

İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜNDE PROSES YETERLİLİK ANALİZİ VE TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE UYGULAMA

Orhan ŞAHİN^(*)

Özet: İstatistiksel Proses Kontrolünde Proses Yeterlilik Analizi adlı bu çalışmada, prosesteki değişkenliğin sebepleri araştırılmış. Değişkenliğin hesaplanmasında proses yeterlilik indisleri (Cp, Cpk) anlatılmış. Bu tekniklerin kullanımını göstermek üzere bir tekstil işletmesinde uygulama yapılmıştır. Uygulamadan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS ve Statistica paket programları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Süreç, değişkenlik, proses yeterliliği, Cp,Cpk

Abstract: This study is focused on process capability analysis by exploring causes of variation in the process. In this study indices of Cp and Cpk in calculation of variation in process was examined. In order to explore the use of these techniques, an empirical study was undertaken at a textile factory data collected throughout this study was analysed by using SPSS for Windows and Statistica package statistical programmes.

Key Words: Process, variation, process capability, Cp,Cpk

I.Giriş

Yoğun rekabetin yaşandığı pazarlarda, işletmelerin kaliteli ürünler üretmesi başarılı olmalarında etken bir faktörü oluşturur. Bu nedenle, işletmelerin gerekli kaliteyi oluşturması ve geliştirmesi zorunlu olmaktadır. “Kalite, bir ürün veya hizmetin beklentilerimizi tamamen karşıladığı veya aştığı anlamına gelmektedir. Teknik bakımdan kalite, açık veya ima yoluyla belirlenen ihtiyaçları karşılayan, ürün ve hizmet özelliklerinin toplamıdır. Buna göre, işletmelerin kalitenin oluşturulmasında önem vermesi gereken iki konu mevcuttur; (i) tüketicilerin gereksinimlerini belirlemek, (ii) belirlenen gereksinimler doğrultusunda ürün ve hizmet oluşturmak.

Tüketici gereksinimlerini belirleyebilmek için, tüketiciler ile sağlıklı bir iletişim kurulmalı ve bu ilişkinin sürekliliği sağlanarak, tüketici gereksinimlerinde oluşabilecek değişiklikler hızlı bir biçimde ürüne yansıtılmalıdır. İşletmelerin rekabette başarılı olabilmesi için, tüketici spesifikasyonları (istekleri) içersinde üretim yapmaları gerekmektedir. Ürünün meydana getirilmesinde ve ürünün kalitesini belirlemede etkili olan proses kavramı (Tate,1999; Çelikçapa,1995) tarafından incelenmiş, prosesteki değişkenliğin nedenleri(Kobu,1989) ortaya konmuştur. (Akın,1996) proses kontrolünde istatistiksel yöntemlerin uygulanması göstermiş, (Dilbaz,84) istatistiksel proses kontrolünün uygulanması aşamalarını sistematik olarak göstermiştir. (Garrity,1990) proses ve yeterlilik ilişkisini incelemiş, yeterliliğin kabulü için hesaplanan yeterlilik indislerinden Cp'nin kabul sınırları (Asaka,1990) incelenmiştir.Yine (Montgomery,1991) Cp için güven aralığını

^(*)Öğr. Gör. Dr. Balıkesir Üniversitesi Ayvalık Meslek Yüksekokulu

hesaplamıştır. Proses yeterliliğinin hesaplanmasında kullanılan bir diğer yeterlilik ölçüsü Cpk indisi (Oakland,1992) tarafından incelenmiş, (Kane,1989) çift yanlı spesifikasyon limitleri durumunda Cpk'nın çeşitli değerlerine karşılık gelen limit dışı mamül oranını incelemiştir. (Kotz,1993) Cpk'nın tahmin edicisi Cpk'yı hesaplamıştır. Tek yanlı spesifikasyon limitleri durumunda kusurlu mamül yüzdesinin hesaplanmasında (Devor,1992) normal dağılım tablosunun kullanılabileceğini göstermiştir. Açıkça görüldüğü gibi işletmelerin istenilen kalite düzeyini sağlayabilmesi için ürünler, tüketici beklentilerini ifade eden spesifikasyonlar içersinde oluşturmalıdır. Buna göre, üretim sürecinin spesifikasyonları karşılayan ürün oluşturabilme yeteneği sürekli olarak incelenmelidir. Bu inceleme, proses yeterlilik indisleri ile yapılabilir. Süreç yeterlilik indisleri ile, normal ve normal olmayan dağılımlar için sürecin spesifikasyonları sağlama derecesi belirlenebilir. Yeterlilik indislerinin periyodik olarak hesaplanması ile proses sürekli olarak kontrol altında tutulabilir.

II. Proses Kavramı

Proses, bir ürün veya hizmeti üretmek için gerek duyulan aşamaların tamamıdır (Tate,1999:23). Bir başka tanıma göre, insan, makine/ekipman, hammadde, üretim metodu ve üretim ortamının bir ürün çıkartmak üzere birlikte olmasıdır(Çelikçapa,1995:59).

Tanımlardan da anlaşılacağı üzere bir proses birtakım unsurlardan oluşmaktadır.

Bunlar; İşlemler, Malzeme, Çevre Şartları, Operatör, Muayene

III. Proseste Değişkenlik Kavramı Ve Tespiti

Bir prosesin bir takım unsurlardan oluştuğunu söylemiştik. İşte bu unsurlar proseste birer değişkenlik kaynağıdır. Değişkenlik proseste üretilmiş mamül ve hizmetlerin kalitesini etkiler. Bundan dolayı prosesteki değişkenliğin dikkatlice izlenmesi, analiz edilmesi ve böylece kontrol altına alınması gereklidir. Bir proseste değişkenliği doğuran nedenler iki gruba ayrılır (Kobu,1989:573-574).

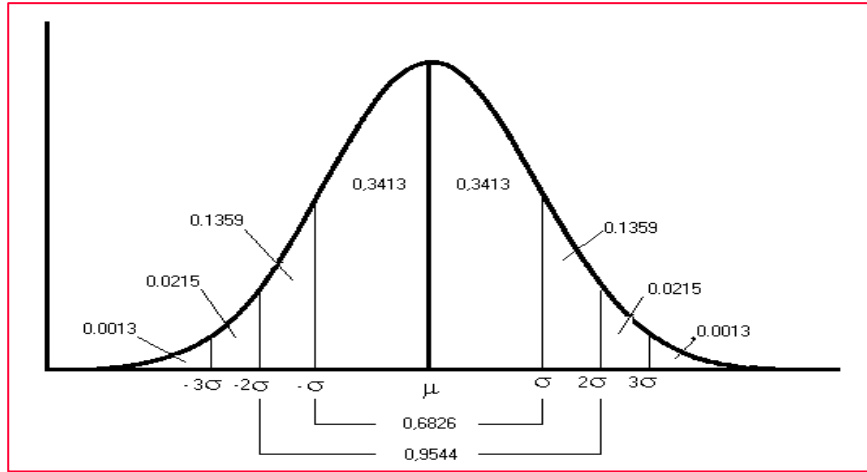
A. Tesadüfi Değişkenlik

Olay üzerindeki etkileri bir kurala bağlanamayan ve tamamen tesadüfi olarak ortaya çıkan faktörlerdir. Belirsizlik nedeni ile varlıklarının tespiti ve etkilerinin ölçülmesi çok güç hatta imkansızdır. Örneğin bir parçanın işlenmesinde boyutların duyarlılığını etkileyen hava sıcaklığı, malzemenin metalurjik yapısı, işçinin dikkat ve ustalığı, aydınlatma, titreşim vb. faktörler bu gruba girer. Şans faktörlerini tespit edip etkilerini gidermeye çalışmak hem teknik hemde ekonomik açıdan mümkün değildir. Şans faktörlerinin olay

üzerinde hangi limitler arasında değişimler meydana getireceğini bilmek ve bunu kontrol altında tutmak her bakımdan daha uygun bir tutumdur.

