumäärä. Korteilla varmistetaan, ettei prosessiin vaikuta häiriötekijöitä ja että sen jakauma pysyy vakiona. (Salomäki 1999)

2.1 SPC:n tarkoitus

SPC seuraa jakauman liikkumista toleranssialueen keskiväliin nähden sekä hajonnan leveyden muuttumista. Jos prosessiin vaikuttaa jokin häiriötekijä, se ilmenee jakauman muutoksina. Prosessi on hallinnassa, jos sen jakauma vaihtelee ainoastaan luonnollisen hajonnan verran. SPC:n tarkoituksena ei ole kuitenkaan valvoa prosessin pysymistä tiettyjen rajojen sisällä, vaan näyttää, onko prosessi tilastollisesti hallinnassa ja havaita siihen kohdistuvat häiriöt. (Järnefelt 1990)

Viilun valmistusprosessissa on luonnollisesti pientä vaihtelua etenkin raaka-aineen takia. Vaihtelua voi tapahtua myös olosuhteiden ja laitteiden tarkkuuden takia. Vuorokohtaista vaihtelua saattaa esiintyä eri käyttäjien kesken.

SPC:n tavoitteena on pyrkiä pienentämään prosessin vaihtelua ja hallita prosessi niin, etteivät ulkopuoliset ja satunnaiset tekijät pääse vaikuttamaan suorituskykyyn. Kun prosessi saadaan hallintaan, siihen kohdistuvat häiriöt voidaan havaita nopeasti valvontakorttien avulla, ennen kuin ne pääsevät aiheuttamaan tuotteiden hylkäämiseen johtavia puutteita. Valvontakortin nykyhetken keskiarvoa ja vaihteluväliä verrataan pitkällä aikavälillä saatuihin mittausten keskiarvoon ja vaihteluvälin keskiarvoon. (Salomäki 1999)

2.2 SPC:n käsitteitä

Prosessilla tarkoitetaan laitteiden tai järjestelmien suorittamaa tapahtumasarjaa, jonka tuloksena on jokin mitattavissa oleva tuote (Salomäki 1999). Tässä työssä tuotteena on viiluarkki ja laitteella tarkoitetaan viilumaton leikkuria.

Prosessiin vaikuttavia häiriötekijöitä ovat luonnolliset ja erityiset häiriötekijät. Nämä ovat SPC:n keskeisiä käsitteitä. Luonnolliset häiriötekijät ovat satunnaisia ja ne johtuvat laitteiden normaaleista epätarkkuuksista. Erityiset häiriötekijät aiheuttavat prosessiin pysyvää virhettä tai muutosta. Häiriötekijöitä voivat olla esimerkiksi laitteiden kuluminen ja olosuhteiden muutokset. (Salomäki 1999)

Viilun katkaisussa leikkurin mittalaitteet saattavat olla likaisia, jolloin virheellistä tuotetta saattaa syntyä, kunnes vika korjataan. Puu materiaalina on vaihtelevaa, joten siitä johtuvat mittojen vaihtelut ovat mahdollisia.

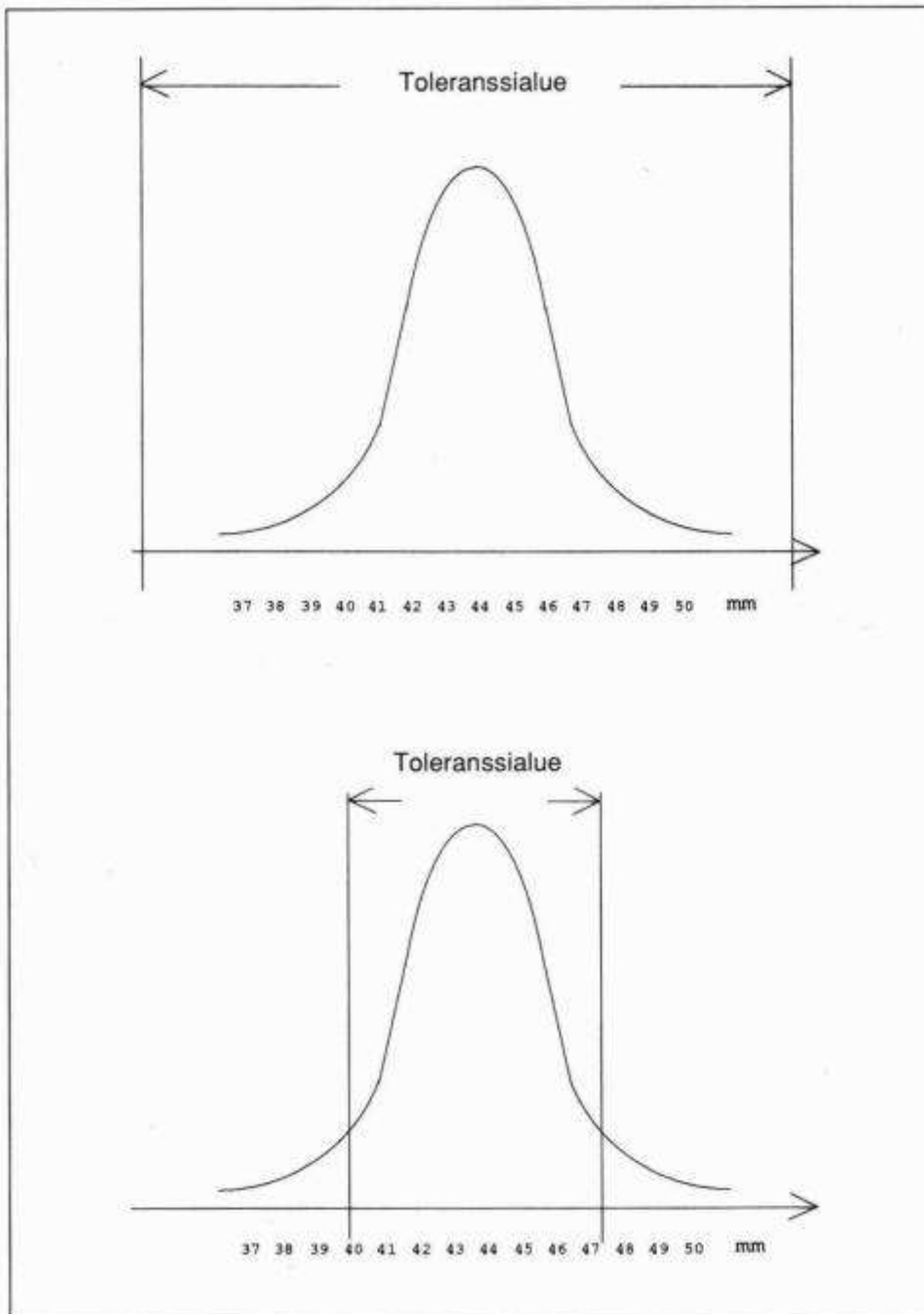
Prosessi nähdään olevan tilastollisesti hallinnassa, jos siihen vaikuttaa ainoastaan luonnollinen hajonta. Häiriötekijät eivät saa vaikuttaa siihen. Prosessin suorituskky määrittää, kuinka hyvin tuotteesta mitattujen arvojen jakauma asettuu toleranssialueelle. Suorituskvyn avulla nähdään kuinka hyvin prosessi pystyy tuottamaan vaatimusten mukaista tuotetta. (Salomäki 1999)

2.3 Prosessin suorituskky

Suorituskvyn avulla nähdään, kuinka hyvin prosessissa pystytään tuottamaan vaatimusten mukaista tuotetta. Tuotteita ei yleensä valmisteta tarkasti nimellismittaan. Tuotteen todellisten mittojen perusteella laskettu keskiarvo pyritään saamaan toleranssialueen keskelle. Pieni vaihtelu on prosessissa luonnollista, koska yleensä tuotantolaitteilla on rajallinen tarkkuus. (Järnefelt 1990) Tuotantolaitteiden takia viiluarkeissa tapahtuu pientä vaihtelua, jota kutsutaan luonnolliseksi vaihteluksi.

Suorituskyvyn määrittämistä varten tulisi tietää toleranssialue, jolla nähdään kuinka hyvin mittauksen arvot asettuvat alueelle. UPM:n toimintaohjeen mukaan viiluarkin koko saa vaihdella -1,0 % ja +1,5 %.

Prosessissa valmistuvien tuotteiden mittojen tulisi muodostaa normaalijakauman keskiarvon ympärille, mikäli siihen ei vaikuta ulkopuolisia häiriöitä. Jos toleranssialue on selvästi suurempi kuin sen luonnollinen hajonta kuten kuvassa 1, virheellisiä tuotteita ei pitäisi syntyä. Jos taas toleranssialue on pienempi kuin luonnollinen hajonta, on todennäköistä että prosessissa syntyy virheellisiä tuotteita. (Järnefelt 1990)



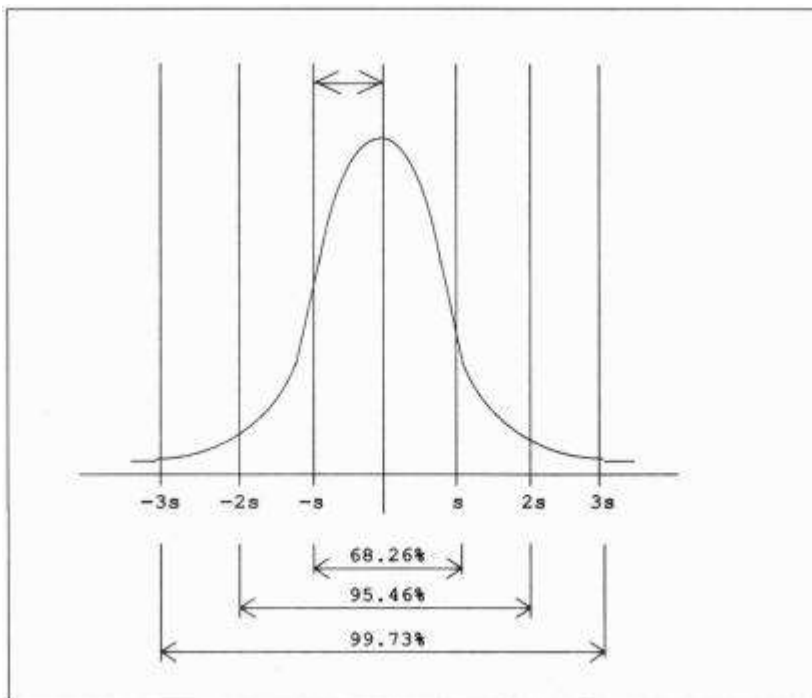
Kuva 1. Jakauman suhde toleranssialueeseen (Järnefelt 1990)

Prosessin jakauman sijoittuminen toleranssialueelle näyttää, kuinka hyvä prosessin suorituskyky on. Keskihajonta S kuvaa normaalijakauman leveyttä, joka voidaan laskea kaavalla 1. (Järnefelt 1990)

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

jossa	n	mittaustulosten lukumäärä
	x_i	erän keskimäinen arvo
	\bar{x}	kaikkien mittausten keskiarvo.

Kuvan 2 perusteella nähdään normaalijakauman suhde keskihajonnan eri kertalukuihin. Sen mukaan keskihajonnan kuuden mitan sisälle mahtuu 99,7 % jakauman muodostaneista mittatuloksista. Nämä kuusi mittaa ovat avuksi kun määritellään prosessin suorituskykyä kuvaavaa tunnuslukua. (Järnefelt 1990) Suorituskykyluvut kuvaavat prosessin suhteellista suorituskykyä numeroarvon avulla. Suorituskyky-luku voidaan laskea vain hallinnassa olevalle prosessille. Suorituskyvyn kaava ei huomioi vaihtelun sijaintia, joten se saattaa sijaita toleranssialueen ulkopuolella. (Salomäki 1999)



Kuva 2. Normaalijakauman suhde keskihajonnan kertalukuihin (Järnefelt 1990)

2.3.1 Suorituskyky C_p

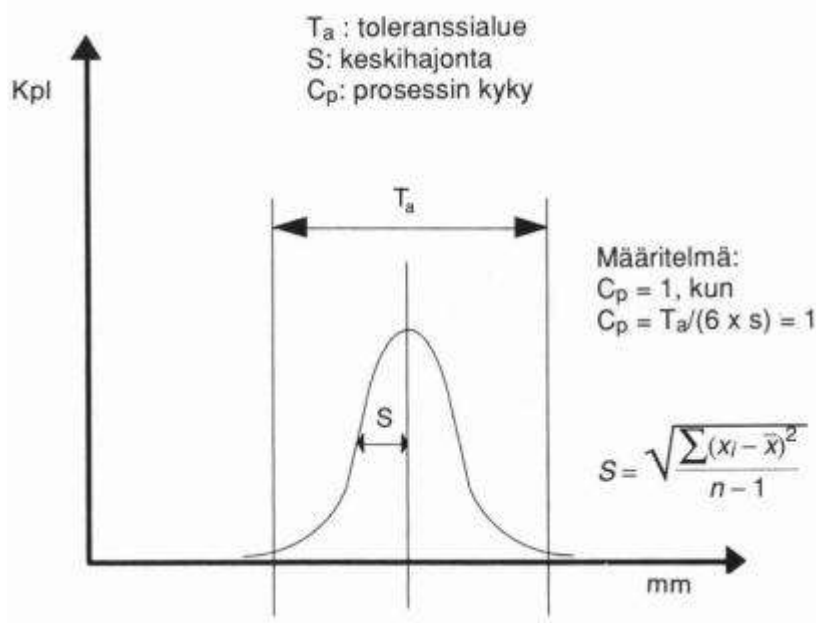
Suorituskyky C_p (Capability index) kertoo, mihin prosessi teoriassa pystyy toleranssivaatimukseen nähden (Salomäki 1999). Prosessin suorituskyky C_p on toleranssialueen suhde kuuteen keskihajonnan mittaan (Järnefelt 1990).

Prosessin suorituskyky:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 * s} \quad (2)$$

jossa	USL	ylätoleranssiraja
	LSL	alatoleranssiraja
	s	keskihajonta

Järnefeltin (1990) mukaan prosessin suorituskyvyn tulee olla vähintään 1,33, jolloin sen katsotaan olevan riittävän hyvä turvallisuuden kannalta. Vaatimus mahdollistaa jakauman liikkumisen toleranssialueella hieman, ilman että syntyy virheellisiä tuotteita. Tämä vaatimus ei takaa yksinään tuotteiden virheettömyyttä. Jotta prosessin suorituskyky on kunnossa, sen keskiarvon on sijaittava keskellä toleranssialuetta, kuten kuvassa 3. Muuten se voi osittain sijaita alueen ulkopuolella, ja virheellisten tuotteiden mahdollisuus kasvaa. Jos toleranssialue on suurempi kuin jakauman kuusi keskihajontaa, on virheellisten tuotteiden syntyminen epätodennäköisempää.



