

**T.C.**  
**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İŞLETME FAKÜLTESİ**  
**ÜRETİM ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**$\bar{x}$ -S , CUSUM VE EWMA KALİTE KONTROL  
GRAFİKLERİNİN BİR SERAMİK KARO  
ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULANMASI**

**Betül Canan TÜRKMEN**

**2501151016**

**Tez Danışmanı**

**Dr. Öğretim Üyesi İbrahim Zeki AKYURT**

**İSTANBUL-2018**



T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS  
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı : BETÜL CANAN TÜRKMEN Numarası : 2501151016  
Anabilim Dalı / Anasanat Dalı / Programı : ÜRETİM Danışmanı : DR. ÖĞR. ÜYESİ İBRAHİM ZEKİ AKYURT  
Tez Savunma Tarihi : 13.07.2018 Saati : 09.00  
Tez Başlığı : X-S, CUSUM VE EWMA KALİTE KONTROL GRAFİKLERİNİN BİR SERAMİK KARO ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULANMASI.

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 36. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin KABULÜNE OYBİRLİĞİ / ~~ÇOKLUĞU~~LA karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
PROF.DR.NECDET ÖZÇAKAR		KABUL
PROF.DR.YAMAN ÖZTEK		KABUL
DR.ÖĞR.ÜYESİ İBRAHİM ZEKİ AKYURT		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
DR.ÖĞR.ÜYESİ NİHAN KABADAYI		
DR.ÖĞR.ÜYESİ ERDAL YILMAZ		

**ÖZ**  
**X-S, CUSUM VE EWMA KALİTE KONTROL GRAFİKLERİNİN**  
**BİR SERAMİK KARO ÜRETİM İŞLETMESİNDE**  
**UYGULANMASI**

**BETÜL CANAN TÜRKMEN**

Kalite yönetimi günümüz koşullarında ülkeler arasındaki rekabet savaşının arkasında yatmakta ve bunu en iyi başarabilen ülke ekonomik açıdan lider koltuğuna geçmektedir. Kalite kavramı küresel rekabet ortamı ile işletmelerin ürün veya hizmet piyasasında var olmasında çok fazla önem kazanmıştır. Bu çalışmanın amacı seramik karo ürününe ait kalite seviyelerini arttırmak için kalite araçlarından kontrol grafiklerinin çizimini gerçekleştirmektir.

Çalışmanın birinci bölümünde kalite, kalitenin unsurları ve kalitenin tarihsel gelişim süreci açıklanmıştır. İkinci bölümde istatistiğin kalite ile ilişkisi ve kalite kontrol grafikleri üzerinde durulmuştur. Çalışmanın uygulama aşamasında ise, Kale Seramik'ten en çok üretilen seramik karolara ait ağırlık değerlerini içeren veri alınmıştır. Alınan verinin kontrol altında olup olmadığını anlamak için X-S, Cusum ve Ewma kalite kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Hedeflenen kalite düzeyini tespit etmek amacıyla oluşturulan X-S, Cusum ve Ewma kalite kontrol grafikleri aralarındaki farklılıklar sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kalite, İstatistiksel Kalite Kontrol, Kalite Kontrol Grafikleri, X-S, Cusum, Ewma.

**ABSTRACT**  
**APPLICATION OF X-S, CUSUM AND EWMA QUALITY**  
**CONTROL CHARTS ON A CERAMIC TILE**  
**MANUFACTURING OPERATION**  
**BETÜL CANAN TÜRKMEN**

In today's conditions quality control and quality guarantee lie down behind the competition war between countries and the best succeed country comes a leader in the aspect of economy. The concept of quality has gained much importance in the global competitive environment and in the presence enterprises in the product or service market. The aim of this study is to draw the control charts from the quality tools to increase the quality levels of ceramic tile product.