B-Sistemik değişkenlik: Olayların sadece bir kısmı üzerinde etkili olurlar. Varlıkları sürekli olmayıp zaman zaman ortaya çıkarlar. Etkileri nispeten büyük ölçüde değişimler meydana getirir. Bu özel faktörler üretim prosesini belirli bir yöne iten, kontrol dışına çıkaran ve nedeni tespit edilebilen değişimlerdir. Örneğin makine parçalarındaki aşınmalar, dağılan bir rulman, kopan bir civata vb.

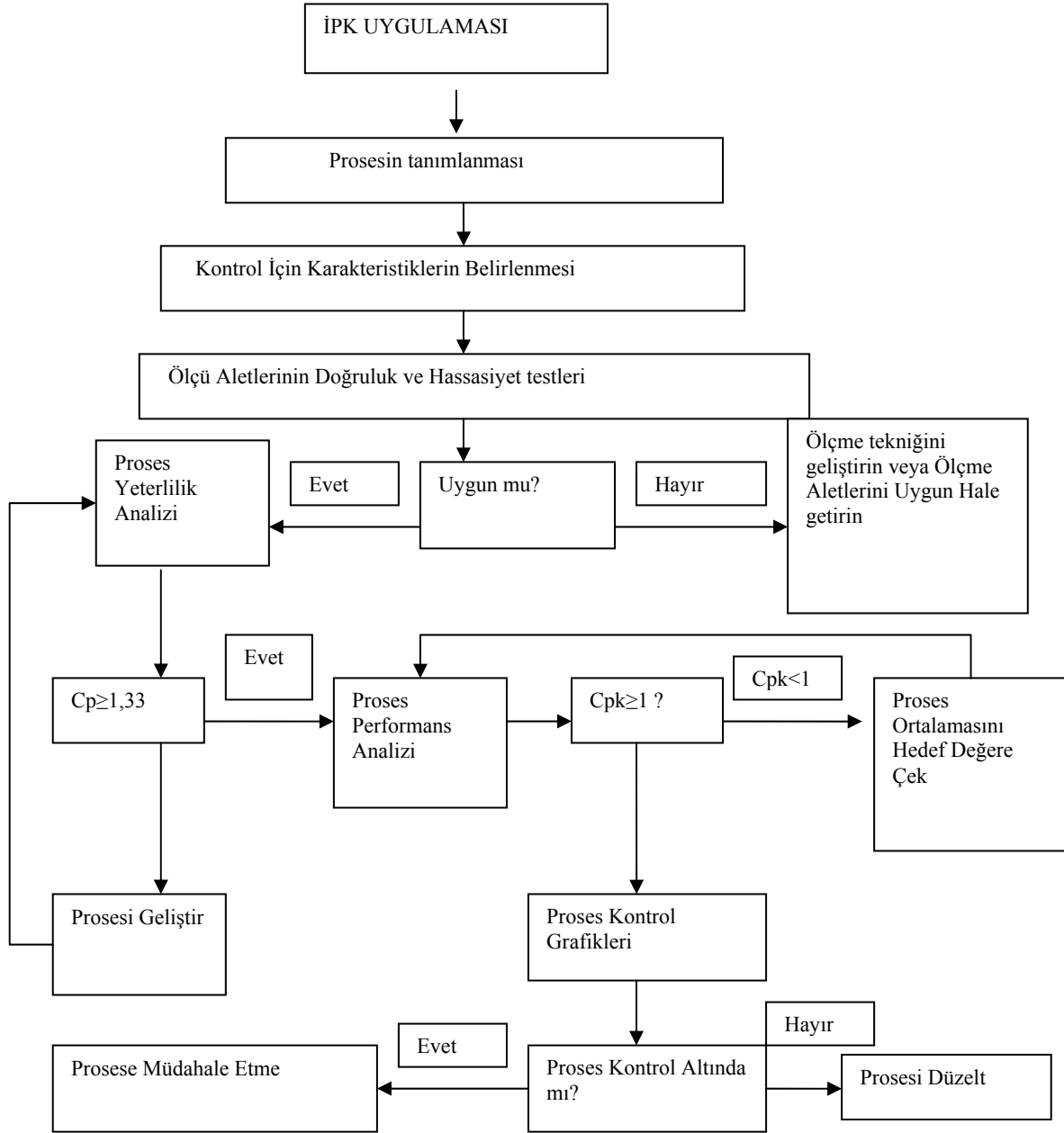
Bir işlemden sadece tesadüfi faktörler rol oynuyorsa herhangi bir değişken normal bir dağılım gösterir. Herhangi bir processe yeterlilik analizine başlamadan önce prosesin kontrol altında olması ve verilerin normal dağılmış olması gerekir. Normal dağılmış bir eğride verilerin %99,73 ü $\pm 3\sigma$ aralığında yer alır. Eğri altında kalan alanları aşağıda verilmiştir.



Şekil 1: Normal Eğri Altındaki Alanlar ve Yüzdeleri

IV. İstatistiksel Proses Kontrolünün Tanımı

İstatistiksel proses kontrol bir ürünün en ekonomik ve yararlı bir tarzda üretilmesini sağlamak amacıyla, istatistiksel prensip ve tekniklerin üretimin tüm aşamalarında kullanılmasıdır (Akın,1996:2). İstatistiksel proses kontrol, üretimin önceden belirlenmiş kalite spesifikasyonlarına uygunluğunu sağlayan, standartlara bağlılığı hedef alan, kusurlu ürün üretimini en aza indirmekte kullanılan bir araçtır.



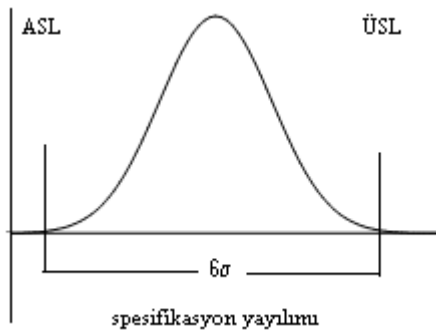
Şekil 2: İstatistiksel Proses Kontrolün Akış Diyagramı (Dilbaz,84)

V. Proses Yeterlilik Analizi

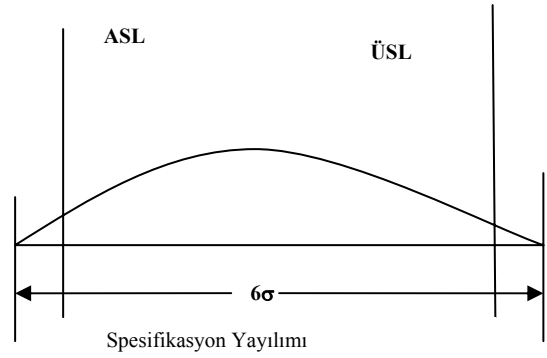
İstatistiksel kontrol içinde ve normal dağılmış prosesler için proses yeterlilik analizi yapılabilir. Kontrol altında ki prosesler her zaman için spesifikasyonları karşılamada yeterli olmayabilir. Prosesler aşağıdaki durumlardan birinde bulunabilirler (Garrity,1990:97).