Kuva 3. Prosessin suorituskyky C_p (Järnefelt 1990)

2.3.2 Korjattu suorituskyky C_{pk}

Korjattu prosessin suorituskyky C_{pk} kuvaa suorituskyvyn ja jakauman sijaintia toleranssialueeseen nähden. Tämä luku kuvaa prosessin lyhytaikaista kyvykkyyttä. Korjattu suorituskyky on riittävä toiminnallisesti, kun sen arvo on suurempi kuin 1. Korjatun suorituskyvyn laskemiseksi valitaan kaavasta 3 se, jonka tuloksena on pienempi arvo:

$$C_{pk} = \left(\frac{USL - \bar{X}}{3 * s} \right); \left(\frac{\bar{X} - LSL}{3 * s} \right) \quad (3)$$

jossa

USL	toleranssialueen yläraja
LSL	toleranssialueen alaraja
\bar{X}	jakauman keskiarvo
s	keskihajonta. (Järnefelt 1990)

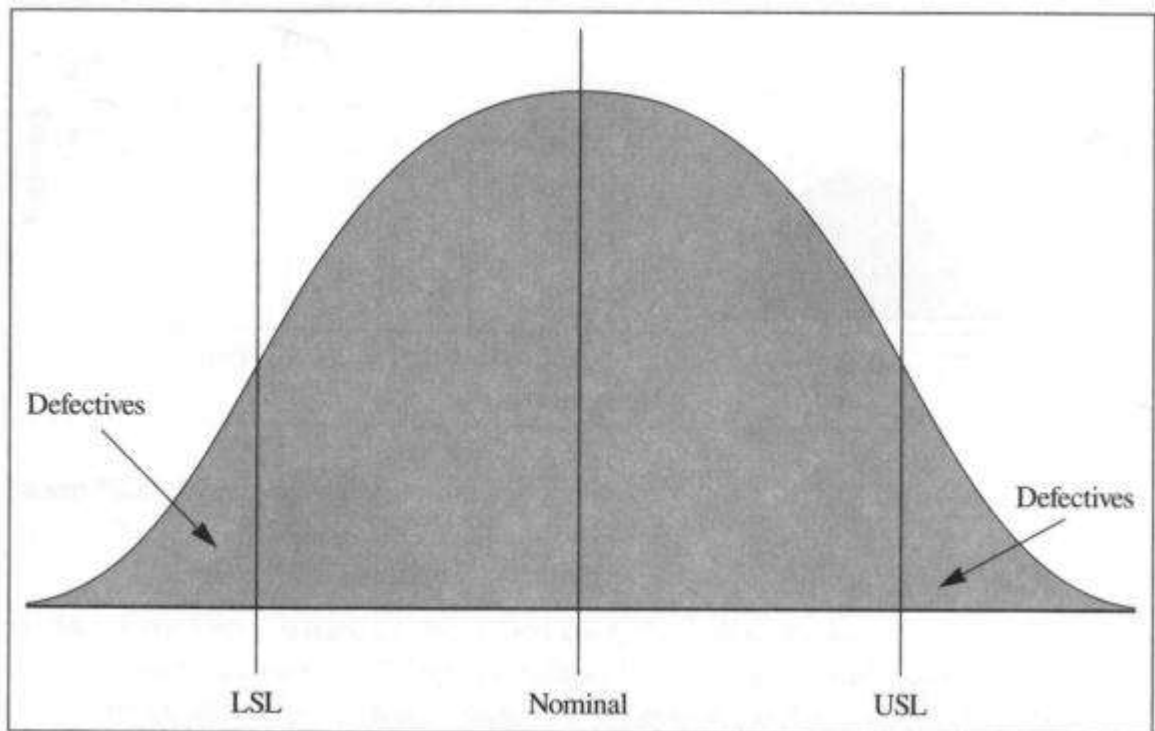
Prosessin suorituskyvyn laskemiseen tarvitaan vähintään 50 peräkkäistä mittaustulosta ja ne on otettava lyhyeltä ajanjaksolta. Suorituskykyyn on olemassa teoreettinen ja toiminnallinen vähimmäisvaatimus, jotka prosessin tulee täyttää. Prosessin suorituskyky

voidaan laskea toleranssialueen ja keskihajonnan avulla. Korjatussa suorituskyvyssä koneelta tulevien viilujen mittaustulosten normaalijakauma sijoittuu toleranssialueelle.

Suorituskyky C_{pk} :n yleisarviot prosessista:

$C_{pk} < 1,00$	heikko tilanne, jossa on jatkuvasti toleranssin ylityksiä
$C_{pk} = 1,00 \dots 1,33$	huono tilanne, jossa pieni muutos johtaa toleranssin ylitykseen
$C_{pk} = 1,33 \dots 1,50$	kohtuullinen tilanne, jossa pienet muutokset ovat mahdollisia
$C_{pk} > 1,50$	luotettava prosessi, jossa muutokset voidaan havaita herkästi

(Salomäki 1999)



Kuva 4. Normaalihajonta prosessista, jolla on heikko suorituskyky (Griffith 1996)

2.3.3 Suorituskyvyltään hyvän prosessin edut

Prosessin kyvykkyys eli suorituskyky antaa monia etuja huonon suorituskyvyn omaavaan prosessiin nähden:

- Tuotteiden välillä on vähemmän vaihtelua ja se vähentää huonolaatuisten tuotteiden valmistamista.
- Tuotteiden laadun varmistamiseksi tarvitsee ottaa vähemmän näytteitä tuotteiden pienemmän vaihtelun vuoksi.
- Tuotteiden tarkkailun aiheuttamat kustannukset pienenevät, koska tiedetään prosessin kyvykkyydestä.
- Saadaan tehtyä prosessin suorituskyvystä yhä tarkempi analyysi, jonka perusteella voidaan tehdä varmempia päätöksiä tuotteiden toleranssien pienentämisen suhteen ja saantoa voidaan kasvattaa.
- Tulee vähemmän virheellisiä tuotteita, niiden korjaamiseen menee vähemmän aikaa ja työn tuottavuus kasvaa. (Griffith 1996)

2.4 Prosessin toimintakyky

Toimintakyky P_{pk} (Performance index) on arvio prosessin suorituskyvystä ennen kuin se on hallinnassa. P_{pk} kuvaa prosessin pitkäaikaista kyvykkyyttä. Sen laskennassa kaavassa 4 käytetään kaikkia käytettävissä olevia tuloksia yhdessä hajonnan arviota $\hat{\sigma}_{st}$ määritettäessä, eikä arviota tarvitse korjata vakioilla. Toimintakyvyn hyväksyttynä rajana pidetään, että $P_{pk} = 1,67$.

$$P_{pk} = \min\left(\frac{USL - \bar{x}}{3 * \hat{\sigma}_{st}}; \left(\frac{\bar{x} - LSL}{3 * \hat{\sigma}_{st}}\right)\right) \quad (4)$$

joissa	USL	toleranssialueen yläraja
	LSL	toleranssialueen alaraja
	\bar{x}	jakauman keskiarvo
	$\hat{\sigma}_{st}$	perusjoukon hajonnan laskettu arvio

(Salomäki 1999)

Keskihajonnan laskettu arvio (estimaatti) lasketaan seuraavasti:

$$\hat{\sigma}_{st} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (5)$$

jossa \bar{R} vaihteluvälin keskiarvo
 d_2 taulukosta (Liite II) löytyvä näyte-erän koon perusteella
valittava kerroin

2.5 Prosessin hallittavuus

Prosessi voidaan osoittaa olevan hallinnassa, jos kaikki havaittu vaihtelu on sille ominaista ja ne ovat selvästi ennustettavissa. Tämä ei välttämättä tarkoita että prosessi on vakaa, vaan sen käyttäytymiseen vaikuttavat prosessin sisäisten ominaisuuksien muutokset pitkällä aikavälillä. (Salomäki 1999)

Havaitsemisella voidaan pienentää prosessissa tapahtuvaa vaihtelua, jolloin tuotteen laatu pysyy hyvänä. Laadun muutoksiin reagoidaan nopeammin ja viat päästään korjaamaan nopeammin. Yleisin viulun leikkauksesta aiheutuva vika on reunavajaus, jossa viilu on jäänyt liian lyhyeksi, eikä viulun jättämää rakoa ole pystytty korjaamaan vanerin reunasahauksella. Vian takia vaneri lajitellaan alempaan laatuluokkaan tai siitä tehdään määrämittasahauksella pienempiä paloja, jolloin sen jalostusarvo pienenee.

2.6 Tilastollisen ajattelun tunnusluvut

Tilastollisessa ajattelussa tarvittavat tärkeät tunnusluvut kaavojen avulla esitettyinä:

Keskiarvo:

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (6)$$

Vaihteluväli:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (7)$$

Perusjoukon keskihajonta:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (8)$$

Perusjoukon varianssi:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N} \quad (9)$$

Näyte-erän keskihajonta:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (10)$$

Näyte-erän varianssi:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (11)$$

missä

- x_i = yksittäisen näytteen mittaustulos
- \bar{x} = mittaustulosten keskiarvo
- x_{max} = suurin mittaustulos
- x_{min} = pienin mittaustulos
- n = näyte-erän koko
- N = perusjoukon koko

Keskihajonta s ilmaisee tulosten leviämistä keskiarvonsa molemmin puolin. Jos keskihajonta on suuri, se tarkoittaa että tulokset ovat hajaantuneet laajalle alueelle. Näyte-erästä lasketussa keskihajonnassa joudutaan tyytymään rajalliseen määrään mittauksia, ja hajonta arvioidaan niiden perusteella. Näyte-erän keskihajonnan perusteella ei voida arvioida koko prosessin hajontaa. (Salomäki 1999)

2.7 Valvontakortti

SPC:n ideana on luoda valvontakortti, josta nähdään vaikuttaako prosessissa jokin häiriö, koska sitä kannattaa korjata ja kuinka prosessi käyttäytyy (Salomäki 1999) Valvontakortin avulla häiriön havaitseminen nopeutuu ja sen poistaminen voidaan aloittaa välittömästi (Järnefelt 1990). Kortin ajatuksena on poistaa epänormaalia vaihtelua erottamalla luonnolliset ja erityiset häiriötekijät toisistaan (Kume 1989). Sen avulla saadaan kerättyä prosessista historiatietoja, joiden avulla voidaan verrata muuttuneita seikkoja ja ne on helpompi paikallistaa. Jokaista tuotetta ei tarvitse mitata valvontakorttia varten, vaan valvonta tehdään näyte-erien avulla. Jos prosessissa ei tapahdu muutoksia nopeasti, voidaan näyte-erien väliä pidentää. (Järnefelt 1990) Valvontakortilla seurataan prosessin keskiarvon ja hajonnan käyttäytymistä ajan funktiona.

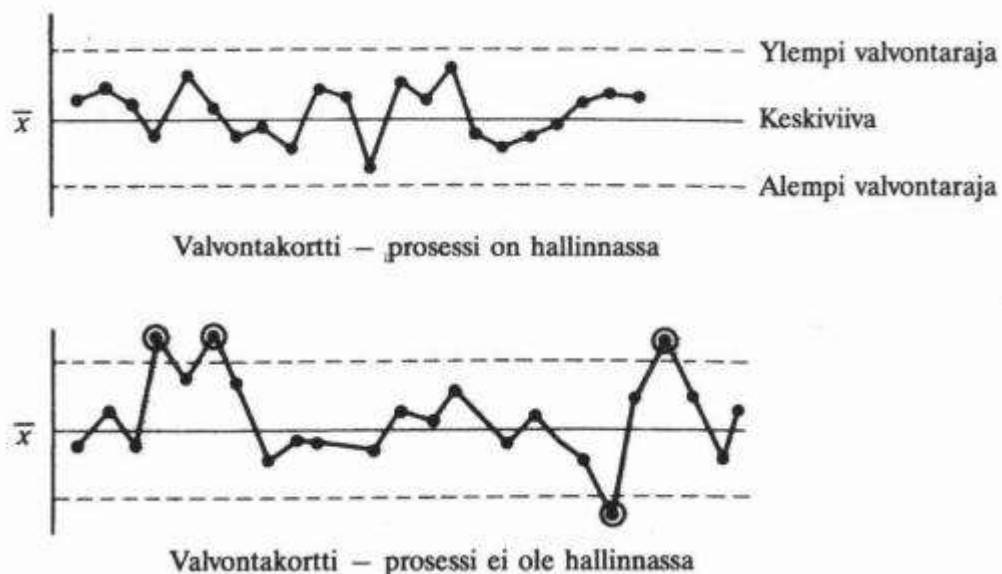
Viilun mittaamiseen tarkoitettuun ohjauskorttiin ei merkitä jokaista viiluarkkia, vaan mittaus suoritetaan pikemminkin kerran vuorossa, mahdollisuuksien mukaan joka käyntipäivänä ja aina huoltojen tai pidempien seisokkien jälkeen.

Mittaustulosten perusteella voidaan piirtää valvontakäyriä, joiden perusteella nähdään prosessin tila ja tapahtumat. Valvontakäyrästä nähdään, miten mittauksen keskiarvo tai hajonta käyttäytyy ajan suhteen. Valvontakäyrä muodostetaan laskemalla mittauksen keskiarvo ja vaihteluväli ja niistä voidaan tehdä käyrä ajan suhteen.

Valvontakortissa on otsikko-, valvonta- ja tulososa. Otsikossa kerrotaan, mikä prosessi on kyseessä, mittaväline, näyte-erän koko ja näytteenoton tiheys. Mittaustulokset merkitään ensin numeroina tulososioon, ja ne siirretään myöhemmin valvontaosaan. Valvontaosaa varten tuloksista saatetaan joutua tekemään laskutoimituksia, ennen kuin ne voidaan siirtää. Valvontaosassa esitetään graafisessa muodossa mitatut tunnusluvut sekä valvonta- ja hälytysrajat. Tärkeimpiä tunnuslukuja valvontakortissa ovat keskihajonta, keskiarvo ja vaihteluväli. (Järnefelt 1990)

Valvontakortissa on keskiviiva ja sen molemmiin puolin valvontaraja. Korttiin on tarkoitus merkitä pisteillä arvot, jotka saadaan prosessista. Prosessi on hallinnassa, jos kaikki arvot sijaitsevat rajojen sisällä eikä niillä katsota olevan erityistä suuntausta. Jos pisteet jäävät

rajojen ulkopuolelle tai suuntautuvat tiettyyn suuntaan, niin prosessi ei ole hallinnassa. Kuvassa 4 esitetään esimerkit valvontakorteista, joissa toisessa prosessi on hallinnassa ja toisessa ei. Valvontarajat tulisi tarkistaa säännöllisin väliajoin, etenkin kun tunnistetaan muutoksia prosessin tilassa. (Kume 1989)



Kuva 5. Esimerkki valvontakortista (Kume 1989)

Viilun valmistusprosessissa esiintyy väistämättä laadun vaihtelua. Suurin osa vaihtelusta johtuu olosuhteiden ja materiaalin muutoksista, mutta osa vaihtelusta voi johtua laitteiden epätarkkuudesta. Tuotantoprosessissa tapahtuvat luonnolliset häiriötekijät johtuvat viilun leikkauksessa tuotantolaitteiden epätarkkuudesta ja erityiset häiriötekijät johtuvat lähinnä olosuhteiden ja laitteiden kulumisesta. Kummallekin viiluleikkurille on tarkoitus tehdä omat valvontakortit. Myös eri paksuuksille tehdään omat valvontakortit, jotta voidaan tarkastella paremmin paksuuden vaikutusta tuloksiin.