In the first chapter; quality, elements of quality and historical development process of quality were explained. In the second chapter relation with quality of statistical and quality control chart were focused. In the application stage of the thesis, the data including the weight values of the most produced ceramic tile from Kale Seramik were taken. X-S, Cusum and Ewma quality control charts were created to understand whether the obtained data was under control. Differences between X-S, Cusum and Ewma quality control charts were introduced to determine the targeted quality level.

**Keywords:** Quality, Statistical Quality Control, Quality Control Charts, X-S, Cusum, Ewma.

## ÖNSÖZ

Kalite insanların yaşamları süresince bir ürün veya hizmet için seçim yapmalarına neden olan bir kavram olarak ortaya çıkmaktadır. Genel itibariyle kalite; bir ürün ya da hizmetin, insan ihtiyaçlarını karşılayabilme ve tüketici açısından önemli olarak nitelendirilebilecek özellikleri taşıyabilme yetkinliğidir.

Kalite kontrolü, bir ürünün tüketicisini tatmin etmesi ve tüketici beklentilerini en iyi biçimde karşılaması amacıyla üretimin her aşamasında sürdürülen kontrol işlemidir. Kalite kontrolü, yapılan işin doğru yapıp yapılmadığının belirlenebilmesi ve buna göre üretimde gerekli olan alet ekipmanın optimum seviyede kullanılabilmesi, bozuk ürün ya da üretim varsa bunların erken tespit edilip düzeltilmesi açısından önemlidir. İşletmenin kalite kontrolüne gerekli önemi vermesi sayesinde; ekonomik kayıpların önlenmesi, tüketiciye istenilen özellikte ürünler sunulabilmesi, ürünlerin ekonomik ömrünün belirlenebilmesi ve rekabetin artırılması sağlanabilmektedir.

Bu çalışmanın temel konusu olan istatistiksel kalite kontrol; üretim sistemindeki süreçleri izlemek, kontrol etmek, değerlendirmek, analiz etmek ve geliştirmek için istatistiksel yöntemlerin kullanımını içermektedir. İstatistiksel Kalite Kontrol; sistemlerin, süreçlerin ve çıktıların sürekli iyileştirilmesi için geliştirilen yöntemler bütünüdür. Üretim sürecinde kullanılan kalite kontrol grafikleri; üretim sürecindeki değişkenliğin azaltılması, elverişsiz üretim seviyesinin belirlenmesi ve kusurlu ürün oranını kontrol altına alınması için büyük önem taşımaktadır.

Bu tezin hazırlanmasında, akademik anlamda bütün süreç boyunca beni yönlendiren ve değerli görüşlerini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi İbrahim Zeki Akyurt'a katkı ve emekleri için içten teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca bilgi birikimi ve tecrübesiyle, yazım aşamasında değerli görüş ve önerilerini esirgemeyen Prof. Dr. Necdet Özçakar'a teşekkür ve saygılarımı sunarım. Tez çalışmamın tamamlanmasında destek olan Üretim anabilim dalı bölüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin uygulama aşamasında seramik karo üretimi ile ilgili verilere ulaşmamda her türlü konuda bana yardımcı olan Kale Seramik A.Ş. İnsan Kaynakları Müdürü Kadir Haliloğlu'na ve mühendis Doğan Kurt'a en içten şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın tamamlanmasında maddi manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme katkılarından dolayı minnettarım.

**Betül Canan TÜRKMEN**

**İstanbul-2018**



# İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ.....	1

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. KALİTE İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

1.1. Kalite.....	4
1.2. Kalitenin Unsurları.....	7
1.2.1. Tasarım Kalitesi.....	8
1.2.2. Uygunluk Kalitesi.....	9
1.2.3. Performans Kalitesi.....	10
1.3. Kalite Kontrolde Standart, Spesifikasyon ve Tolerans.....	10
1.3.1. Kalite Kontrolde Standart.....	11
1.3.2. Kalite Kontrolde Spesifikasyon/Özellik.....	12
1.3.3. Kalite Kontrolde Tolerans.....	13
1.4. Kalitenin Tarihsel Gelişimi.....	14
1.4.1. Geleneksel Kalite Kontrol Anlayışı.....	15
1.4.2. İstatistiksel Kalite Kontrol.....	17
1.4.3. Toplam Kalite Kontrol.....	18
1.4.4. Toplam Kalite Yönetimi.....	19
1.4.4.1. Toplam Kalite Yönetiminin Türkiye’de Gelişim Süreci.....	23