- 1-Proses kontrol altında ve spesifikasyonları karşılamada yeterli.
- 2-Proses kontrol altında ve spesifikasyonları karşılamada yeterli değil.
- 3-Proses kontrol dışında fakat spesifikasyonları karşılamada yeterli.
- 4-Proses kontrol dışında ve spesifikasyonları karşılamada yeterli değil.

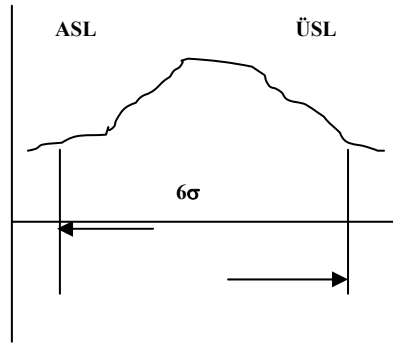
Bu durumlar aşağıda şekiller üzerinde gösterilmektedir.



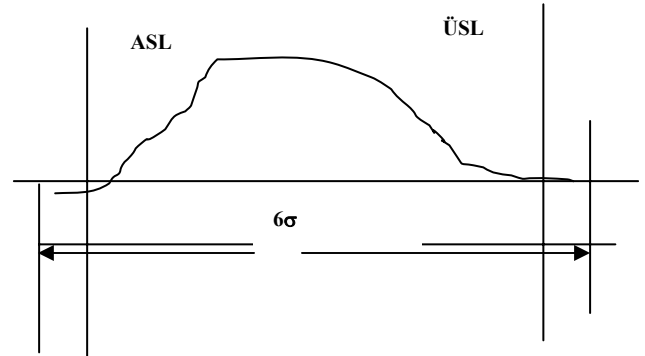
Şekil 3-Kontrol Altında ve Yeterli



Şekil 4-Kontrol Altında ve Yeterli Değil



Şekil 5-Kontrol Dışı ve Yeterli



Şekil 6-Kontrol Dışı ve Yeterli Değil

Yeterlilik indisleri prosesin spesifikasyonları karşılayıp karşılamadığını belirlemek için kullanılmaktadır. Spesifikasyonlar ise ürünün meydana getirilmesi için belirlenen kurallardır. Örneğin, bir dişli çarkın malzemesinin kopma mukavemeti veya sertliğinin tayini spesifikasyonlarla belirtilir. Spesifikasyonlar, standart olabilir veya olmayabilir. Standartlar ulusal veya uluslar arası niteliğini taşıyan kuruluşlar tarafından oluşturulan ve herkes tarafından kabul edilen bir takım dokümanlardır. Kısaca spesifikasyonlar üretim ve hizmetlerin sınırlarını tayin eden faktörlerdir.

Müşteriler satın aldıkları mamullerin spesifikasyonları karşılayıp karşılamadığını bilmek isterler. Dolayısıyla yeterlilik indisleri yardımıyla kolayca prosesin yeterliliği bir tek sayı olarak hesaplanabilir. Herhangi bir prosesin yeterliliğini belirlemede üç indis kullanılmaktadır (Garrity,1990:98).

Yeterlilik Rasyosu(Cr)

Prosesin potansiyel yeterliliği(Cp)

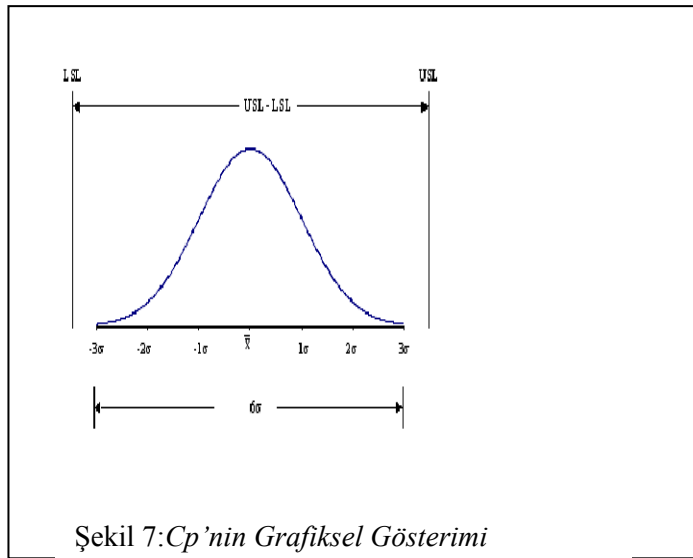
Prosesin performansı(Cpk)

A.Yeterlilik Rasyosu

Yeterlilik rasyosu, prodesteki genel değişkenliğin (6σ), spesifikasyon yayılımına oranıdır. Yeterlilik Rasyosu= $Cr = \frac{6\sigma}{\text{SpesifikasyonYayıllımı}}$
Yeterlilik rasyosu %75 veya daha az olmalı (Garrity,1990:99).

B. Cp indisi

Herhangi bir prodesten elde edilen veriler normal dağılım gösterdiği takdirde daha öncede belirtildiği üzere verilen %99.7'isi ± 3 standart sapma aralığına düşecektir. Yani -3σ 'dan $+3\sigma$ 'ya. Eğer spesifikasyonlar dağılımın dışında ise proses spesifikasyonları karşılar. Burada ÜSL-ASL mühendislik toleransı olarak isimlendirilirken, 6σ tabi toleranslar olarak isimlendirilmektedir.



Dolayısıyla Cp indisi mühendislik toleranslarının tabi toleranslara oranıdır (Oakland,1992 :131).

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

Yeterliliğin kabulü için Cp'nin çeşitli değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.(Asaka,1990:197)

Tablo 1. Cp'nin Yorumu

Cp	Değerlendirme	Yorum
$Cp \leq 1$	Yetersiz	Proses yetersizdir. İyileştirmeler yapılmalı.
$1 < Cp \leq 1,33$	Kabul edilebilir	Proses spesifikasyonları karşılamaz. Proses kontrolü sürdürülmelidir.
$Cp \geq 1,33$	İyi	Proses spesifikasyonları karşılar.