2.7.1 \bar{X} -R-kortti

\bar{X} -R-kortti on SPC:n yleisimmin käytetty valvontakortti, joka on tarkoitettu tuotteen laatua kuvaaville jatkuville arvoille. Sitä käytetään prosessin valvontaan ja analysointiin. Tällä kortilla saadaan enemmän tietoa prosessista. (Kume 1989) Kortin \bar{X} -kuvaaja laaditaan näyte-erien mittaustulosten keskiarvoista kuvaamaan jakauman keskiarvoa, ja R-kuvaaja laaditaan näyte-eräkohtaisista vaihteluväleistä ilmaisemaan hajontaa. Vaihteluväli R

tarkoittaa suurimman tuloksen ja pienimmän tuloksen välistä eroa. \bar{X} -R-kortin käyttö soveltuu parhaiten pieniin, 3 - 5 näytteen näyte-eriin. \bar{X} -R-kortti on herkempi tulosten yksittäisille poikkeamille, ja vaihteluvälin R laskeminen on havainnollisempaa ja helpompaa kuin \bar{X} -S kortissa, jossa pitää laskea keskihajontaa. (Salomäki 1999) Kumen (1989) mukaan R-korttia käytetään kontrolloimaan vaihtelua alaryhmän sisällä.

\bar{X} -kuvaajan keskiarvojen keskiarvo $\bar{\bar{X}}$:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{x}_i}{k} \quad (12)$$

missä

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (13)$$

\bar{R} -kuvaajan vaihteluvälien keskiarvo $\bar{\bar{R}}$:

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum r_i}{k} \quad (14)$$

\bar{X} -kuvaajan valvontarajat:

$$UCL_x = \bar{\bar{X}} + (A_2 * R) \quad (15)$$

$$LCL_x = \bar{\bar{X}} - (A_2 * R) \quad (16)$$

R-kuvaajan valvontarajat:

$$UCL_R = D_4 * \bar{\bar{R}} \quad (17)$$

$$LCL_R = D_3 * \bar{\bar{R}} (= 0, \text{ kun } N \leq 6) \quad (18)$$

missä

\bar{x}_i	näyte-erän keskiarvo
k	näyte-erien lukumäärä
n	näyte-erän näytteiden lukumäärä
r_i	näyte-erien vaihteluväli
UCL	ylempi valvontaraja
LCL	alempi valvontaraja

A_2, D_3 ja D_4 ovat näyte-erän koon perusteella valittavia taulukkoarvoja. (Liite II) (Grant & Leavenworth 1996)

Suorituskykyluku:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}} \quad (19)$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \bar{x}}{3\hat{\sigma}}; \frac{\bar{x} - LSL}{3\hat{\sigma}}\right) \quad (20)$$

missä

USL toleranssin yläraja

LSL toleranssin alaraja

\bar{x} \bar{x} -kuvaajan keskiarvo

$\hat{\sigma}$ perusjoukon keskihajonnan laskettu arvio

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (21)$$

missä

\bar{R} vaihteluvälin keskiarvo

d_2 näyte-erän koon mukaan valittava kerroin taulukosta (Liite II)

2.7.2 \bar{X} -S-kortti

\bar{X} -S-kortti on laskennallisesti hankalampi kortti kuin edellä esitetty \bar{X} -R-kortti. Hankalamman kortista tekee keskihajonnan laskeminen ja korttia ei käytetä ilman tietokoneen apua. Kortti antaa kuitenkin prosessin hajonnalle parhaan arvion, jos näyte-erä on riittävän suuri. \bar{X} -kuvaaja laaditaan näyte-erien mittaustulosten keskiarvoista ja S-kuvaaja jokaisesta näyte-erästä lasketuista keskihajonnan arvoista. Korttia voidaan käyttää, kun näyte-erät ovat vähintään kuuden näytteen suuruisia. (Salomäki, 1999) \bar{X} -S-kortti ei

sovellu viulun mittatarkkuuden tarkastelemiseen, koska se on liian työläs. Lisäksi korttiin vaaditaan suurempi näytekoko, kuin suunniteltu viiden näytteen eräkoko.

2.7.3 Valvontakorttien tulkinta

Kumen (1989) mukaan valvonnassa tärkeintä on ymmärtää prosessin tila valvontakortteja lukemalla ja toimimalla välittömästi tilanteen parantamiseksi, jos prosessissa tapahtuu jotain normaalista poikkeavaa. Valvontakortista nähdään, kun prosessi on hallinnassa eli mittausten keskiarvo ja vaihtelu pysyvät lähes muuttumattomina. Tulkinnan edellytyksenä on, että prosessi on lähes normaalijakautunut ja valvontarajat on määritelty oikein (Salomäki 1999). Valvontakortin tulkinnassa on oltava varovaisia, jottei jouduta prosessin ylioheuttamiseen (Järnefelt 1990).

Valvontarajan ylittyessä prosessiin vaikuttaa todennäköisesti jokin muutos ja sen syy on selvitettävä mahdollisimman pian huomaamisen jälkeen. Jos prosessiin ei pystytä tekemään muutoksia vian korjaamiseksi on kannattavinta investoida uusiin laitteisiin tai osiin tai siirtää työ suorituskypyisemmälle koneelle. Jos taas prosessin tapahtuu positiivista muutosta eli suorituskypy paranee ja hajonta saadaan pienenevään, täytyy myös tämän positiivisen muutoksen syy selvittää, jotta samoin voidaan toimia jatkossakin. Parantuneelle prosessille olisi aina hyvä tehdä uusi valvontakortti, jonka jälkeen valvontaa voidaan jatkaa. (Järnefelt 1990)

Valvontakortista voidaan myös havaita muita muuttumista osoittavia tekijöitä, kuin ainoastaan valvontarajan ylittyminen. Ylittymistä voidaan ennakoida jo hyvissä ajoin, kun nähdään, että saavutetaan valvontarajaa. Samalla voidaan myös nähdä, tapahtuuko prosessissa hidasta muutosta vai jaksottaista vaihtelua. Tärkeitä valvontakäyrän tulkittamiseen tarvittuja muotoja, jotka merkitsevät muutosta, ovat seuraavat:

- suuntaus eli trendi, jossa seitsemän tai useampi pistettä muodostaa nousevan tai laskevan valvontakäyrän
- siirtymä, jossa seitsemän tai useamman pisteen joukko on keskiarvon toisella puolella

- käyrän yleinen muoto, jossa käyrässä havaitaan voimakasta heilahtelua tai se on jatkuvasti lähellä keskiarvoa
- jaksollinen vaihtelu, jossa havaitaan säännöllisiä muotoja valvontakäyrässä. (Järnefelt 1990)

2.7.4 Prosessin kehittämistoimenpiteet

Tuloksia on syytä kerätä paljon ja sitten vasta analysoidaan vaihtelun lähteitä. Tulosten tutkiminen lyhyellä aikavälillä ei välttämättä anna vielä oikeaa kuvaa prosessin tilasta. Kehitystoimenpiteet näkyvät kortissa yleensä tilastollisena kehityksenä, mikäli ne tehoavat. Vaikka prosessin suorituskyky saadaan erinomaiseksi, on silti syytä jatkaa valvontakortin käyttöä, jotta nähdään tilastolliset muutokset ajoissa. Koskaan ei saisi olettaa, että tilanne tulee jatkumaan samanlaisena ja arviointi voidaan sen perusteella lopettaa. Jatkuvasta parantamisesta tulisi tehdä osa prosessia. (Salomäki 1999)

2.7.5 Valvontarajojen päivittäminen

Määritettyjä valvontarajoja voidaan käyttää, kunnes prosessiin vaikuttaa jokin muutos, joka muuttaa prosessin suorituskykyä. Eli esimerkiksi kun prosessiin investoidaan uusia osia, jotka parantavat prosessin suorituskykyä. Valvontarajojen pitäminen ennallaan perustuu oletukseen, että prosessi on hallinnassa ja yleisten syiden aiheuttamat vaihtelut pysyvät vakiona. Tämän oletuksen kautta prosessia voidaan valvoa myöhemminkin tähän tilanteeseen verraten. Näitä valvontarajoja kutsutaan tuotantovalvontarajoiksi. Uusia rajoja määritettäessä niihin johtaneita syitä on dokumentoitava ja seurattava, kunnes saadaan riittävästi tuloksia niiden vaikutuksista. (Salomäki 1999)

Toisena vaihtoehtona on määrittää liukuvat valvontarajat eli jatkuvan parantamisen valvontarajat. Niitä voidaan käyttää kun prosessia pyritään kehittämään aktiivisesti. Liukuvat valvontarajat voidaan asettaa esimerkiksi kahdenkymmenen edellisen tuloksen perusteella ja uutta tulosta verrataan näihin tuloksiin. Uusi tulos voidaan tämän jälkeen ottaa laskentoihin mukaan ja vanhin voidaan ottaa pois laskuista. Valvontarajojen

liukuminen perustuu tuloksen vertaamiseen prosessin nykyiseen normaaliin tilanteeseen nähden. (Salomäki 1999)

2.7.6 Valvontakortin käyttöönotto

Henkilöstö tulisi perehdyttää valvontakortin merkitykseen ja käyttämiseen ennen kuin kortti otetaan varsinaisesti käyttöön tehtaalla. Kortti tulisi pitää näkyvillä ja mahdollisimman lähellä prosessia, jotta linjalla työskentelevät henkilöt pääsevät tarkkailemaan prosessin kehitystä. Valvontakorttien käyttöönotosta on ollut aikaisemmin huonoja kokemuksia joissakin yrityksissä, koska siihen valmistava koulutus ja tieto eivät ole ollut riittävää. Itse valvonta -sanaa pelätään ja työntekijät luottavat liikaa niin sanottuun näppituntumaan prosessin säädössä. Henkilöstön tulisi ymmärtää, että SPC on prosessien toiminnan tehostamisen välttämättömyys. Jos käyttöönotto saadaan onnistumaan, saadaan SPC:n käytöstä tehokasta. (Salomäki 1999)

Jokaisen, joka joutuu tekemisiin SPC:n kanssa, on ymmärrettävä mistä siinä on kysymys. Valvontakortin kanssa työskentelevän henkilön on oltava mahdollisimman läheltä prosessia eli mieluiten prosessin työntekijä. Valvontakortin käyttäjän on ymmärrettävä ja osattava tulkita korttia. (Salomäki 1999) Kortin käyttäjiä tulee opastaa huomaamaan valvontarajojen ylitykset kortissa ja heidän tulee ilmoittaa eteenpäin työnjohtajalle havaitsemistaan vioista prosessissa. Nopea reagointi prosessiin aiheuttaviin vikoihin parantaa prosessia pitkällä tähtäimellä.

Työntekijöiden motivointi valvontakorttien käyttöä kohtaan on tärkeää. Tiedon puute yleensä estää motivaation syntymistä. Työntekijät tulee kouluttaa tilastollisen prosessin hallinnan perusteisiin ja heillä tulee olla käsitys sen tarkoituksesta. Työntekijöiden ei saa antaa tuntoa valvontakorttien käyttöönottoa turhaksi lisätyöksi tai oman työn ”kyttämiseksi” vain koska he eivät ole olleet tietoisia minkä takia mittaukset suoritetaan ja miten tietoja aiotaan käyttää. Koulutus mahdollistaa työntekijöiden motivoinnin oma-aloitteiseen parantamiseen ja parannuskohteiden tunnistamisen. Prosessin työntekijöillä on vahva tuntemus prosessista. Koulutuksessa tulisi kertoa ainakin minkä takia SPC otetaan käyttöön ja mikä sen tarkoitus on, SPC:n tavoitteet, työntekijöiden ja johdon rooli ja

vastuu, miksi mittaaminen kannattaa ja mittaustiedon käyttötarkoitus sekä mitä hyötyjä saavutetaan prosessissa työskentelevien kannalta. (Soininen 2001)

3 LEIKKURIN TOIMINTA

Pellos 1 vaneritehtaalla on käytössä neljä viilun kuivaleikkauslinjaa. Kuivaleikkauksella tarkoitetaan jatkuvatoimisen sorvi-verkkokuivaajalinjalla kuivatun viilun leikkausta ja sen lajittelua. Märkäleikkuu tapahtuu ennen viilun kuivausta telakuivaajalla. Kuivaleikkauksessa viilumatto kulkee verkkokuivaajan jäähdytysosasta rataa pitkin suoraan leikkurille, jossa leikkaus tapahtuu automaattisesti. Viilut lajitellaan leikkauksen yhteydessä koneellisesti laatuluokittain pinkkoihin. (Juvonen 1985) Viilu leikataan pituussuunnassa leikkaavan terän pyörähdysliikkeellä. Pulssianturi ohjaa leikkaavaa terää mittaamalla viilun kulkemaa kierrosmittaa. Leikattujen viiluarkkien mitat määräytyvät tuotanto-ohjelman tilausten perusteella.

Viilun leveydellä tarkoitetaan puun syiden suuntaa vastaan kohtisuoraa mitta ja levyn pituudella tarkoitetaan puun syiden suuntaista mitta. Viiluarkin pituusmitta määräytyy sorvaukseen menevien pölliön katkaisupituudesta, eikä siihen voida vaikuttaa viilumaton leikkauksessa.

Kuivaleikkauksen etuna on, ettei kuivauskutistuman vaikutusta tarvitse huomioida leikkauksessa. Viiluarkkien kosteus tasaantuu vielä leikkauksen jälkeen, mutta tällä ei ole yhtä suurta vaikutusta kuin kuivauskutistumalla. Märkäleikkuussa täytyy ottaa huomioon kuivauskutistuma, joka on noin 8 % leveysmitasta (Juvonen 1985). Tämän takia kuivaleikkauksessa on 3 - 4 % parempi saanto kuin märkäleikkauksessa. (Liukko 2004)

Leikkauksessa saattaa ilmetä epätarkkuutta, joka voi johtua eri syistä. Pulssianturin on todettu pihkaantuvan aikaa myöten, mikä vähentää leikkauksen tarkkuutta. Leikkurin hihnan luistaminen sen urien kulumisen johdosta vaikuttaa myös epätarkkuuteen. Säännöllisellä huollolla voidaan ennaltaehkäistä näitä vikoja. Huolto tulisi tehdä mahdollisuuksien mukaan, ennen kuin vika ehtii vaikuttaa pidempään. Mittojen tarkistamisella viat pystytään toteamaan nopeammin ja niiden syihin päästään puuttumaan. Viilun leikkuria tulisi myös kalibroida säännöllisesti, jotta tuotetut mitat ovat paikkaansa pitäviä.

Viilun paksuus saattaa vaikuttaa pulssianturin toimintaan. Paksuuden kasvaessa viilukuivuria ajetaan hitaammalla nopeudella, joten myös leikkurin nopeus alenee. Tämä saattaa johtaa siihen, että pulssianturissa tapahtuu mittausvirhe ja sen tarkkuus heikkenee. Jos viilukuivurin ohjenopeuksia ei noudateta, vaan ajetaan viilua läpi liian nopeasti, saattaa leikkurin tarkkuudessa ilmetä ongelmia. Ohjenopeuksien noudattamisella voidaan välttää kyseisiä ongelmia. Häiriöajanjaksot, seisokit ja muiden tuotantokatkosten jälkeiset ylösajot aiheuttavat suuren osan prosessin hajonnasta. Jatkuvat olosuhteiden muutokset voivat vaikuttaa prosessin hajontaan.