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL VE KALİTE KONTROL GRAFİKLERİ

2.1. İstatistiğin Kalite Kontrol İle İlgisi.....	24
2.2. İstatistiksel Kalite Kontrol.....	27

2.3. İstatistiksel Kalite Kontrol Araçları.....	30
2.3.1. Süreç Akış Şeması .....	32
2.3.2. Pareto Analizi .....	33
2.3.3. Çetele Analizi.....	34
2.3.4. Neden Sonuç (Balık Kılçığı) Grafiği.....	34
2.3.5. Histogram.....	35
2.3.6. Serpilme Grafiği.....	36
2.3.7. Kontrol Grafiği .....	36
2.4. İstatistiksel Kalite Kontrol Grafikleri .....	37
2.4.1. Shewart Kalite Kontrol Grafikleri.....	40
2.4.1.1. $\bar{x} - R$ Kalite Kontrol Grafikleri.....	42
2.4.1.2. $\bar{x} - S$ Kalite Kontrol Grafikleri .....	44
2.4.2. CUSUM (Kümülatif Toplam) Kalite Kontrol Grafikleri .....	46
2.4.2.1. Cusum Kalite Kontrol Grafiği Çizimi.....	47
2.4.2.2. Karar Aralıkları Yöntemi.....	48
2.4.2.3. V Maskesi Yöntemi.....	49
2.4.2.4. Cusum Kalite Kontrol Grafiklerinin Avantajları .....	52
2.4.2.5. Cusum Kalite Kontrol Grafiklerinin Dezavantajları .....	52
2.4.3. EWMA (Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama) Kalite Kontrol Grafikleri.....	54
2.4.3.1. EWMA Kalite Kontrol Grafiği Değerinin Hesaplanması .....	55
2.4.3.2. $\lambda$ ve L parametrelerinin seçimi .....	57
2.4.3.3. EWMA Kalite Kontrol Grafiğinin Tasarımı .....	60

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. UYGULAMA

3.1. Seramik Karo .....	61
3.2. Seramik Karoların Üretim Süreci .....	62
3.3. Seramik Karo Üretim İşletmesi .....	66
3.4. Uygulamada Kontrolü Yapılacak Değişken .....	68
3.5. Uygulamanın Amaç ve Yöntemi .....	69
3.6. $\bar{x} - S$ Kalite Kontrol Grafiğinin Uygulaması .....	69
3.7. Cusum Kalite Kontrol Grafiğinin Uygulaması .....	72



3.8. Ewma Kalite Kontrol Grafiğinin Uygulaması .....	76
SONUÇ.....	82
KAYNAKÇA.....	85
EKLER .....	92



## TABLÖLAR LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> Geleneksel Kalite Kontrol ve Toplam Kalite Yönetimi Anlayışları Arasındaki Farklar.....	23
<b>Tablo 2.</b> Üretim Sürecindeki Değişim Nedenleri.....	26
<b>Tablo 3.</b> Optimal Ewma Kalite Kontrol Parametreleri.....	59
<b>Tablo 4.</b> Ewma Kalite Kontrol Grafiği için ARL Değerleri.....	60
<b>Tablo 5.</b> Örneklemin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri.....	70
<b>Tablo 6.</b> Cusum Kontrol Grafiği için Hesaplanan Değerler.....	73
<b>Tablo 7.</b> Ewma Kalite Kontrol Grafiği İçin Ortalamalar ve Z Değerleri. ....	77
<b>Tablo 8.</b> Ewma Kalite Kontrol Grafiği için Hesaplanan Değerler. ....	78