C. Cp'nin tahmin Edilmesi

$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}} \quad \text{dan anlaşılacağı üzere tahmin edilmesi}$$

gereken tek parametre X'in standart sapması ' σ ' dir. σ 'nın tahmin edicisi

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{dir. Burada } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j \quad \text{dir. Normal dağılan bir}$$

anakütleden tesadüfi olarak çekilen örneklerin ortalamaları normal dağılırken, bu örneklerin varyansları sağa çarpık bir dağılım gösterirler. Örnek varyansları dağılımı da örnek ortalamaları gibi, ana kütle varyansının ve örnek büyüklüğünün fonksiyonudur. Örnek varyansı ve ana kütle varyansı arasındaki bağlantı, anakütle varyansının tarafsız tahminleyeni olarak hesaplanan örnek varyansının (n-1) serbestlik derecesiyle çarpımının anakütle varyansına oranı şeklindedir. Bu oran χ^2 (Ki-Kare) adını alır ve $\chi^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2}$ dağılımında (n-1)

serbestlik dereceli χ^2 (Ki-Kare) dağılımıdır(Orhunbilge,1997: 83).

Standart sapmayı hesaplamak uzun işlemler gerektirdiğinden onun tahmini olan

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_n}$$

kullanılır. d_n ise çeşitli örnek büyüklüğüne göre Ek Tablo A' dan

bulunur. C_p nin tahmin edicisi ise $\hat{C}_p = b_f \hat{C}_p$ dir.

Burada $b_f = (2/f)^{1/2} \frac{\Gamma(f/2)}{\Gamma\{1/2(f-1)\}}$ dir. $f=n-1$ dir (Kotz,1993:50).

D- C_p 'nin Güven Aralığı

C_p 'nin tahmininde kullanılan formüllerden C_p için bir aralık tahmini yapılabilir. $\chi^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} \Rightarrow \sigma^2 = \frac{(n-1)s^2}{\chi^2}$ dir. Buradan

$\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{(1-\alpha/2)(n-1)}} \leq \sigma^2 \leq \frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{(\alpha/2)(n-1)}}$ σ^2 için güven aralığı elde edilir. C_p için güven aralığı $\frac{\bar{ÜSL} - ASL}{6s} \sqrt{\frac{\chi^2_{(1-\alpha/2)(n-1)}}{(n-1)}} \geq C_p \geq \frac{\bar{ÜSL} - ASL}{6s} \sqrt{\frac{\chi^2_{(\alpha/2)(n-1)}}{(n-1)}}$ dir (Montgomery, 1993:75).

E. C_{pk} İndisi

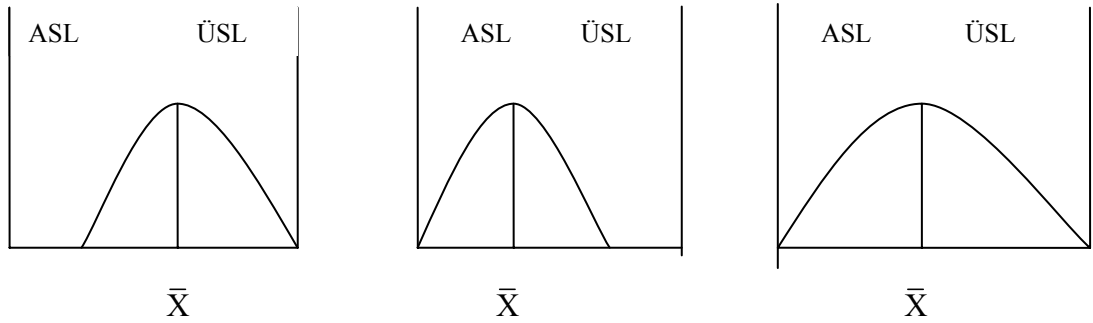
Prosesin potansiyel yeterliliğini ölçen bir indis olarak C_p 'nin kullanımı proses spesifikasyon limitleri arasında merkezlenmediği takdirde yetersiz kalır.

Bu durumda C_{pk} indisi kullanılır. $C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{ÜSL} - \mu}{3\sigma} \text{ veya } \frac{\mu - ASL}{3\sigma}\right)$

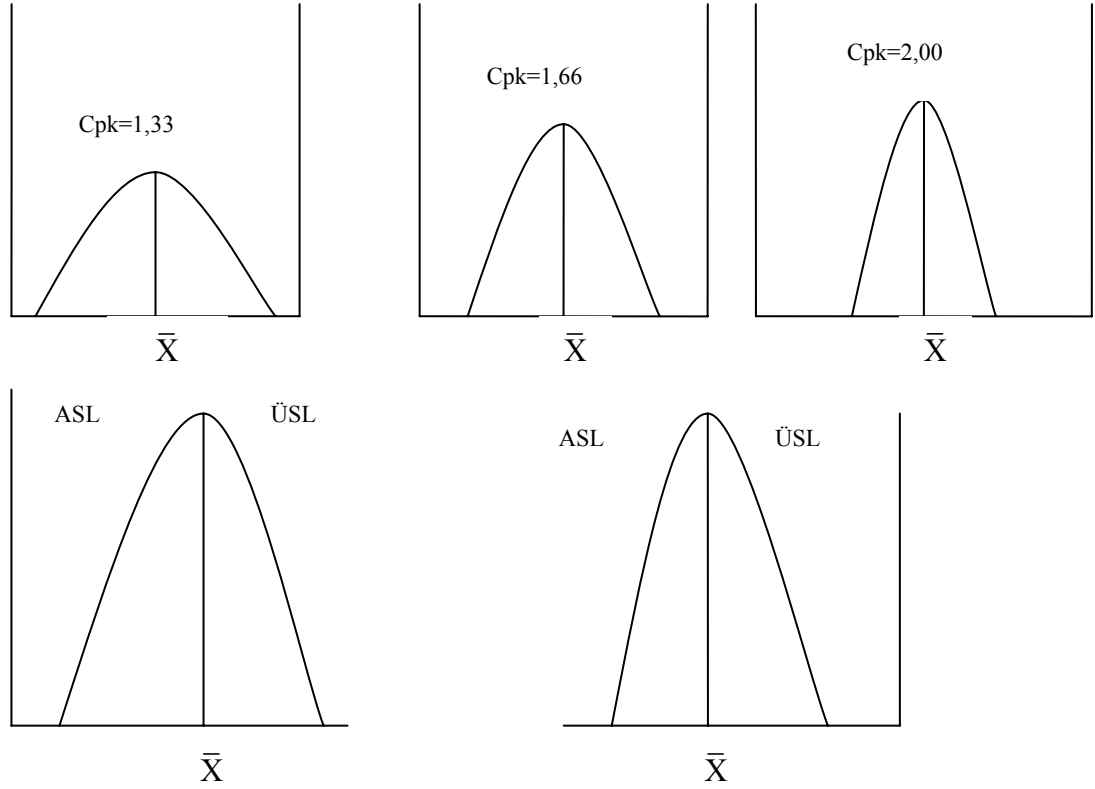
(Oakland,1992:134). Proses merkezlenmediği takdir de C_p prosesin yeterliliğini yüksek gösterir.

C_{pk} 'nin çeşitli değerleri için proses yerleşimleri aşağıdaki şekiller üzerinde gösterilmektedir.

$C_{pk}=1$ ise



Şekil 8: $C_{pk}=1$ Durumunda Proses yerleşimi

Şekil 9: C_{pk} 'nin değeri 1 'den büyük ise Proses Yerleşimi

Şekil 10- $C_{pk}=0$ ise prosesin ortalaması spesifikasyon limitlerinin birisine eşittir.

Aşağıdaki tabloda C_{pk} indisinin çeşitli değerlerine bağlı olarak limit dışı parçaların oranı verilmektedir.