KOKEELLINEN OSA

4 VIILUN MITTATARKKUUS

Viilun mittatarkkuudella tarkoitetaan leveyden tarkkuutta. Pituudella tarkoitetaan tukin katkaisupituutta. Arkkien mittatarkkuus kertoo, kuinka tarkasti viiluarkin leveys vastaa annettuja ohjemittoja. Viilun leveydellä tarkoitetaan puun syiden suuntaa vastaan kohtisuoraa mittaa, ja levyn pituudella tarkoitetaan syiden suuntaista mittaa. Taulukossa 1 on esitetty 3- ja 4-linjan leikkureilta tulevien viilujen tavoitemitat.

Taulukko 1. Viilujen tavoitemitat 3- ja 4-linjan leikkureilla

Linja	Pituus (mm)	Leveys (mm)
3	1620	1300
4	2600	1300

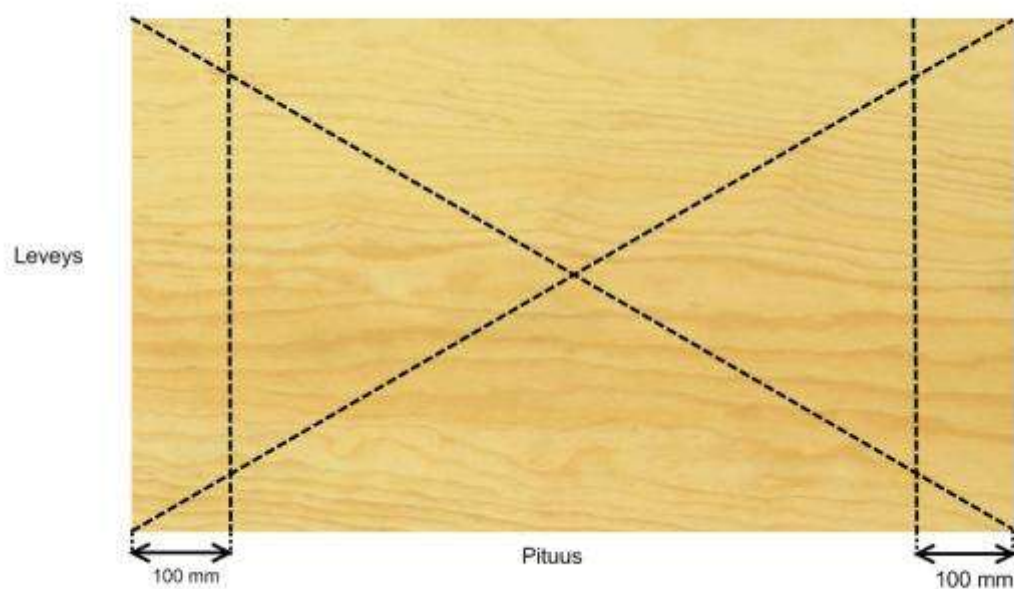
Arkkien leveys saa UPM:n toimintaohjeen mukaan ylittyä maksimissaan +1,5 % ja alittua maksimissaan -1,0 %:lla. 3- ja 4-linjan tavoitemittojen sallitut maksimiylitykset ja -alitukset on esitetty taulukossa 2. Leveyden mittatarkkuutta voidaan mitata tarkastamalla rullamitalla viiluarkin leveys. Viiluarkin suorakulmaisuus mitataan kalibroidulla rullamitalla, ja sen ristimita saa heittää ± 60 mm per arkki. Viiluarkin suorakulmaisuutta tarkastellaan ristimitan mittaamisella. Ristimittaa tarkasteltaessa mitataan arkin vastakkaiset kulmat ja vähennetään ne toisistaan. Erotuksesta saadaan 0, jos arkki on suorakulmainen. Jos erotus on suurempi tai pienempi kuin nolla ja se ylittää asetetun toleranssin ± 60 mm, ei viiluarkki ole suorakulmainen.

Taulukko 2. Viiluarkkien leveyden tavoitemitan toleranssit (-1,0 %, +1,5 %)

Viilun leveys	Alamitta (-1,0 %)	Sallittu poikkeama (-1,0 %)	Ylämitta (+1,5 %)	Sallittu poikkeama (+1,5 %)
1300 mm	1287 mm	13,00 mm	1319,50 mm	19,50 mm

4.1 Mittauksen suorittaminen

Mittaukset suoritetaan 17.9.2010 kalibroidulla laboratorion rullamitalla, jonka tarkkuus on ± 1 mm. Mittauksen suorittamiseen tarvitaan vähintään kaksi henkilöä, jotta mitoista saadaan mahdollisimman tarkkoja. Viiluarkin leveys mitataan kahdesta kohtaa, n. 100 mm kummastakin reunasta. Ristimitta mitataan arkin vastakkaisista kulmista, ja niiden erotuksesta saadaan ristimittaero, jonka pitäisi olla lähellä nollaa, jotta viiluarkki olisi suorakulmainen. Nämä kaksi mittausta ovat esitetty kuvassa 6. Viilun aallokkuus ja käyryys aiheuttavat mittauksissa epätarkkuutta, koska rullamitalla ei pystytä ottamaan huomioon aallokkuuden ja käyryyden aiheuttamaa virhettä.



Kuva 6. Viiluarkin mittaaminen: ristimitta vastakkaisista kulmista ja viilun leveys kahdesta kohdasta 100 mm viilun reunasta

Viiluja mitattiin 90 kappaletta kutakin paksuutta kahdesta eri linjasta. Mittausten perusteella laskettiin keskiarvoa, hajontaa ja prosessin suorituskykyä. Ristimittojen erotuksen avulla nähtiin, kuinka suorakulmaista leikkurilta tuleva viilu on.

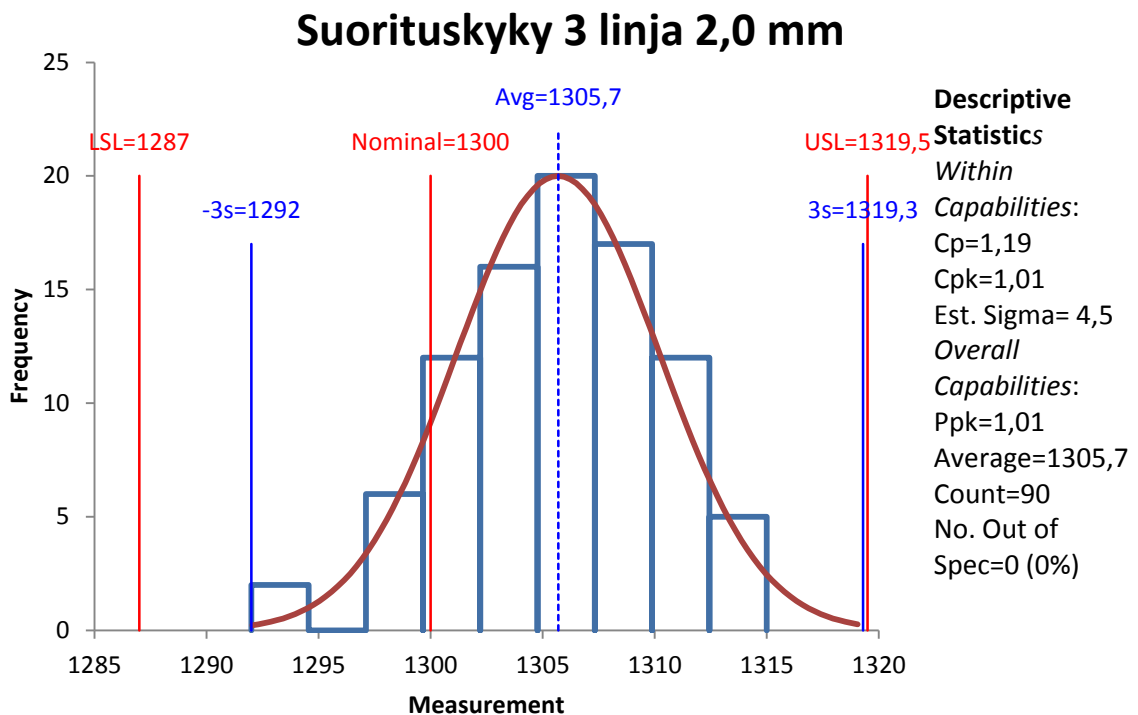
4.2 Tulosten tarkastelu

4.2.1 Suorituskyvyn jakauman tutkiminen

Normaalijakauman keskiarvon sijaintia verrataan tosiarvoon, tavoitteeseen tai aiempaan keskiarvoon nähden. Keskihajonta eli normaalijakauman leveys kuvaa, miten laajalle alueelle tulokset hajoavat keskiarvon molemmin puolin. Prosessin vaihtelun luonnetta kuvaa jakauman vinous. Tuotannon tilanteissa prosessit ovat yleensä lähes normaalijakautuneita. Tosielämässä jakauma on aina vino tai muuten rajoitettu. Hajontaa pyritään pienentämään, jotta tuotteen laatu paranee. Keskiarvoa pyritään myös ohjaamaan toleranssialueen keskelle. Prosessia pystytään parantamaan muuttamalla sen arvoja vain sen verran kuin arvot poikkeavat tavoitearvosta. Keskiarvon avulla nähdään, kuinka paljon prosessin arvoja tulisi muuttaa prosessin parantamiseksi. Prosessia ei tule säätää yksittäisten mittaustulosten perusteella, koska se saattaa johtaa yliohtaukseen ja tilannehallinta vaikeutuu. (Salomäki 1999)

4.2.2 3-linjan 2,0 mm paksujen viilujen leveyden tarkastelu

Kuvan 7 perusteella nähdään, että 3-linjan 2,0 mm paksujen viilujen leveyden keskiarvo on 1305,70 mm, eli se on 5,70 mm tavoitearvoa 1300,0 mm suurempi. Keskihajonnan kertaluku $-3s$ on suurempi kuin toleranssin alaraja. Tämän perusteella voidaan päätellä, että tavoitemittaa on mahdollista pienentää, ilman että mittaustulokset menevät alatoleranssirajan ulkopuolelle. Mittaustulosten normaalijakauma pysyy hyvin annettujen rajojen sisällä, eikä yksikään mittaustulos mene yli raja-arvojen. Mittauksen hajonnaksi saadaan 4,5. Suorituskykyluvuksi C_p saadaan 1,19 ja korjatuksi suorituskyvyksi $C_{pk} = 1,01$. Viilun kuivaajaa on ajettu valmistushetkellä ohjenopeuden mukaisesti, 34 m/min.



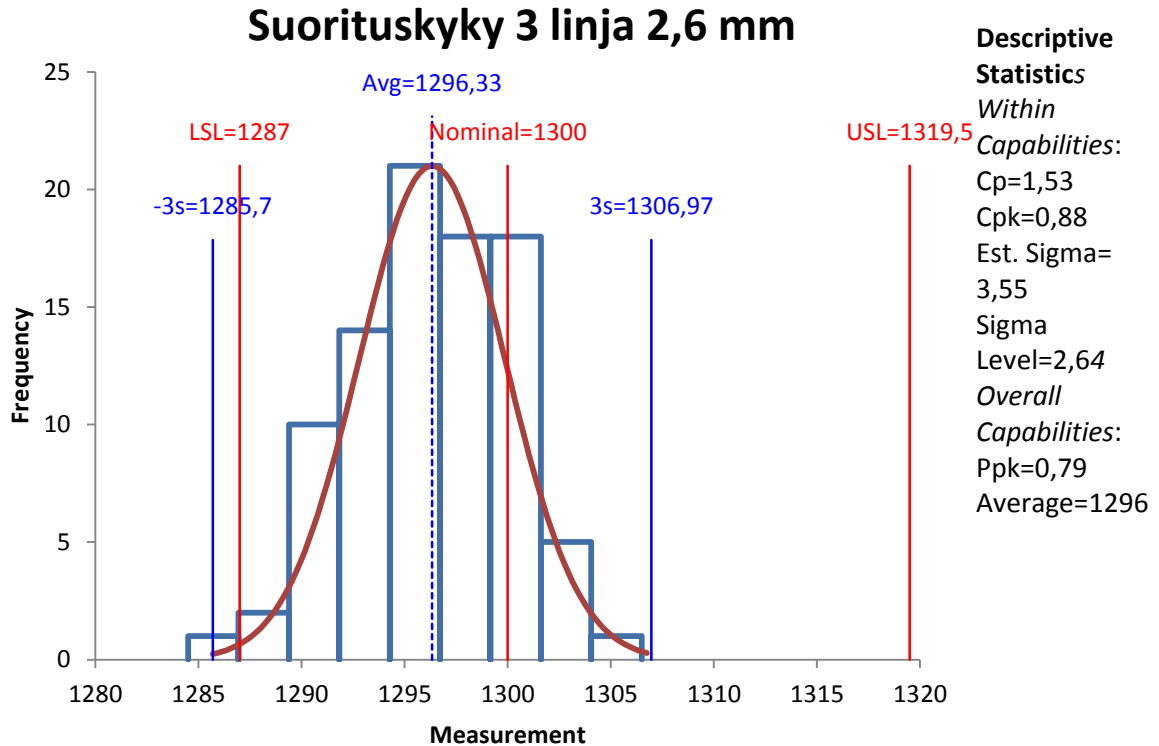
Kuva 7. Suorituskyky leveys 3-linjan 2,0 mm paksut viilut

4.2.3 3-linjan 2,6 mm paksujen viilujen leveyden tarkastelu

Kuvan 8 suorituskykykuvaajassa 3-linjan 2,6 mm paksujen viilujen leveyden keskiarvo 1296,33 mm on 3,67 mm pienempi kuin tavoitearvo 1300,00 mm. Prosessin keskiarvon tulisi osua optimitilanteessa tavoitearvon kohdalle tai lähelle sitä, vaikka suorituskyky olisikin huono. Keskiarvoa tulisi ohjata tavoitearvon kohdalle. Vain yksi mittaustulos jää toleranssirajan alapuolelle. Hajonnaksi saadaan 3,55, joka on muihin mittoihin verrattuna pienin. Suorituskyvyksi C_p saadaan 1,53 ja korjatuksi suorituskyvyksi $C_{pk} = 0,88$. Keskihajonnan kertaluku $-3s$ on pienempi kuin toleranssialueen alaraja, mikä tarkoittaa että mittaustulokset menevät toleranssirajan yli.

Keskiarvon osumista tavoitearvon alapuolelle voidaan selittää viilunkuivaajan nopeuden perusteella. Ajohetkellä kuivaajan nopeus ylittää annetun ohjearvon 2,6 mm paksulle viilulle. Ohjeellinen ajonopeus 2,6 mm paksulle viilulle 3-linjalla on 26 m/min ja ajohetkellä kuivaajan nopeudeksi ilmoitetaan kirjauksien mukaan keskimäärin 33,4 m/min, joka ylittää annetun ohjearvon. Kuivaajan liian suuri nopeus saattaa selittää, miksi

leikkauksessa viulun leveys on jäänyt keskimääräisesti annettua ohjearvoa alemmaksi. Kuivaajan nopeus saattaa heikentää viulun leikkausta ohjaavan pulssianturin tarkkuutta.