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Süreçte Değişkenliğe Yol Açan Nedenlerinin Sınıflandırılması. ....	27
Şekil 2. İKK'da Kullanılan Yedi Temel Araç. ....	31
Şekil 3. Süreç Kontrol Grafiği Seçme Yöntemi. ....	39
Şekil 4. Noktaların Dağılım Yüzdeleri. ....	42
Şekil 5. Standart Bir V-Maskesi Şekli. ....	50
Şekil 6. Masse (çamur) Hazırlık.....	64
Şekil 7. Şekillendirme ve Bantlar.....	64
Şekil 8. Fırınlara .....	65
Şekil 9. Kalite Ayrımı ve Ambalaj.....	65
Şekil 10. Örneklemeye Ait $\bar{x}$ -S Kalite Kontrol Grafiği. ....	71
Şekil 11. Örneklemeye Ait Cusum Kalite Kontrol Grafiği. ....	74
Şekil 12. Örneklemeye Ait V maskesi. ....	75
Şekil 13. Örneklemeye Ait Ewma Kalite Kontrol Grafiği. ....	79

## SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

<b>A</b>	Ölçek Faktörü
<b>AKS</b>	Alt Kontrol Sınırı
<b>ARL</b>	Ortalama Çalışma Uzunluğu
<b>C</b>	Kümülatif Toplam
<b>CUSUM</b>	Cumulative Sum Control Chart
<b>d</b>	Uzunluk Değeri
<b>EWMA</b>	Exponentially Weighted Moving Average Chart
<b>GMA</b>	Geometric Moving Average
<b>H</b>	Karar Aralığı
<b>ISO</b>	International Standards Organization
<b>İKK</b>	İstatistiksel Kalite Kontrol
<b>İSK</b>	İstatistiksel Süreç Kontrolü
<b>JSE</b>	Japanese Standart Association
<b>JUSE</b>	Japanese Union of Science and Engineering
<b>K</b>	V Maskesi Kollarının Eğimi
<b>k</b>	Orta Çizgiden Kontrol Sınırlarına Olan Mesafeyi Belirlemede Kullanılan Katsayı
<b>N</b>	Anakütle
<b>OÇ</b>	Orta Çizgi
<b>R</b>	Değişim Aralığı
<b>SS</b>	Standart Sapma
<b>SPC</b>	Statistical Process Control
<b>t</b>	Zaman Değeri
<b>TKK</b>	Toplam Kalite Kontrol
<b>TKY</b>	Toplam Kalite Yönetimi
<b>ÜKS</b>	Üst Kontrol Sınırı
<b><math>\mu</math></b>	Örnek İstatistiğın Ortalaması
<b><math>\sigma</math></b>	Standart Sapma
<b><math>\bar{x}</math></b>	Ortalama Kontrol Grafiği
<b><math>\Delta</math></b>	Süreç Ortalamasında Meydana Gelen Kayma Miktarı
<b><math>\delta</math></b>	Süreç Seviyesindeki En Küçük Kayma Miktarı
<b><math>\lambda</math></b>	Sıfır ile Bir Arasında Bir Tahmin Sabiti
<b><math>\theta</math></b>	Orta Çizgi ile Kol Arasındaki Aç

## GİRİŞ

Günümüzdeki teknik ve ekonomik gelişmelerin üretimden tüketime kadar her aşamada meydana getirdiği değişimler, ürün kalitesinin önemini arttırdığı gibi çok sayıda kalite sorununu da beraberinde getirmiştir. Kalite kavramı birçok yöneticiyi, üreticiyi, ürün tasarımcısını, mühendisi, girişimciyi ve tüketiciyi ilgilendiren başlıca konu haline gelmiştir. İnsanlar kalite kavramına yıllar boyunca farkında olarak veya olmadan gelişmesine ve kalite kavramının şimdiki halini almasına katkıda bulunmuşlardır.