Tablo 2. Çift Yanlı Spesifikasyon Durumunda C_{pk} İndis Değerlerine Karşılık Gelen Limit Dışı mamül Oranı (Kane, 1989:283)

Yeterlilik	Spesifikasyon Limitleri Dışındaki Parçalar	Yeterlilik	Spesifikasyon Limitleri Dışındaki Parçalar
0,1	76,4	1,2	318 ^a
0,2	54,9	1,3	96 ^a
0,3	36,8	1,33	63 ^a
0,4	23	1,4	27 ^a
0,5	13,4	1,5	6,8 ^a
0,6	7,2	1,6	1,6 ^a
0,7	3,6	1,67	0,57 ^a
0,8	1,6	1,7	0,34 ^a
0,9	0,69	1,8	67 ^b
1,0	0,27	1,9	12 ^b
1,1	0,097	2,0	2 ^b

a)Her Milyondaki b)Her milyardaki Parçalar

G. Cpk'nın Tahmini

$$Cpk = \min\left(\frac{\bar{U}SL - \mu}{3\sigma} \text{ veya } \frac{\mu - ASL}{3\sigma}\right) \text{ veya } = \frac{d - \left|\mu - \frac{1}{2}(ASL + \bar{U}SL)\right|}{3\sigma} \text{ dir.}$$

Buradan hareketle Cpk'nın tahmin edicisi $\hat{C}pk = \frac{d - \left|\bar{X} - \frac{1}{2}(ASL + \bar{U}SL)\right|}{3\hat{\sigma}}$

yazılabilir (Kotz,1993:55). Burada $\hat{\sigma}$, σ 'nın tahmin edicisidir

$$\text{ve } \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i^n (X_i - \bar{X})^2} \text{ dir. } d \text{ ise } = \frac{1}{2}(\bar{U}SL - ASL) \text{ dir}$$

H. Prosesin Merkezinin Hesaplanması

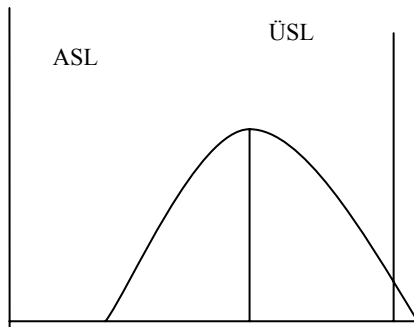
Prosesin ortalaması ile spesifikasyon merkezi çakışmadığında Cr ve Cp prosesin yetersiz bir ölçüsü olduğunu ve bu durumda kullanılmak üzere Cpk'nın kullanıldığını belirtmiştik. Proses ortalamasının spesifikasyon aralığı üzerinde nerede olduğunu bulmak üzere geliştirilen formül aşağıdaki gibidir.

$$k = \frac{\text{prosesortalaması} - \text{prosesmerkezi}}{\bar{U}SL - ASL/2} = \frac{2|m - \bar{x}|}{\bar{U}SL - ASL} \text{ dir (Kane,1989:286).}$$

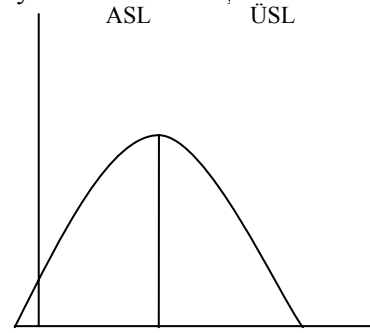
k'nın değeri pozitif bir sayı ise proses ortalaması spesifikasyonların merkezinin yukarısındadır. Şekil

k'nın değeri negatif bir sayı ise proses ortalaması spesifikasyonların orta noktasının aşağısındadır.

K'nın değeri '0' ise proses ortalaması ile spesifikasyonların merkezi çakışır



Şekil 11. k>0



Şekil 12.- k<0

VII. Tek Yanlı Spesifikasyon Durumunda Proses Yeterliliğinin Hesaplanması

İmal edilen ürünlerin belli bir değerden az veya yukarıda olması istendiğinde proses yeterliliğini hesaplamak için aşağıdaki yöntemler kullanılır.

A- Üst Proses Performansı (PYR_Ü)

Yalnızca ÜSL'nin mevcut olduğu bir proseste proses yeterliliği $PYR_{\bar{U}} = \frac{\bar{U}SL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}$ dir. $PYR_{\bar{U}} < 1$ olduğunda prosesin yetersiz olduğuna karar verilmelidir.

B- Alt proses Performansı (PYR_A)

Alt spesifikasyon limitine bağlı olarak hesaplanan indis $PYR_A = \frac{\bar{X} - ASL}{3\hat{\sigma}}$ dir. $PYR_A < 1$ olduğunda prosesin yetersiz olduğuna karar verilmelidir.

5.2 Normal Dağılım Tablosunun Kusurlu Miktarının Tahmininde Kullanılması

PYR'su çok küçük olduğu durumlarda limit dışı mamülün tahminin de Z normal dağılım tablosu kullanılır (Devor, 1992:261). Burada kullanılacak

formül aşağıdaki gibidir. $Z = \frac{X - \bar{X}}{\hat{\sigma}_x}$ $Z = \frac{X - \bar{X}}{\hat{\sigma}_x}$ dir. Burada X alt veya üst spesifikasyon limitlerinin değeridir. \bar{X} Proses ortalamasının tahminidir. $\hat{\sigma}_x$ ise prosesin standart sapmasının tahminidir.

VIII. Tekstil Sanayinde Bir Uygulama

A. Uygulamanın Yapıldığı Yer

Uygulama Malatya'da kurulu bulunan bir iplik fabrikasında yapılmıştır. Bu fabrika 1986 yılında kurulmuştur. Kurulduğu yıldan itibaren fabrika kapasitesini artırmak suretiyle faaliyetlerini sürdürmektedir.

B. Fabrikanın Üretim Alanı ve Üretim Akışı

Fabrikada pamuk ipliği üretilmektedir. Balyalar halinde gelen pamuk elyafı Şekil 13'de görüldüğü üzere çeşitli aşamalardan geçerek ipliğe dönüştürülmektedir.

Bu üretim aşamaları şöyledir.

-Tarak Makinesi: Votka halinde beslenen elyaf tutamlarını açma-temizleme işlemleri ile düzgün bir şerit elde edilmesini sağlar.

-Cer Makinesi: Tarak makinesinden gelen şeritler arasındaki numara ve %cv dengesizliklerini çekme işlemi ile daha homojen hale getirerek kaliteli şerit elde edilmesini sağlar.

-Fıtıl Makinesi: Cer makinesinden gelen şeritleri kısmi büküm ve çekim işlemi ile inceltmek üzere vater makinasında kullanılmak üzere uygun fıtıl hazırlar.

-Vater Makinesi: Fıtıl makinasından gelen fıtiller belirli bir çekim ve büküm işlemi ile müşterilerin istediği kalite ve numara bazında ipliğin elde edilmesini sağlar.

-Bobin Makinesi: Vater makinasından kops halinde çıkan iplikler üzerinde kaliteye etki eden hatalar mevcuttur. Bu hatalar belirli limitler arasında kalmak şartı ile limit dışı gelen hatalar temizlenerek müşteriye sevk edilmek üzere patronlara sarılır.