Kuva 8. Suorituskyky leveys 3-linja 2,6 mm paksut viulut

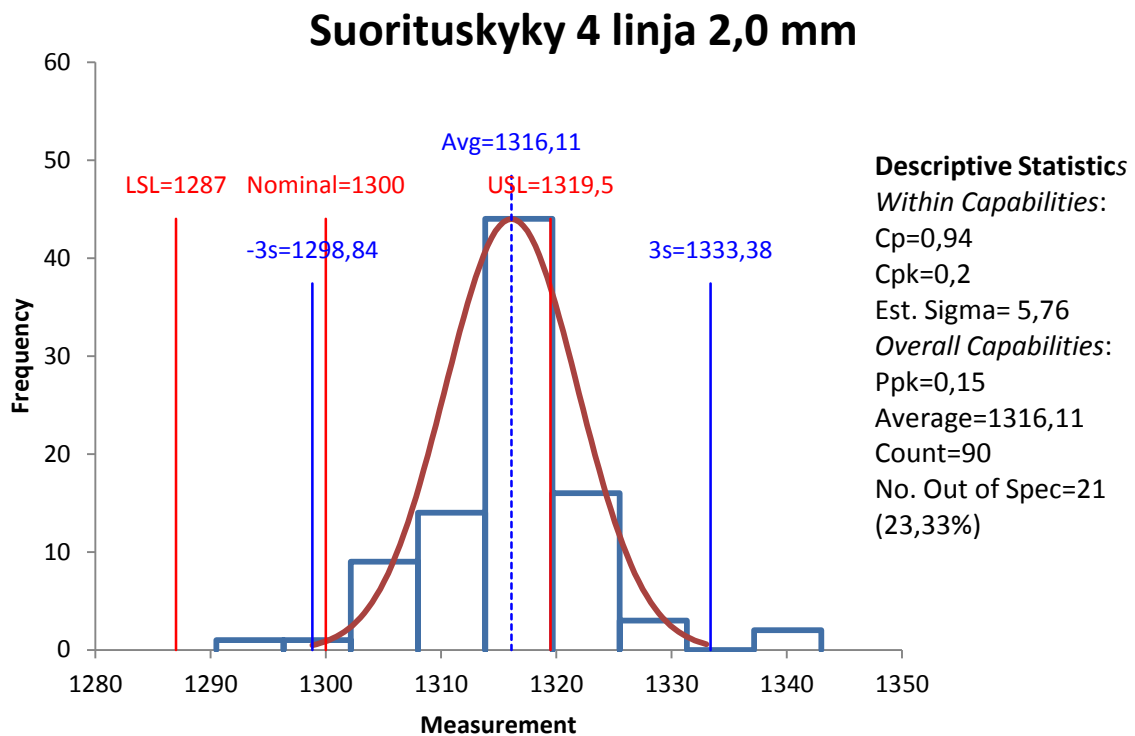
4.2.4 4-linjan 2,0 mm paksujen viilujen leveyden tarkastelu

Mittausten perusteella tehdyn suorituskykyanalyysin perusteella (kuva 9.) 4-linjan 2,0 mm paksujen viilujen leveyden keskiarvoksi saadaan 1316,11 mm, mikä on 16,11 mm suurempi kuin tavoitearvo. Leveyden keskiarvo on lisäksi 3,39 mm pienempi kuin toleranssialueen yläraja, josta voidaan päätellä, ettei prosessin suorituskyky tule myöskään olemaan kohdallaan. Keskiarvon tulisi optimitilanteessa asettua samaan kohtaan tavoitearvon kanssa. Keskiarvoa tulisi ohjata tavoitearvon lähelle. Hajonnan arvoksi saadaan 5,76 ja 21 mittaustulosta menee toleranssirajojen ulkopuolelle. Leveyden suorituskyvyksi C_p saadaan 0,94 ja korjatuksi suorituskyvyksi $C_{pk} = 0,2$.

Keskihajonnan kertaluku $-3s$ on lähes tavoitemitan kohdalla. Viilujen leveyden keskiarvo osuu lähes samaan kohtaan toleranssin ylärajan kanssa. Näistä voidaan päätellä, että 4-

linjan leikkuri tuottaa liian suurta viilua tavoitteeseen nähden. Osa mittaustuloksista osuu kuitenkin melko lähelle toleranssialueen alarajaa, joten varaa mitan pienentämiseen ei ole paljoa, ellei vaihtelua saada pienemmäksi.

Prosessin korjattu suorituskky C_{pk} on vain 0,2, joten yleisarvio prosessista on, että siinä vallitsee heikko tilanne ja että siinä on jatkuvia toleranssin ylityksiä. Prosessin vaihtelua tulisi pienentää ja keskiarvo tulisi saada sen jälkeen osumaan tavoitearvon kohdalle.



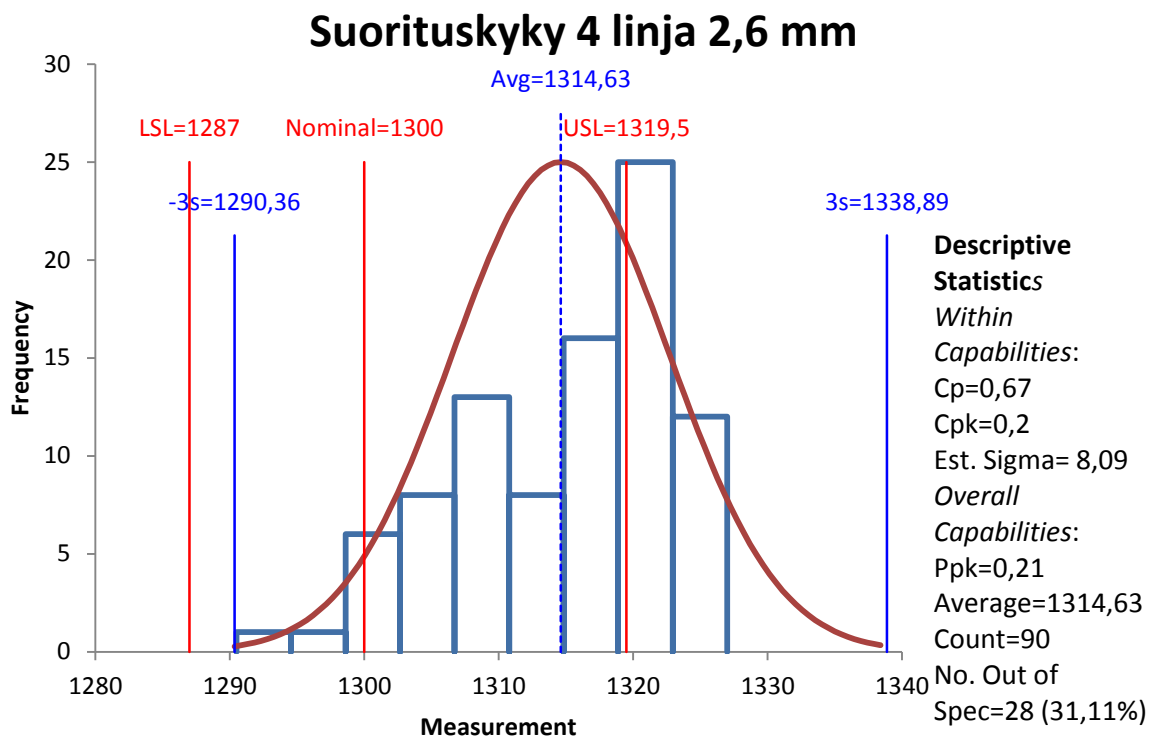
Kuva 9. Suorituskky leveys 4-linja 2,0 mm paksut viilut

4.2.5 4-linjan 2,6 mm paksujen viilujen leveyden tarkastelu

4-linjan 2,6 mm paksujen viilujen leveyden keskiarvoksi saadaan 1314,63 mm, eli se on 14,63 mm suurempi kuin leveyden tavoitearvo. Prosessin keskiarvon tulisi osua tavoitearvon kohdalle tai lähelle sitä, vaikka suorituskky olisikin huono. Leveyden keskiarvo on lähes sama toleranssialueen ylärajan kanssa, kuten myös 4-linjan 2,0 mm leveiden viilujen mittauksessa. Mittaustuloksista 28 kappaletta on toleranssirajojen ulkopuolella, joten prosessi ei ole suorituskyylyltään riittävän hyvä. Leveyden hajonnaksi

saadaan 8,09. Prosessin suorituskyvyksi C_p saadaan 0,67 ja korjatuksi suorituskyvyksi $C_{pk} = 0,2$.

Keskihajonnan kertaluku $-3s$ on lähellä alatoleranssirajaa. Mitan tavoitearvo ei osu samaan kohtaan mittauksen keskiarvon kanssa, vaan keskiarvo on reilusti suurempi kuin tavoitearvo. Useat mittaustulokset menevät toleranssialueen ylärajan yli, minkä takia raaka-ainehukka on suuri. Leveyden vaihtelua tulisi pyrkiä pienentämään, jotta prosessin suorituskyky nousisi. Nykyinen suorituskyky viittaa heikkoon tilanteeseen, jossa on jatkuvasti toleranssin ylityksiä. Mittaustulosten jakauman muoto viittaa siihen, että prosessissa vaikuttaa jokin vika, koska mittaustulokset eivät jakaannu normaalijakauman mukaisesti, vaan jakauma on toisenpuolinen.



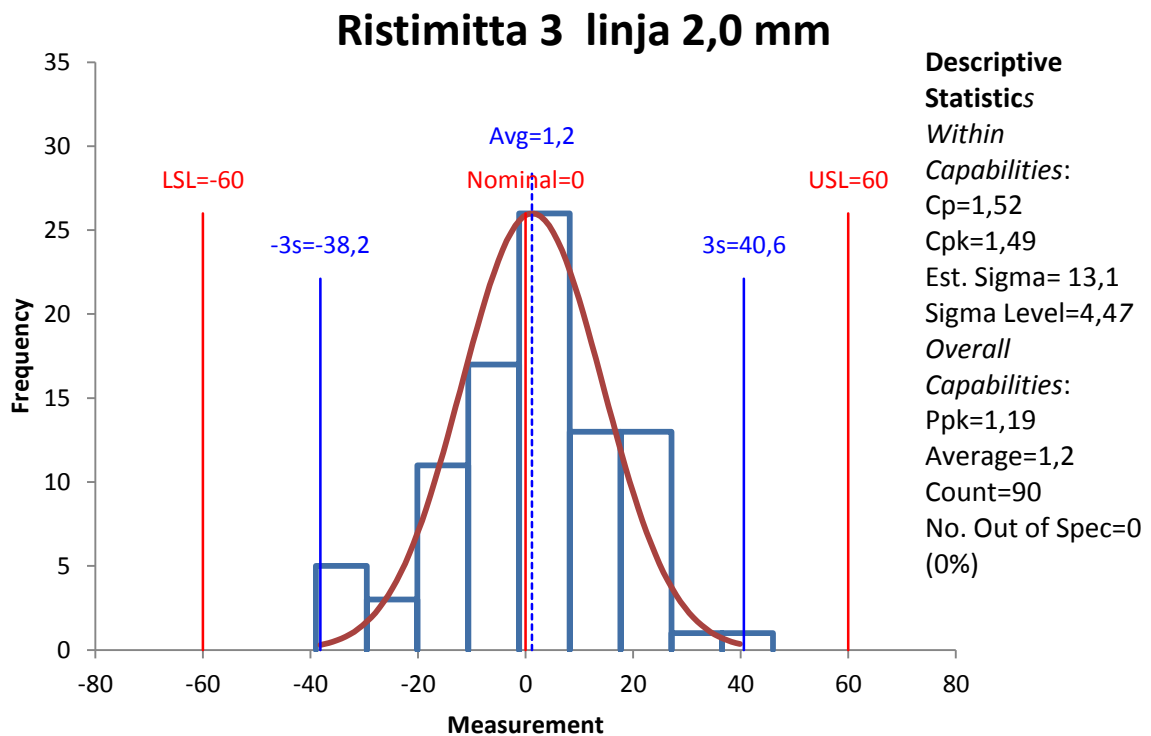
Kuva 10. Suorituskyky leveys 4-linja 2,6 mm paksut viilut

Taulukko 3. Viilun leveyden suorituskykyanalyysin tulokset

Linja / paksuus	Tavoite (mm)	Keskiarvo (mm)	Hajonta	Cp	Cpk	Ppk	Toleranssirajojen ylitykset (kpl)
3-linja / 2,0 mm	1300	1305,7	4,5	1,19	1,01	1,01	0
3-linja / 2,6 mm	1300	1296,33	3,55	1,53	0,88	0,79	1
4-linja / 2,0 mm	1300	1316,11	5,76	0,94	0,2	0,15	21
4-linja / 2,6 mm	1300	1314,63	8,09	0,67	0,2	0,21	28

4.2.6 3-linjan 2,0 mm paksujen viilujen ristimitan erotus

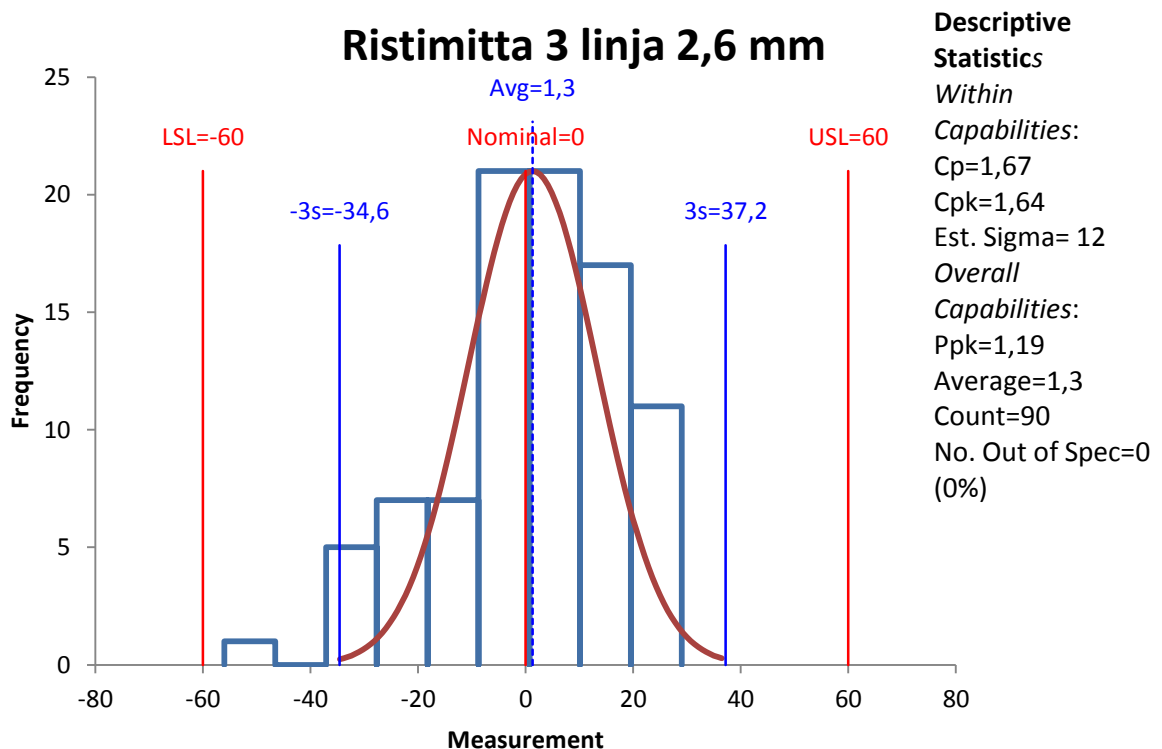
Ristimitan erotuksen perusteella tehdyn suorituskykyanalyysin (kuva 11.) erotuksen keskiarvo on lähellä tavoitearvoa nollaa. Keskiarvo eroaa ainoastaan 1,2 mm tavoitearvosta. Jo tämän perusteella voidaan päätellä, että 3-linjan 2,0 mm paksujen viilujen mittatarkkuus on hyvä. Lisäksi jakauma ei saavuta asetettuja toleranssirajoja eli ristimitan erotus pysyy erinomaisesti toleranssirajoissa eikä yksikään tulos mene yli toleranssirajojen. Ristimitan erotuksen suorituskykyluku C_p on 1,52 ja korjattu suorituskykyluku C_{pk} on 1,49. Suorituskykylukujen perusteella ristimitan erotus on prosessina vakaa.