20. yüzyıl başlarında Amerika'da ortaya atılan kalite kavramı Japonya'da olgunlaşarak geçirdiği değişim sonucu ekonomik anlamda gittikçe artan bir öneme sahip olmaya başlamıştır. Kalitenin şekillenmesinde sanayi devriminden sonra meydana gelen, Elton Mayo ve arkadaşlarının yaptıkları Hawthorne Araştırmaları, Frederick Taylor'un Bilimsel Yönetim ilkeleri, Max Weber'in Bürokrasi yaklaşımı, Henry Ford'un yürüyen bant tekniği gibi gelişmeler etkili olmuştur. Bu gelişmeler sayesinde kalitenin farklı açılardan gelişmesi sağlanmıştır.

Kalitenin muayeneye dayalı olarak sağlanmaya çalışılmasının zorluğundan dolayı istatistiksel kalite kontrol anlayışı olarak değerlendirilen bir döneme, üretimle ilgili bilimsel çalışmalar sonucunda özellikle Walter A. Shewart'ın istatistiksel kalite kontrol grafikleri uygulaması ile geçiş yapılmıştır. Kalite kontrol grafikleri ve istatistiksel kalite kontrol grafikleri kullanımı ile süreçlerin iyileştirilmesi ve kalitenin artırılması hedeflenmiş ve bu grafikler sayesinde kontrol işlemleri daha etkin bir hale gelmiştir. Üretim sürecine bağlı değişkenlikler daha iyi gözlemlenebilir hale gelmiş ve üretimin kontrolü noktasında önlem alınması kolaylaşmıştır. II. Dünya Savaşı sırasında istatistiksel kalite kontrol tekniklerinin kullanılması ve Japonya tarafından kalitenin tanınması kaliteye verilen önemin artmasında çok etkili olmuştur.

1950'li yıllarda kaliteden tüm işletmenin sorumlu olduğu anlayışının gelişmesi ile Toplam Kalite Kontrol olarak isimlendirilen döneme geçiş yapıldığı görülmektedir. 1980'li yıllarda da kalitenin oluşmasında öncelik olarak yönetim anlayışının ön plana

çıkıldığı Toplam Kalite Yönetimi anlayışının geliştiği görülmektedir. Son yıllarda, işletme ve yakın çevresi, tedarikçileri ve müşterileri ile oluşturulmaya çalışılan kalite önemli bir değişim geçirmeye başlamıştır. İşletmelerin kalite anlayışında, tüm organizasyon yapısı içinde kalite anlayışına ek olarak ürünün üretiminden geri dönüşümüne kadar olan bir kalite anlayışı baskın olmaya başlamıştır.

İşletmelerin kaliteyi arttırmada rakiplerine karşı kalite üstünlüğü yaratmak için yapacakları yatırımlar, kısa dönemde ek maliyet olarak değerlendirilebilmektedir. Ancak uzun dönemde yüksek kalite ile birlikte düşük hata seviyesini, pazar payının sürekliliğini, karlılığın ve verimliliğin artmasını sağlayacaktır. İşletmelerin yapılabilecek ek kalite harcamalarını ve yatırımlarını zamana yayarak sürekli hale getirmeleri gerekmektedir. Üreticiler, müşterinin isteklerini ve teknolojinin veya zamanın gerektirdiği koşulları takip etmelidirler ve böylece kaliteyi rakiplerinden öğrenmek yerine kendi kalitelerini oluşturma çabasında olmalıdırlar.

İşletmeler kalite yöntemleri belirlerken uzun dönemli stratejik karar vermeye çaba göstermelidirler. İşletmeler bu kararları verirken maliyete dönük olmak yerine tüketiciye yönelik bir yaklaşım benimsemelidirler. Yaşanılan bütünsel çevrede, sürekli artan bir hızla gelişmekte olan teknolojik yeniliklere ve dinamik çevre koşullarına uyum sağlamak mecburiyetinde olan işletmeler, tercih edilen kaliteyi oluşturmak için müşterinin istek ve ihtiyaçlarına göre ürün ve hizmetlerini belirlemek zorundadırlar.