Şekil 13: Proses Akış Diyagramı

C. Uygulamanın Yapılma Şekli

Uygulama Şekil 13'de görüldüğü üzere Vater makinasının çıktıları üzerinde yapılmıştır. Vater makinası elyafların işlenip müşteriye sevk edilmeden önceki son aşamadır. Burada ipliğe dönüşen elyaflar kopslara

sarılmakta ve bu kopslar üzerinde son kontroller yapılmaktadır. Kopslar üzerinde yapılan kontrolleri ikiye ayırabiliriz.

D.İplerin Nm kontrolü

Burada her kopstan bir gram iplik alınarak uzunluğu ölçülmektedir. Bizim çalışma yaptığımız dönemde 30 No ile tanımlanan mamül üretildiğinden, dolayısıyla her bir gram ipliğin 30 metre gelmesi istenmektedir.

$$Nm = \frac{\text{metre}}{\text{gram}} \text{ veya } \frac{\text{uzunluk}}{\text{ağırlık}} \text{ 'tır.}$$

Çalışma yaptığımız makinada, makine 29,50' ye göre ayarlanmıştı. Bu ipliğe ait kalite spesifikasyonları ise ASL=29 ve ÜSL=30'dur. Prosesten beklenen sonuçların ise 29,50 şeklinde çıkmasıydı.

E.Uster Testi

Buna hata sayımı da diyebiliriz. Yani ipliğin üzerindeki düzensizlik miktarını veren rakam. Düzensizlik dedğimiz ise ipliğin üzerindeki kalın, ince noktaların ve nepslerin sayısal değerlerinin belli bir katsayıyla çarpımından elde edilen %u değerleridir. Nepsler ise iplik üzerindeki ölü elyafların, çeper ve diğer yabancı maddelerin toplamıdır. Uster testinde kabul edilecek kalite seviyeleri dünyada iplik kalitesine yön veren Uster Firmasının her beş sene bir yayınladığı Uster İstatistikleri kitabındaki grafiğe göre belirlenir. Bu verilere göre herkes kendi ipliğinin kalitesini görür.

Tablo 3: Uster Değerleri

	Alt Sınır	Üst Sınır
%5 Sınırı	-	11,5
%25 Sınırı	11,5	12,8
%50 Sınırı	12,80	13,90
%75 Sınırı	13,90	14,90
%95 Sınırı	14,90 ve Daha Yukarı	

Burada iyiden kötüye doğru bir sıralanış vardır. Örneğin %5 sınırı Dünyada aynı elyaftan bu ipliği üreten firmalar arasında bizim ipliğın kalitesi ilk %5'e giriyor demektir. Çalıştığımız işletmenin kendisi için belirlediği hedef %25 sınırıdır. Dolayısıyla bu işletme için ASL=11,5 ve ÜSL=12,8 dir.

F. Örneklerin Alınması ve Örnek Sayısı

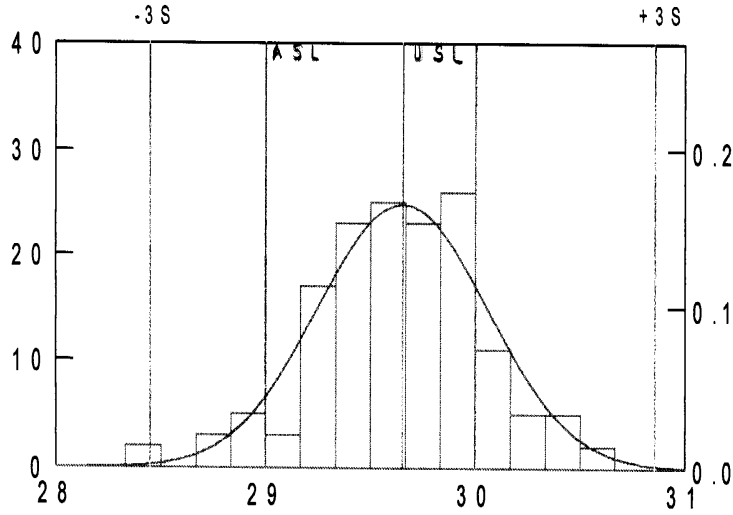
Örnekler dört gün boyunca Vater makinasından saat 10,00 ile 12,00 arasında tesadüfi olarak alınmıştır. Yapılan örnekleme n=5 büyüklüğünde 30 örnekten ibarettir.

G. Örneklerin Ölçülmesi

Nm kontrolü için alınan her kops otomatik ölçüm makinasına takılmakta ve burada bir gram ipliğin kaç cm geldiği bu makine tarafından kaydedilmektedir. Tablo 4.2-3-4-5 'da bu sonuçlar verilmektedir.

Yine aynı şekilde hata sayımı amacıyla alınan her örnek Uster makinasına takılmakta ve burada otomatik olarak iplikler üzerindeki hatalar sayılmaktadır. Bunun için toplam uzunluğu 5.000 mt olan her kops'un 450 mt'sindeki hataları sayılmaktadır.

H.Verilerin Değerlendirilmesi



Şekil 14: Birinci Gün Alınan Örneklere Ait Proses Yeterliliği Grafiği

Proses yeterliliği grafiği incelendiğinde prosesin yetersiz olduğu görülmektedir. Prosesle ait gözlem değerlerinin yayılımı her iki spesifikasyon limitlerinin dışına taşmaktadır. Yeterliliği hesapladığımızda;

$$C_p = \frac{USL - ASL}{6s} = \frac{30 - 29}{6 \times 0.40} = 0.416$$

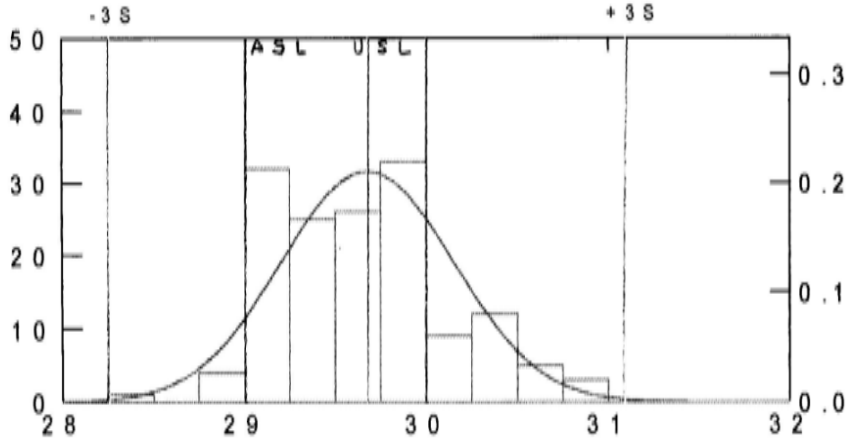
Prosesin merkezi ile spesifikasyonların merkezi çakışmadığından Cpk'nında hesaplanması gerekir.

$$C_{pk} = \min\left\{\frac{USL - \bar{x}}{3s}; \frac{\bar{x} - ASL}{3s}\right\} = \min\left\{\frac{30 - 29.66}{3 \times 0.40}; \frac{29.66 - 29}{3 \times 0.40}\right\} = \min(0.283; 0.55)$$

Cpk=0,283 olduğundan proses yetersizdir.