Kuva 11. Suorituskyky viilun ristimitan erotuksesta 3-linja 2,0 mm

4.2.7 3-linjan 2,6 mm paksujen viilujen ristimitan erotus

Ristimitan erotuksen suorituskykyanalyysissä (kuva 12.) mittauksen keskiarvo on 1,2 mm, joka on lähellä tavoitearvoa nollaa. Tämä kertoo, että hajonta sijoittuu oikeaan kohtaan ja muutkin mittaukset tulevat todennäköisesti osumaan hyvin rajojen sisälle. Hajonnan jakauma jää lähes 20 mm alle toleranssirajojen, joten mitatut viilut pysyvät hyvin suorakulmaisuus tavoitteessaan. Yksikään mittaustulos ei mene toleranssirajojen yli. Ristimitan erotuksen suorituskyvyksi C_p saadaan 1,67 ja korjatuksi suorituskykyluvuksi $C_{pk} = 1,64$.

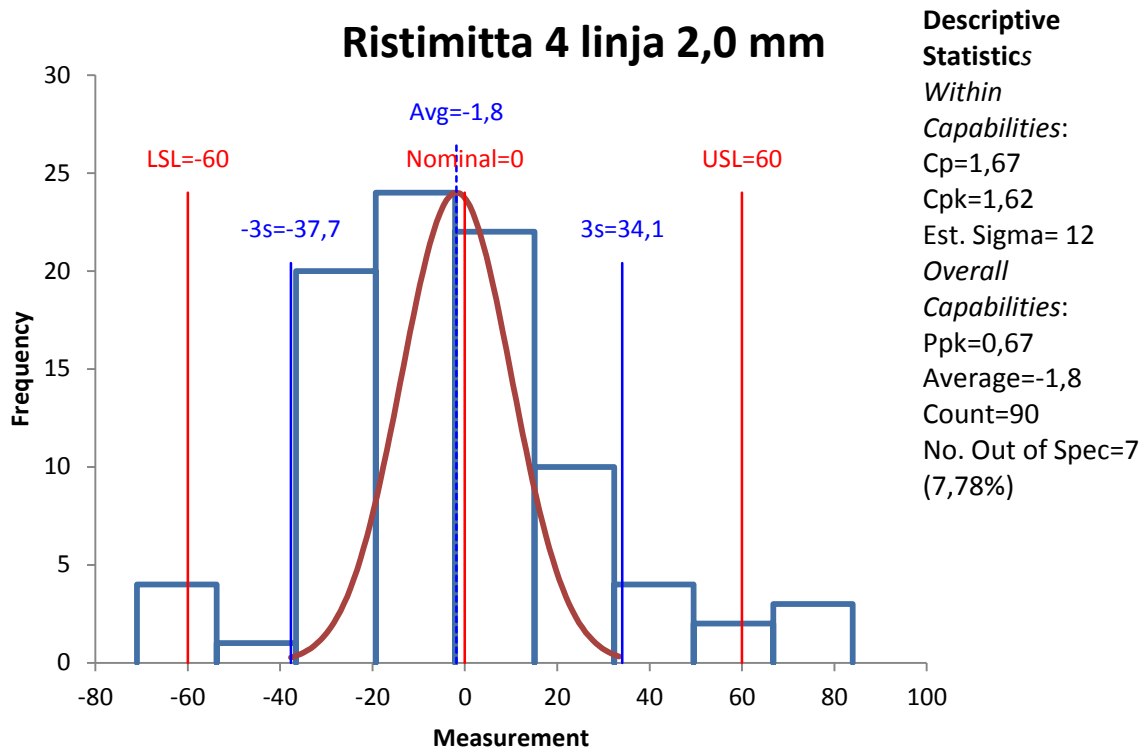


Kuva 12. 3-linjan 2,6 mm paksujen viilujen ristimitan erotuksen suorituskyky

4.2.8 4-linjan 2,0 mm paksujen viilujen ristimitan erotus

Prosessiin vaikuttaa todennäköisesti häiriötekijöitä, joiden seurauksena osa mittaustuloksista menee reilusti toleranssirajojen yli. 4-linjan 2,6 mm paksuissa viiluissa suorituskyky on hyvä. Kuivaajan nopeus on ohjearvojen mukainen, joten nopeuden ylittyminen ei voi selittää prosessissa vaikuttavaa häiriötä. Mittaushetkellä havaitaan tosin, että sorvin puukko ei ole leikannut hyvin ja tämä saattaa vaikuttaa osaltaan ristimitan erotuksen suorituskyvyn heikkenemiseen, koska reunat ovat epätasaisia. Tämä reunojen epätasaisuus saattaa myös johtaa leikkurin keskityksen epäonnistumiseen.

Mittausten keskiarvo ja tavoite ovat lähes samat, joten normaalijakauman sijainti on kohdallaan. Ristimitan erotuksen suorituskyky on hyvä, $C_p = 1,67$ ja $C_{pk} = 1,62$, vaikka toleranssirajojen ylityksiä tapahtuu. Suurin osa mittaustuloksista asettuu kuitenkin toleranssirajojen sisälle ja vain seitsemän mittaustuloksista ylittää rajat.

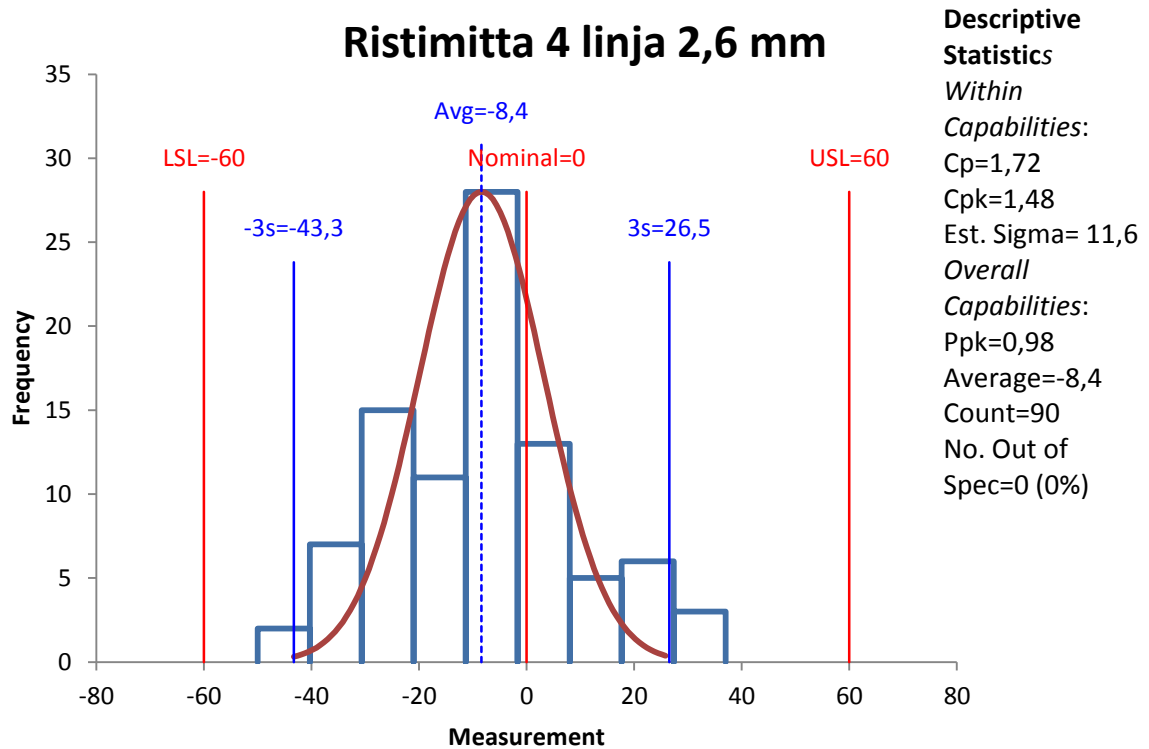


Kuva 13. 4-linjan 2,0 mm paksujen viilujen ristimitan erotuksen suorituskyky

4.2.9 4-linjan 2,6 mm paksujen viilujen ristimitan erotus

4-linjan 2,6 mm paksujen viilujen normaalijakauma asettuu hyvin toleranssirajojen väliin, mutta mittausten keskiarvo ei ihan asetu tavoitearvon kanssa samaan kohtaan. Keskiarvo

on 8,4 mm pienempi kuin ristimitaeron tavoite 0 mm. Ristimitan erotuksen suorituskyvyksi saadaan hyvä, $C_p = 1,72$ ja $C_{pk} = 1,48$. Viilun kuivuri on toiminut ohjearvojen mukaisesti tuotantohetkellä, eikä sillä ole todennäköisesti osuutta keskiarvon sijaintiin.



Kuva 14. 4-linjan 2,6 mm paksujen viilujen ristimitan erotuksen suorituskyky

Taulukko 4. Yhteenvedo ristimitan poikkeaman suorituskyvystä

Linja / paksuus	Tavoite (mm)	Keskiarvo (mm)	Hajonta	C_p	C_{pk}	Ppk	Toleranssirajojen ylitykset (kpl)
3-linja / 2,0 mm	0	1,2	13,1	1,52	1,49	1,19	0
3-linja / 2,6 mm	0	1,3	12	1,67	1,64	1,19	0
4-linja / 2,0mm	0	-1,8	12	1,67	1,62	0,67	7
4-linja / 2,6 mm	0	-8,4	11,6	1,72	1,48	0,98	0

4.2.10 Suositukset mittatarkkuuden parantamiseksi

Jos prosessin suorituskyky ei ole hyvä, voidaan prosessin korjaamisella saada sitä paremmaksi. Leikkauksessa kuluvien osien vaihtaminen voi auttaa suorituskyvyn parantamiseen. Esimerkiksi osien pihkaantuminen saattaa heikentää leikkauksen tarkkuutta

ja näin johtaa mittatarkkuuden heikkenemiseen. Prosessia voidaan myös parantaa viilun kuivurin nopeuden muutoksella. Nopeus saattaa vaikuttaa heikentävästi viiluleikkurin suorituskykyyn ja nopeuden alentaminen saattaa parantaa prosessin kyvykkyyttä. Investoinneilla voidaan myös parantaa tuloksia.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Kirjallisuuden perusteella tehdyn valvontakortin avulla pyritään pitämään prosessi hallinnassa ja näkemään mahdolliset muutokset nopeasti. Valvontakortista nähdään myös, kuinka prosessin parantamiseksi tehdyt korjaustoimenpiteet vaikuttavat prosessiin. Kortin avulla pyritään jatkuvasti parantamaan prosessia ja pienentämään prosessin hajontaa. Valvontakortin pääideana on saada prosessi paremmin hallintaan, jolloin työntekijöiden on helppo seurata prosessin tarkkuutta valvontakortista.

SPC:n avulla voidaan ehkäistä prosessiin vaikuttavia vikoja tehokkaasti, ja se on hyvä tekniikka prosessin luotettavuuden parantamiseen. Valvontakortista nähdään nopeasti, jos esimerkiksi leikkurissa pulssianturi pihkaantuu ja vika voidaan korjata nopeammin. Näin vika ei pääse vaikuttamaan pitkään prosessissa. Valvontakortin avulla ehkäistään turhaa prosessin säätämistä, ja nähdään kuinka muutokset vaikuttavat prosessiin. Lisäksi SPC antaa tietoa prosessin suorituskyvystä, jonka perusteella voidaan arvioida miten hyvin prosessi suoriutuu tehtävästään.

SPC:n avulla tehdyn suorituskykyanalyysin perusteella nähdään, että viilun leikkauksen mittatarkkuutta tarkasteltaessa hajonta on suurta. Puu on jo materiaalina itsestään vaihtelevaa, mikä aiheuttaa suurempaa hajontaa kuin helpommin ennustettavissa olevissa materiaaleissa. Uudemmissa prosessilaitteilla voidaan päästä tarkempiin tuloksiin ja pienempään hajontaan kuin nykyisillä laitteilla. Viilun leikkauslinjan modernisoinnilla voidaan mahdollisesti parantaa viiluarkin mittatarkkuutta ja pienentää materiaalihukkaa. Viilun mittatarkkuuden jatkuvalla seuraamisella pystytään ennakoimaan prosessiin vaikuttavia vikoja, ja ne pystytään korjaamaan nopeammin. Ilman jatkuvaa tarkkailua valvontarajat täytyy pitää ennallaan, koska prosessissa tapahtuu nykyisellään liian suurta hajontaa. Valvontakorttien avulla voidaan näitä rajoja vähitellen pienentää, kun saavutetaan parempia tuloksia suorituskyvyn suhteen.

Ainoastaan 3-leikkauslinjalla 2,0 mm viilujen kohdalla pystytään mittaamaan pienentämään hiukan, koska leveyden hajonta ja prosessin suorituskyky ovat tarpeeksi hyvät, eikä valvontarajojen ylityksiä ole. Lisäksi mittauksen keskiarvo on suurempi kuin tavoitearvo, joten mitta voidaan pienentää sen verran, että keskiarvo osuu tavoitearvon kohdalle. Tämä

kuitenkin vaatii, että mittaus on toistettavissa. Jos uusi tavoitearvo ohjataan jakauman keskelle, pitää olla varma, ettei ongelmia tule.

4-leikkauslinjalla kummankin paksuuden kohdalla huomataan, että mittauksen keskiarvo osuu lähes ylätoleranssirajalle. Mitta on liian suuri, ja se aiheuttaa materiaalihukkaa. Keskiarvon tulisi osua lähes samaan kohtaan tavoitearvon kanssa. Kummassakin paksuudessa hajonta on suurta, joten mittaa ei pystytä pienentämään tarpeeksi, jotta leveyden keskiarvo saadaan samaksi tavoitearvon kanssa. Hajontaa tulisi ensin pienentää ja vasta sen jälkeen keskiarvo voidaan ohjata lähelle tavoitearvoa. Suorituskykyanalyysin perusteella nähdään, että 4-linja on selvästi huonompi suorituskyvyltään 3-linjaan verrattuna.