Tüketici algısında oluşturulacak kalite algısı, tüketicinin diğer markalara karşı olan tercihini olumsuz etkileyecek ve tüketici kaliteli olarak algıladığı ürün veya hizmete yönelmeye başlayacaktır. İşletmeler stratejik yönetim planlarında kalitenin oluşturulması ve yaşatılmasına gerekli önemi vermeli ve tüketicinin bu kalite olgusunu algılamasını sağlamalıdırlar. Tüketicinin bilinçli olarak veya bilinçaltındaki algısı nedeniyle ürün veya hizmeti seçmesi sağlanmalıdır.

Bu çalışmada kalite kavramı, kalitenin unsurları ve kalitenin tarihsel gelişimi birinci bölümde anlatılmıştır. İstatistiksel kalite kontrol anlayışı ve istatistiksel kalite kontrol grafikleri ikinci bölümde anlatılmıştır. İstatistiksel kalite kontrol grafiklerinden Shewart, Cusum ve Ewma kalite kontrol grafikleri açıklanmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde uygulama kapsamındaki seramik karo ürününe ilişkin genel bilgiler verilmiştir. Kalite kontrol grafiklerinin konusu olan ve seramik karo üretim işletmesinden alınan presleme sonrası seramiğin ham ağırlığını içeren veri düzenlenmiş ve farklı kalite kontrol grafiği yöntemleri ile değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışmanın sonuç bölümünde ise yapılan uygulamaya ait kalite kontrol grafiği seçim önerisinde bulunulmuş ve kullanılan kontrol grafiği türleri analiz edilmiştir. İşletme yapısına uygun olabilecek kalite kontrol grafiklerinin farklılıkları ve uygulama kapsamındaki işletmenin kullanımına uygun Ewma kalite kontrol grafiği önerisi sunulmuştur.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## 1. KALİTE İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Çalışmanın bu bölümünde kalite, kalitenin unsurları ve kalitenin tarihsel gelişimi açıklanmıştır. Kalite kontrolde standart, spesifikasyon ve tolerans kavramları anlatılmıştır. Geleneksel kalite kontrol, istatistiksel kalite kontrol, toplam kalite kontrol ve toplam kalite yönetimi olmak üzere kalitenin tarihsel gelişimi üzerinde durulmuştur.

### 1.1.Kalite

Kalite insanların yaşamları süresince bir ürün veya hizmet için seçim yapmalarına neden olan bir kavram olarak ortaya çıkmaktadır. Genel itibariyle kalite; bir ürün ya da hizmetin, insan ihtiyaçlarını karşılayabilme ve tüketici açısından önemli olarak nitelendirilebilecek özellikleri taşıyabilme kapasitesidir. Günümüzde teknik ve ekonomik gelişmelerin üretimden tüketime kadar sürecin her aşamasında meydana getirdiği değişiklikler, ürün kalitesinin önemini arttırarak çok sayıda kalite sorununu da ortaya çıkarmıştır. Kalite kavramı birçok yöneticiyi, üreticiyi, ürün tasarımcısını, mühendisi, girişimciyi ve tüketiciyi ilgilendiren temel konu haline gelmiştir. Kalite kavramı insanların/sistemlerin hata yapması ve mükemmelere ulaşma isteği sonucunda ortaya çıkmıştır. Latince nasıl olduğu anlamına gelen "Qualis" kelimesinden türeyerek "Qualitas" kelimesiyle ifade edilmiştir. Türetildiği anlam bakımından, temelde kalitenin üretim sürecindeki iyileştirme işlemlerine odaklandığı görülmektedir.