Bu durumda limit dışı mamül miktarını şöyle tahmin edilebilir.

$Z_1 = \frac{USL - \bar{X}}{s} = \frac{30 - 29.66}{0.40} = 0,85$ Buna karşılık gelen alanın büyüklüğü ise 0,1977'dir.
 $Z_2 = \frac{\bar{X} - ASL}{s} = \frac{29.66 - 29}{0.40} = 1,65$ Buna karşılık gelen alanın büyüklüğü ise 0,0495'dir. Toplam alan büyüklüğü 0,1977+0,0495=0,2472 dir. Yani üretilen mamüllerin %24,72 si spesifikasyonları karşılamayacaktır.



Şekil 15: İkinci Gün Alınan Örneklere Ait Proses Yeterliliği Grafiği

Proses yeterliliği grafiği incelendiğinde prosesin yetersiz olduğu görülmektedir. Prosesle ait gözlem değerlerinin yayılımı her iki spesifikasyon limitlerinin dışına taşmaktadır. Yeterliliği hesapladığımızda;

$$C_p = \frac{USL - ASL}{6s} = \frac{30 - 29}{6 \times 0.47} = 0.354$$

Prosesin merkezi ile spesifikasyonların merkezi çakışmadığından Cpk'nında hesaplanması gerekir.

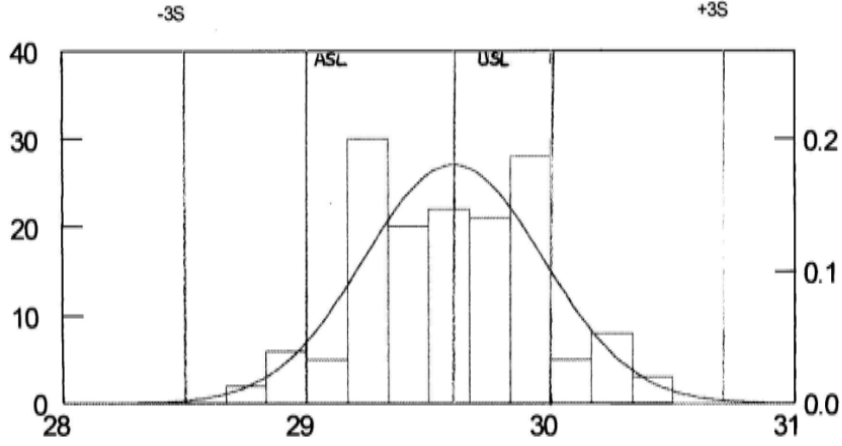
$$C_{pk} = \min\left\{\frac{USL - \bar{X}}{3s}, \frac{\bar{X} - ASL}{3s}\right\} = \min\left\{\frac{30 - 29.66}{3 \times 0.47}, \frac{29.66 - 29}{3 \times 0.47}\right\} = \min(0.226; 0.482)$$

Cpk=0,226 olduğundan proses yetersizdir.

Bu durumda limit dışı mamül miktarını şöyle tahmin edilebilir.

$$Z_1 = \frac{USL - \bar{X}}{s} = \frac{30 - 29.66}{0.47} = 0,68$$
 Buna karşılık gelen alanın büyüklüğü ise 0,2483'dir.

$Z_2 = \frac{\bar{X} - ASL}{s} = \frac{29.66 - 29}{0.47} = 1,45$ Buna karşılık gelen alanın büyüklüğü ise 0,0735'dir. Toplam alan büyüklüğü 0,2483+0,0735=0,3218 dir. Yani üretilen mamüllerin % 32,18 si spesifikasyonları karşılamayacaktır.



Şekil 16: Üçüncü Gün Alınan Örneklerle Ait Proses Yeterliliği Grafiği

Proses yeterliliği grafiği incelendiğinde prosesin yetersiz olduğu görülmektedir. Prosesle ilgili gözlem değerlerinin yayılımı her iki spesifikasyon limitlerinin dışına taşmaktadır. Yeterliliği hesapladığımızda;

$$C_p = \frac{USL - ASL}{6s} = \frac{30 - 29}{6 \times 0.37} = 0.450$$

Prosesin merkezi ile spesifikasyonların merkezi çakışmadığından C_{pk} 'nında hesaplanması gerekir.

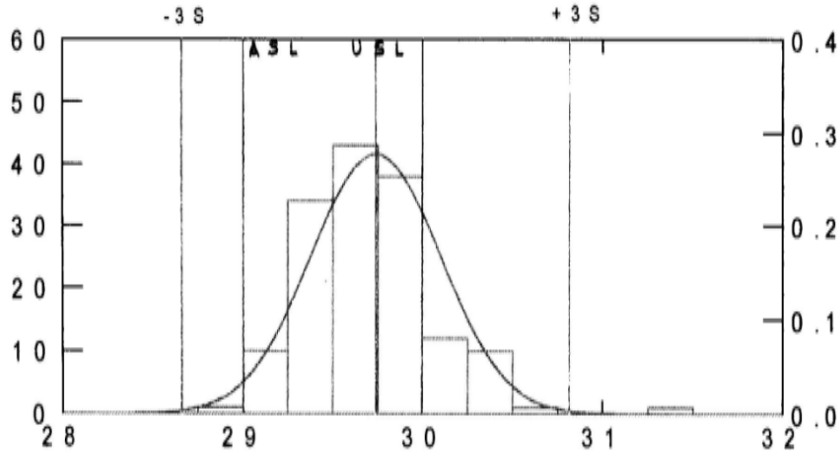
$$C_{pk} = \min\left\{\frac{USL - \bar{X}}{3s}, \frac{\bar{X} - LSL}{3s}\right\} = \min\left\{\frac{30 - 29.60}{3 \times 0.37}, \frac{29.60 - 29}{3 \times 0.37}\right\} = \min(0.360; 0.540)$$

$C_{pk} = 0.360$ olduğundan proses yetersizdir.

Bu durumda limit dışı mamül miktarını şöyle tahmin edilebilir.

$$Z_1 = \frac{USL - \bar{X}}{s} = \frac{30 - 29.60}{0.37} = 1.08 \text{ Buna karşılık gelen alanın büyüklüğü ise } 0.1401 \text{ 'dir.}$$

$$Z_2 = \frac{\bar{X} - LSL}{s} = \frac{29.60 - 29}{0.37} = 1.62 \text{ Buna karşılık gelen alanın büyüklüğü ise } 0.0526 \text{ 'dir. Toplam alan büyüklüğü } 0.1401 + 0.0526 = 0.1927 \text{ dir. Yani üretilen mamüllerin } \% 19.27 \text{ si spesifikasyonları karşılamayacaktır.}$$



Şekil 17: Dördüncü Gün Alınan Örneklerle Ait Proses Yeterliliği Grafiği

Proses yeterliliği grafiği incelendiğinde prosesin yetersiz olduğu görülmektedir. Prosesle ilgili gözlem değerlerinin yayılımı her iki spesifikasyon limitlerinin dışına taşmaktadır. Yeterliliği hesapladığımızda;

$$C_p = \frac{USL - ASL}{6s} = \frac{3,0 - 2,9}{6 \times 0,36} = 0,462$$

Prosesin merkezi ile spesifikasyonların merkezi çakışmadığından C_{pk} 'ninde hesaplanması gerekir.