3- ja 4-linjalla ristimitaeron keskiarvo pysyy kummallakin paksuudella lähes tavoitearvossa, eli keskihajonta sijaitsee oikeassa kohdassa. 4-linjan 2,0 mm paksuissa viiluissa ristimitaero menee yli annettujen raja-arvojen. Tästä voidaan päätellä, että prosessiin vaikuttaa jokin vika. 4-linjan 2,6 mm paksuilla viiluilla vastaavaa ongelmaa ei esiinny, vaan mittaustulokset pysyvät hyvin annettujen toleranssirajojen sisällä. 4-linjan 2,6 mm paksut viilut on ajettu leikkurin läpi lähes kaksi viikkoa 2,0 mm paksujen viilujen jälkeen, joten vika on todennäköisesti korjattu näiden erien välissä. 4-linjan 2,0 mm paksujen viilujen ristimitaeroa tulisi tarkkailla valvontakortin avulla ja vikoihin tulisi puuttua, mikäli ne vaikuttavat edelleen prosessissa.

Mittausten perusteella tavoitemittoja ei kannata lähteä pienentämään. Prosessia tulisi tarkkailla pitemmän aikaa valvontakorttien avulla, ja jos tulokset pysyvät hyvin rajojen sisällä, voidaan harkita tavoitemittojen ohjaamista jakauman keskelle. Hajontaa tulisi ensin pienentää, ennen kuin mittoja voidaan pienentää. Uusi tavoitearvo voidaan asettaa vasta, kun voidaan olla täysin varmoja siitä että ongelmia ei tule. Lisäksi mittausten tarkastelujakso oli melko lyhyt ja yhdestä mittauksesta ei vielä voida päätellä tarpeeksi, jotta mittaa uskalletaan lähteä pienentämään.

LÄHTEET

Antman, Juha. 2010. Käyttöinsinööri, UPM-Kymmene Pelloksen vaneritehtaat. Haastattelut.

Besterfield, D. 1994. Quality Control. 4. painos. New Jersey. Prentice-Hall International, Inc. ISBN 0-13-039828-4

Burr, I.1976. Statistical Quality Control Methods. New York. Marcel Dekker, Inc. ISBN 0-8247-6344-0

Grant, E & Leavenworth, R. 1996. Statistical Quality Control. 7. painos. The United States. McGraw-Hill. ISBN 0-07-114248-7

Griffith, G. 1996. Statistical Process Control Methods for Long and Short Runs. 2. painos. Wisconsin. ASQC Quality Press. ISBN 0-87389-345-X

Juvonen, R. 1985. Mekaaninen metsäteollisuus 1: Vaneriteollisuus. 1. painos. Helsinki. Valtion painatuskeskus. ISBN 951-859-742-1

Järnefelt, G. 1993. Tekninen tiedotus, tuoteprosessien tilastollinen valvonta – SPC. 2. painos. Tampere. Metalliteollisuuden Kustannus Oy. ISBN 951-817-482-2

Koponen, H. 2002. Puutuoteteollisuus 4: Puulevytuotanto. 3. painos. Helsinki. Opetushallitus. ISBN 952-13-1450-8

Kume, H.1989. Tekninen tiedotus, laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. 2. painos. Tokio, Japani. Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET. ISBN 951-817-424-5

Koljonen, S. 1999. Laadunvalvontajärjestelmän tuottaman mittausaineiston hyödyntäminen prosessin seurannassa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Kemiantekniikan osasto. Lappeenranta.

Liukko, T. 2004. Viilun käsittelyn laadullinen saanto. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Konetekniikan osasto. Lappeenranta

Metsäteollisuus ry. 2001. Vanerikäsikirja. Lahti. Metsäteollisuus ry. ISBN 952-9506-68-6

Qualitas Fennica Oy 2009. Six Sigmaproessin vaiheita ja työkaluja. [Qualitas Fennica www-sivut] Viitattu 15.2.2011. Saatavissa: http://www.qualitas-fennica.fi/sites/default/files/Six_Sigmaproessin_vaiheita_ja_tyokaluja..pdf

Salomäki, R. 1999. Hyödynnä SPC – Suorituskykyiset prosessit. MET-julkaisuja nro 9. Helsinki. Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET. ISBN 951-817-707-4

SFS 4360. 1981. Laatutekniikka. x-R-valvontakortti. Suomen standardisoimisliitto. 10 s.

Soininen, T. 2001. Six Sigman soveltamisedellytysten ja -apuvälineiden luominen. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tuotantotalouden osasto. Lappeenranta.

SPC for Excel. [BPI Consulting www-sivut] Viitattu 10.1.2011 Saatavissa: www.spcforexcel.com

SPC Press & Statistical Process Controls, Inc. [SPC Press www-sivut] Viitattu 15.1.2011. Saatavissa: www.spcpress.com

Tiainen, E-L. 2004. Tilastollisen laadunhallintatoiminnan kehittäminen selluteollisuudessa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tuotantotalouden osasto. Lappeenranta

UPM-Kymmene Oy. Sisäinen materiaali

LIITTEET

Liite I	Leikkaus ja lajittelun toimintaohje
Liite II	Valvontakorttiin tarvittavat kertoimet
Liite III	Suorituskyky 3-linja leveys
Liite IV	Suorituskyky 4-linja leveys
Liite V	Suorituskyky 3-linja ristimitan poikkeama
Liite VI	Suorituskyky 4-linja ristimitan poikkeama
Liite VII	3- ja 4-linjan kirjaukset viilun paksuudesta, päämitasta, kuivaajan nopeudesta ja viilun kosteudesta tunnin välein
Liite VIII	Esimerkki valvontakortti viilun leveys 3-linja 2,0 mm

Liite I UPM Pelloksen toimintaohje viilun mittatarkkuuden ja suorakulmaisuu- den valvontaan

Viiluarkkien mittata / 17.04.2008 / PEL.W3.501.070.020

Vain UPM-Kymmien sisäiseen käyttöön

Toimintaohje

25.01.2006

Teuvo Jukarainen/SCH/UPM

PEL.W3.501.070.020
versio 3

070 Leikkaus ja lajittelu

Viiluarkkien mittatarkkuuden ja suorakulmaisuu- den valvonta

Viiluarkkien mittatarkkuus (= leveyden tarkkuus). Arkkien mittatarkkuudella ymmärretään sitä, miten tarkasti leikatun viiluarkin leveys vastaa annettuja ohjemittoja. Ohjemitat voivat olla ns. vakiomittoja tai erikoismittoja.

Viiluarkkien mittatarkkuuden tulee pysyä rajoissa : + 1,5 % - 1,0 %.

Arkkien mittatarkkuus tarkastetaan mittaamalla metrinmitalla arkin leveys. Mittausotoksen suuruus: 5 peräkkäistä arkkia/kerta. Satunnaisesti aamuvuorossa vähintään 1 kerta/vrk/leikkuri. *Tulokset kirjataan pinkkaajalla olevaan kansioon.*

Samalla mitataan myöskin arkin suorakulmaisuu-
den mittatarkkuus on 60 mm/arkki.

Viiluarkkien eheys leikkureilla ja pinkkaajilla

Tarkkaillaan, että viilumatosta leikatut arkit eivät säry leikkureilla, leikkureiden jättökuljettimilla eikä pinkkauslaitteilla. Oleellisen tärkeää on tarkkailla, että pinkkaajien aisojen iskut eivät halkaise viiluarkkeja. Numeerisia arvoja näille laatukriteereille ei voida asettaa, mutta tavoitteena on, että kaikki leikatut arkit ja liitospalat menevät ehjänä pinkkoihinsa. Ne eivät saa ruuhkaantua tai halkeilla kuljettimilla, eivätkä myöskään putoilla kuormien väleihin. Pinkkaajien aisat eivät saa iskeä viiluun halkeamia.

Toimenpiteet poikkeamatilanteissa

Mittaustulosten ylittäessä sallitut lukemat, tehdään leikkurilla tarvittavat uusinta säädöt. Sama välitön korjaavien toimenpiteiden tarve on myös suorakulmaisuu-
den ylityksissä. *Poikkeamatilanteissa tarkastetaan leikkurin mekaaninen toimintakunto sekä leikkurin pulssianturin ja pulssianturipöyrän toiminta sekä niiden säädöt. Tarkastetaan myös viiluarkkien asetusarvot.*

Dokumentointi

Linjan henkilöstön omaa mittausta ei arkistoida.

Kansiot:

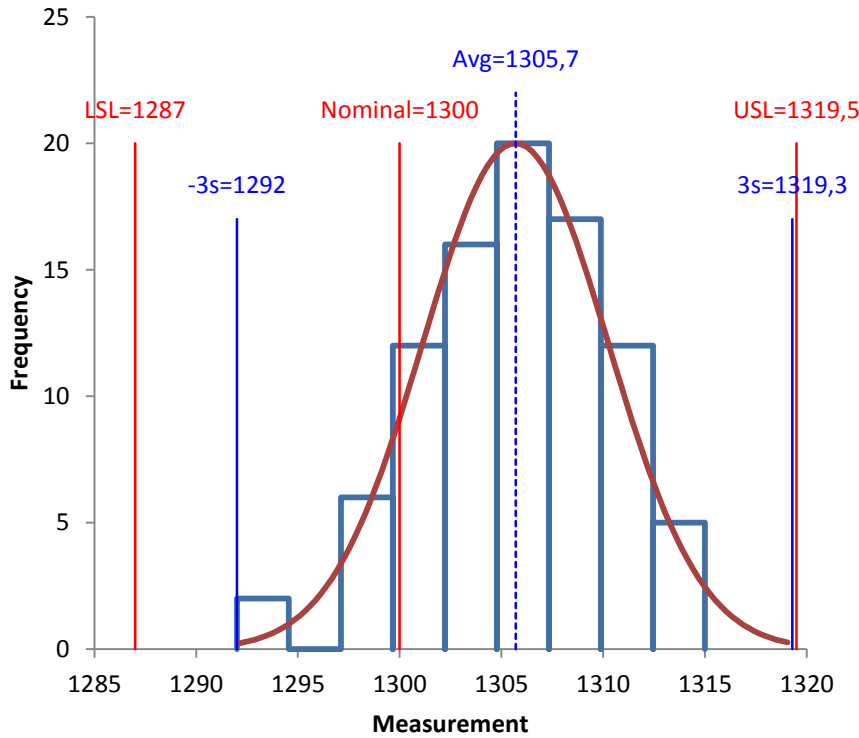
Liite II Valvontakorttiin tarvittavat kertoimet (Grant & Leavenworth 1996, s. 718)

TABLE D FACTORS FOR DETERMINING FROM \bar{R} THE 3-SIGMA CONTROL LIMITS FOR \bar{X} AND R CHARTS

Number of observations in subgroup, n	Factor for \bar{X} chart, A_2	Factors for R chart	
		Lower control limit D_3	Upper control limit D_4
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59

Liite III Suorituskyky 3-linja leveys

Suorituskyky 3 linja 2,0 mm

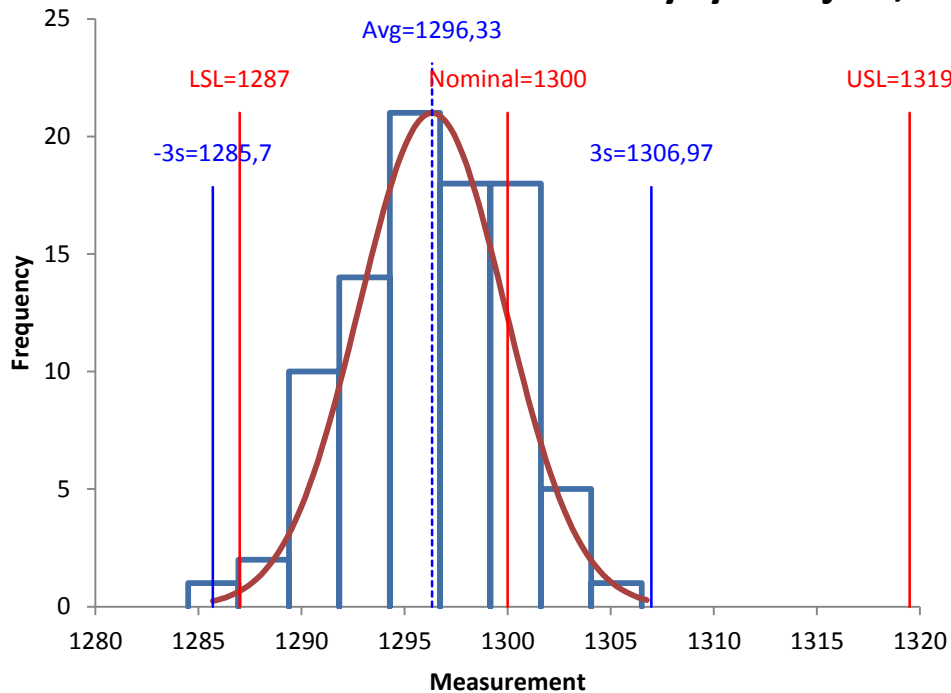


Descriptive Statistics

Within Capabilities:

Cp=1,19
 Cpk=1,01
 Cpu=1,01 (0,12%)
 Cpl=1,37 (0%)
 Est. Sigma= 4,5
 PPM>USL=1194,53
 PPM<LSL=19,76
 Total PPM=1214,29
 Sigma Level=3,03
Overall Capabilities:
 Pp=1,19
 Ppk=1,01
 Ppu=1,01 (0,12%)
 Ppl=1,37 (0%)
 Sigma= 4,6
 PPM>USL=1228,82
 PPM<LSL=20,78
 Total PPM=1249,59
 Sigma Level=3,03
 Average=1305,7
 Count=90

Suorituskyky 3 linja 2,6 mm



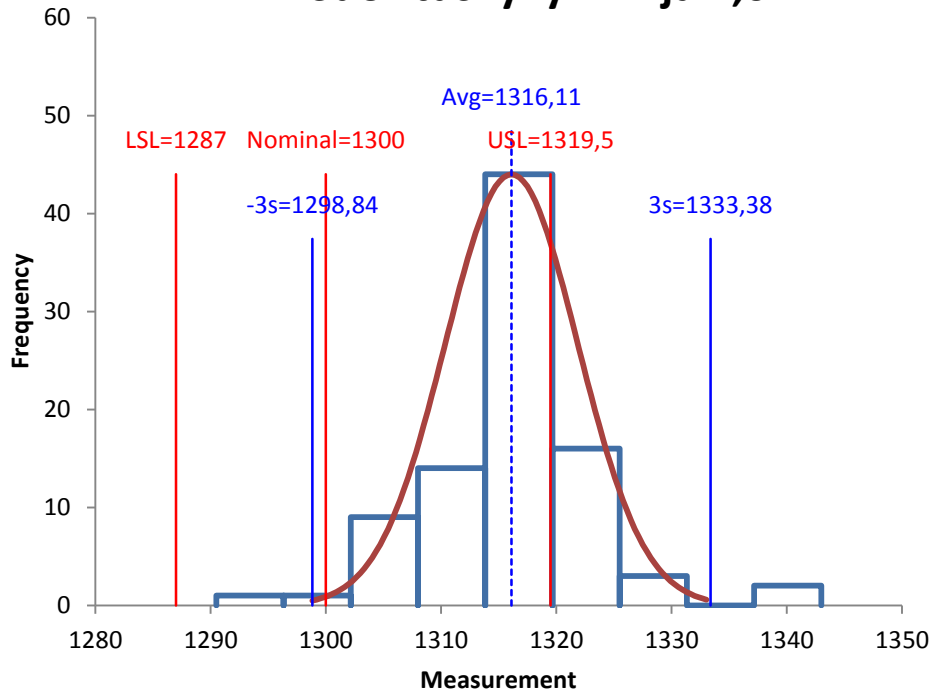
Descriptive Statistics

Within Capabilities:

Cp=1,53
 Cpk=0,88
 Cpu=2,18 (0%)
 Cpl=0,88
 (0,41%)
 Est. Sigma= 3,55
 PPM>USL=0
 PPM<LSL=424
 5,37

Liite IV Suorituskyky 4-linja leveys

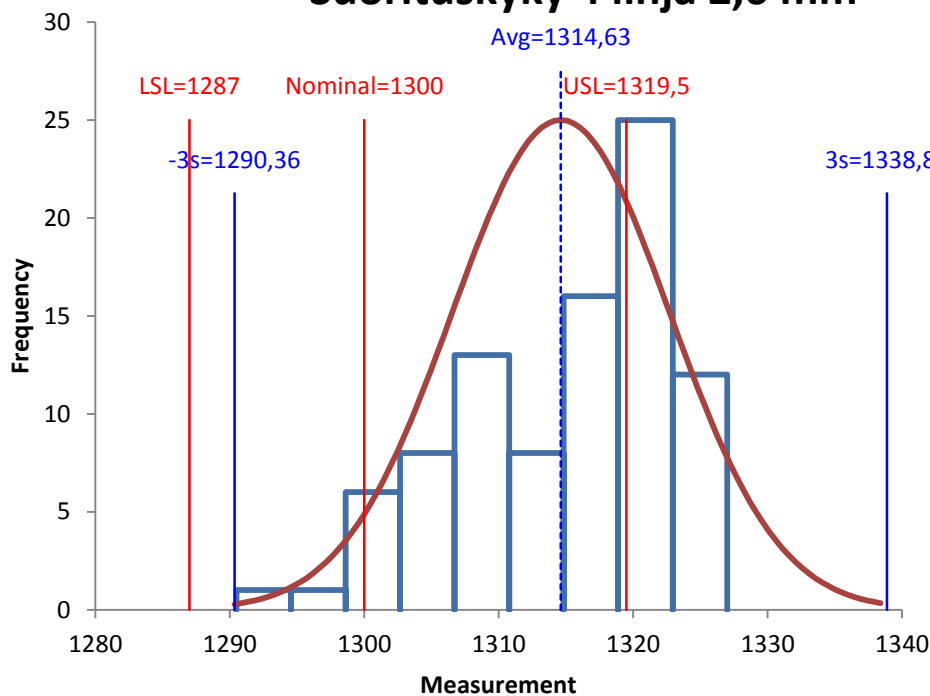
Suorituskyky 4 linja 2,0 mm



Descriptive Statistic

Within Capability
 Cp=0,94
 Cpk=0,2
 Cpu=0,2 (27,43%)
 Cpl=1,69 (0%)
 Est. Sigma= 5,76
 PPM>USL=278054
 PPM<LSL=0,21
 Total PPM=27805
 Sigma Level=0,6
 Overall Capability
 Pp=0,73
 Ppk=0,15

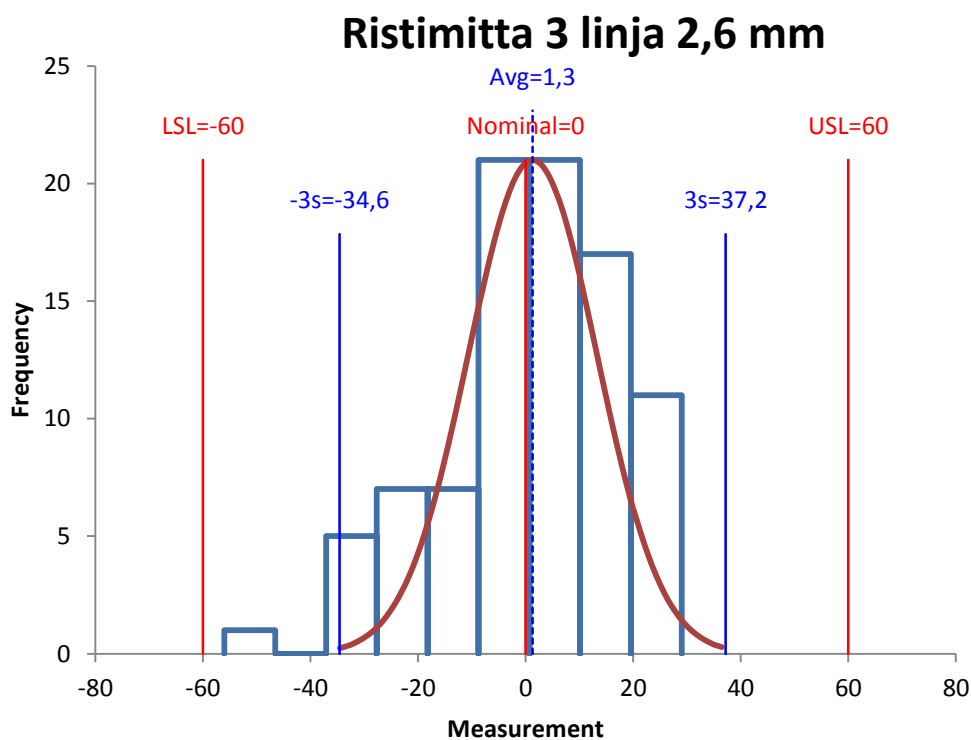
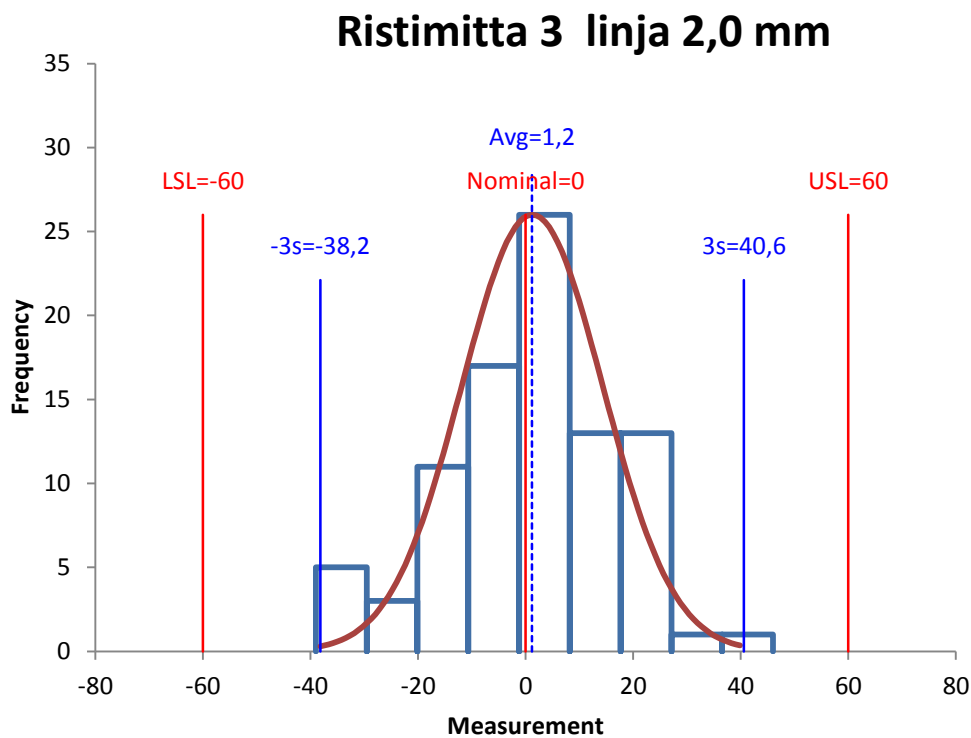
Suorituskyky 4 linja 2,6 mm



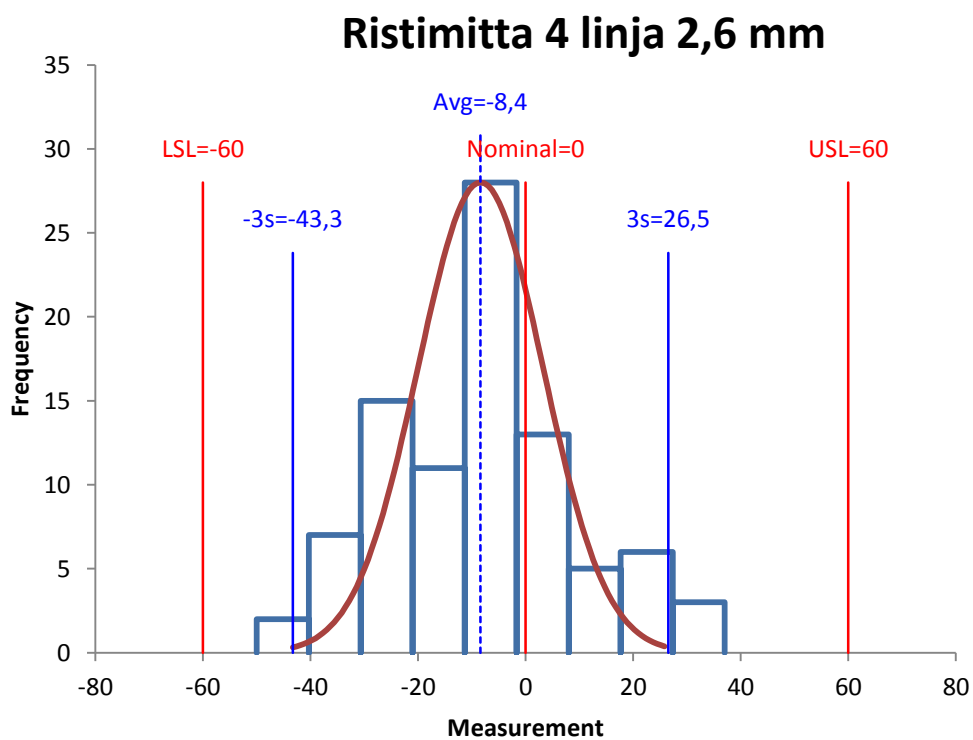
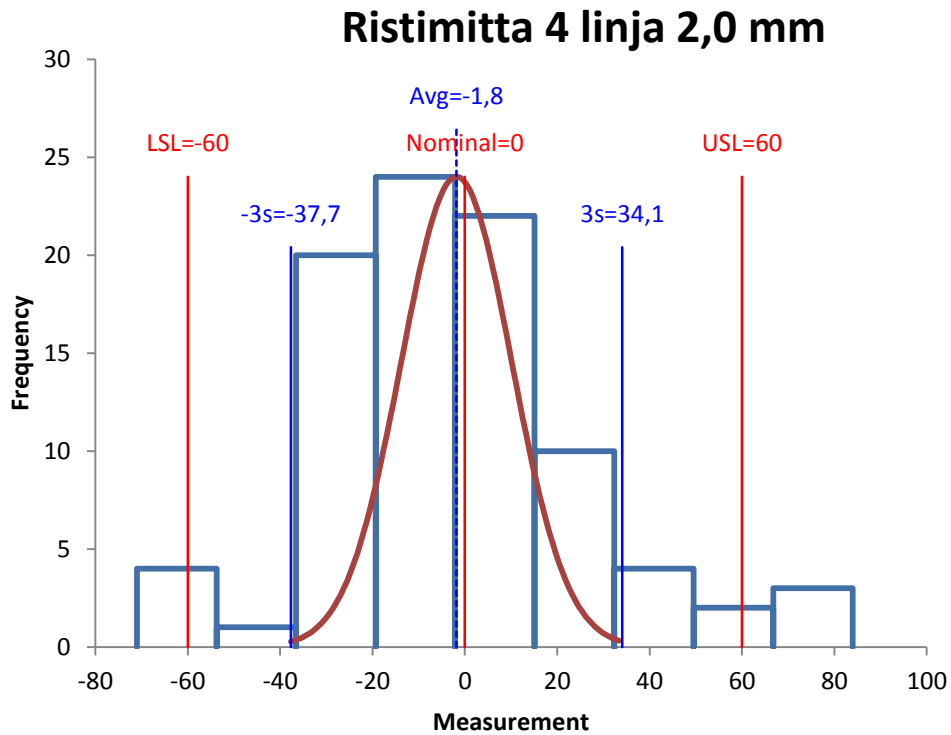
Descriptive Statistic

Within Capability
 Cp=0,67
 Cpk=0,2
 Cpu=0,2 (27,43%)
 Cpl=1,14 (0,03%)
 Est. Sigma= 8,09
 PPM>USL=273469
 PPM<LSL=317,97
 Total PPM=27378
 Sigma Level=0,6
 Overall Capability
 Pp=0,68
 Ppk=0,21

Liite V Suorituskyky 3-linja ristimitan poikkeama



Liite VI Suorituskyky 4-linja ristimitan poikkeama



Liite VI 3- ja 4-linjan kirjaukset viilun paksuudesta, päämitasta, kuivaajan nopeudesta ja viilun kosteudesta tunnin välein

**3-
linja 14.12 aamuvuoro**

klo	Työryhmä	Viilun paksuus (mm)	Päämitta (cm)	Kuivaajan nopeus (m/min)	Viilun kosteus (%)
6:00	3	2,0	131,8	33,7	0,6
7:00	3	2,0	131,2	34,4	1,7
8:00	3	2,0	131,2	34,1	0,9
9:00	3	2,0	131,3	34,4	0,7
10:00	3	2,0	131,4	34,4	0,9

**3-
linja 2.12 aamuvuoro**

klo	Työryhmä	Viilun paksuus (mm)	Päämitta (cm)	Kuivaajan nopeus (m/min)	Viilun kosteus (%)
6:00	2	2,6	130,5	34,1	2,9
7:00	2	2,6	131,5	33,7	2,3
8:00	2	2,6	131,5	33,7	2,3
9:00	2	2,6	133,2	29,9	1,0
10:00	2	2,6	131,5	33,7	1,7
11:00	2	2,6	132,0	34,1	1,8
12:00	2	2,6	131,5	33,4	2,4
13:00	2	2,6	131,0	34,1	2,5
14:00	2	2,6	131,0	34,1	1,4

**4-
linja 2.12 aamuvuoro**

klo	Työryhmä	Viilun paksuus (mm)	Päämitta (cm)	Kuivaajan nopeus (m/min)	Viilun kosteus (%)
11:00	2	2,0	260	34	1,51
12:00	2	2,0	260,5	36	1,84
13:00	2	2,0	260	35	1,64
14:00	2	2,0	260,5	35	0,87

**4-
linja 14.12 aamuvuoro**

klo	Työryhmä	Viilun paksuus (mm)	Päämitta (cm)	Kuivaajan nopeus (m/min)	Viilun kosteus (%)
9:00	3	2,6	260,2	26	2,93
10:00	3	2,6	260,3	26	2,19
11:00	3	2,6	260,5	26	1,49
12:00	3	2,6	260,5	25	1,15
13:00	3	2,6	260,3	26	2,10
14:00	3	2,6	260,5	25	1,88