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{X}}{3s}, \frac{\bar{X} - ASL}{3s} \right\} = \min \left\{ \frac{3,0 - 2,974}{3 \times 0,47}, \frac{2,974 - 2,9}{3 \times 0,47} \right\} = \min(0,2400; 0,68$$

5)

$C_{pk} = 0,240$ olduğundan proses yetersizdir.

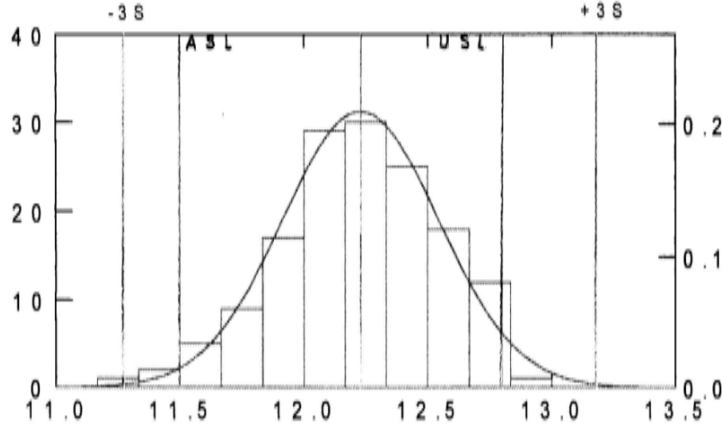
Bu durumda limit dışı mamül miktarı şöyle tahmin edilebilir.

$$Z_1 = \frac{USL - \bar{X}}{s} = \frac{3,0 - 2,974}{0,36} = 0,722 \text{ Buna karşılık gelen alanın büyüklüğü}$$

ise 0,2358'dir.

$$Z_2 = \frac{\bar{X} - ASL}{s} = \frac{2,974 - 2,9}{0,36} = 2,05 \text{ Buna karşılık gelen alanın büyüklüğü ise}$$

0,0202'dir. Toplam alan büyüklüğü $0,2358 + 0,0202 = 0,256$ dir. Yani üretilen mamüllerin % 25,6 si spesifikasyonları karşılamayacaktır.



Şekil 18: Uster Testinden Alınan Örneklere Ait Proses Yeterliliği Grafiği

Proses yeterliliği grafiği incelendiğinde prosesin yetersiz olduğu görülmektedir. Prosesle ait gözlem değerlerinin yayılımı her iki spesifikasyon limitlerinin dışına taşmaktadır. Yeterliliği hesapladığımızda;

$$C_p = \frac{ÜSL - ASL}{6s} = \frac{12.80 - 11.5}{6 \times 0.82} = 0.67$$

Prosesin merkezi ile spesifikasyonların merkezi çakışmadığından C_{pk} 'nında hesaplanması gerekir.

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{ÜSL - \bar{X}}{3s}, \frac{\bar{X} - ASL}{3s} \right\} = \min \left\{ \frac{12.8 - 12.22}{3 \times 0.82}, \frac{12.22 - 11.5}{3 \times 0.82} \right\} = \min(0.69; 0.75)$$

$C_{pk} = 0.69$ olduğundan proses yetersizdir.

Bu durumda limit dışı mamül miktarını şöyle tahmin edilebilir.

$Z_1 = \frac{ÜSL - \bar{X}}{s} = \frac{12.8 - 12.22}{0.82} = 1.781$ Buna karşılık gelen alanın büyüklüğü ise 0,0375'dir.

$Z_2 = \frac{\bar{X} - ASL}{s} = \frac{12.22 - 11.5}{0.82} = 2.28$ Buna karşılık gelen alanın büyüklüğü ise 0,0113'dir. Toplam alan büyüklüğü $0,0375 + 0,0113 = 0,0488$ dir. Yani üretilen mamüllerin % 4,88 si spesifikasyonları karşılamayacaktır.

IX.Sonuç

Bir üretim prosesinin performansını ölçmek için yaygın olarak kullanılan Cp ve Cpk proses yeterlilik indisleri incelenmiş. Bu amaçla teorik bir anlatımdansonra uygulama yapmak için bir tekstil işletmesinde belirli gün ve saatlerde tesadüfi olarak alınan örnekler üzerinde uygulama yapılmıştır. Üretim prosesinin kendisi için belirlediği Alt spesifikasyon limiti 29 ve Üst spesifikasyon limiti ise 30 dur. Elde edilen sonuçların ise 29,5 ortalama göstermesi beklenmektedir. Alınan örnekler gün gün incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmiştir.

Birinci gün; Cp=0,416	ve	Cpk=0,283	Proses yetersizdir.
İkinci gün; Cp=0,354	ve	Cpk=0,226	Proses yetersizdir.
Üçüncü gün; Cp=0,450	ve	Cpk=0,360	Proses Yetersizdir.
Dördüncü gün; Cp=0,642	ve	Cpk=0,240	Proses Yetersizdir
Beşinci Gün Cp=0,67	ve	Cpk=0,69	Proses yetersizdir.

Prosesin yeterli olduğuna karar verebilmek için Cp ve Cpk'nın 1,33 den büyük olması gerekmektedir. Burada prosesin bu yeterliliği karşılamadığı açıkça görülmektedir. Dolayısıyla proseste gerekli değişiklikler yapılarak prosesin spesifikasyon limitleri dahilinde üretim yapması sağlanmalıdır. Bir üretim işletmesi piyasada faaliyetlerini sürdürebilmesi için endüstride ortak bir ölçü olarak kabul edilen proses yeterlilik indislerini hesaplayarak prosesinin bu rasyoları karşıladığını göstermelidir.

Kaynaklar

- Akın, Besim., İPK Teknikleri-Proses Yeterlilik ve Makine Yeterlilik Analizi, Bilim Teknik yayınevi, İstanbul, 1996.
- Çelikçapa, Feray Omdan,. Endüstri İşletmelerinde Üretim Yönetimi ve Teknikleri, Uludağ Üniversitesi Yay. No.117, Bursa,1995.
- Devor, Richard E., Chang, Tsong-How., Statistical Quality Design and Control, Macmillan Publishing Company, USA,1992
- Garrity Susan M., Basic Quality Improvement, Regent/Printice hall., New Jersey, 1990
- İstatistiki Operasyon Kontrolü Uygulama Kılavuzu, Çeviren; Serhan Dilbaz., Otosan İnönü Fabrikası
- Kotz, Samuel., Johnson, Norman L., Process capability Indices, Chapman-Hall, Londra, 1993.
- Kane Victor E., Defect Prevention-Use of Simple Statistical Tools, Marcel Dekker İnc., New York, 1989.
- Montgomery, Douglas C., Introduction to Statistical Quality Control, John Wiley-Sons, New York,1991.
- Orhunbilge, Neyran., Örnekleme Yöntemleri, Avcıol Basım-Yayım, İstanbul, 1997.
- Tate, Robert G., Proses Yeterlilik Analizi, Şişe Cam yayınları, İstanbul, 1990.