Kalite göreceli bir kavramdır ve kaliteyi çeşitli şekillerde tanımlamak mümkündür:

Bir ürün veya hizmetin, belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özelliklerin toplamıdır.

Müşteri ihtiyaçlarının tatmini, operasyon performansının iyileştirilmesi ve maliyetlerin düşürülmesi amacıyla kullanılan stratejik bir araçtır.



Bir ürünün veya hizmetin kalitesi tüketici gereksinmelerini mümkün olan en ekonomik düzeyde karşılamayı amaçlayan karakteristiklerin tümüdür.

Uluslararası Standartlar Örgütü (International Standardization Organization) tarafından yapılan tanıma göre kalite, bir varlığın belirtilen ve dolaylı olarak anlatılan ihtiyaçlarını karşılama yeteneği ile ilgili olan özellikler bütünüdür.

Avrupa Kalite Kontrol Birliği'nin kalite tanımı; bir mal veya hizmetin belirli bir ihtiyacı karşılayabilme yeteneğini ortaya koyan özelliklerin tümüdür.

Amerikan Kalite Derneği (American Society For Quality)'nin belirlediği tanıma göre, kalite teknik kullanım açısından iki farklı şekilde değerlendirilmektedir (Akdoğan, 2011: 32):

- ✓ Bir hizmet ya da malın belirtilmiş ya da potansiyel ihtiyaçları karşılamadaki başarısı,
- ✓ Bir hizmet ya da malın hatasız olmasıdır.

Japon Sanayi Standartları'nın kalite tanımı şu şekildedir; bir mal veya hizmetin ekonomik yoldan tüketici isteklerine yanıt veren bir üretim sistemidir.

Deming'in kalite tanımına göre kalite, azaltılmış değişim sayesinde sürekli iyileştirmedir.

Armand Feigenbaum'a göre mal ve hizmet kalitesi tanımı şöyledir; Tüketici gereksinimlerini mümkün olan en ekonomik düzeyde karşılamayı amaçlayan pazarlama, tasarım, üretim ve kalitenin sürdürülmesi özelliklerinin bileşimidir.

Joseph M. Juran kaliteye "kullanıma uygunluk" anlamını vermiştir.

Philip Crosby, üretim temelli bakış açısı ile kaliteyi "standartlara uygunluk" şeklinde tanımlamaktadır.

Gilmore ve Levitt'e göre kalite, spesifikasyonlara uygunluktur.

Türk Standartları Enstitüsü'ne göre kalite, insan sağlık ve güvenliğinin, hayvan ve bitki varlığının ve çevrenin korunması veya tüketicinin doğru bilgilendirilmesi gibi ölçütler göz önüne alınarak bir ürün veya hizmetin var olan veya olabilecek ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğine dayanan özelliklerinin toplamıdır.

Kalite; bir ürün ya da hizmetin, insan ihtiyaçlarını karşılayabilme ve tüketici açısından önemli sayılabilecek nitelikleri taşıyabilme özelliğidir. Diğer bir ifade ile kalite; bir ürünün, bazı özellikler için başlangıçta varsayılan değerlere yakın olabilme özelliği olarak tanımlanabilir. Genel olarak bir ürünün özellikleri, fonksiyonel özellikler ve kalite özellikleri olmak üzere iki başlık altında incelenebilir. Fonksiyonel özellikler başlığında, ürünlerin belirli bir işlevi yerine getirebilmesi için sahip olduğu özellikler yer alırken; kalite özellikleri başlığı, ürünün işlevini kesintisiz olarak aynı standartlarda yapabilmesi özelliklerini kapsar (Demir ve Mirtağoğlu, 2016).

Bütün tanımlamalar sonucunda kalitenin temelde iki şekilde değerlendirildiği anlaşılmaktadır. Bunlar; algılanan ve gerçek kalitedir. Algılanan kalite, bir ürünün genel mükemmelliği ve üstünlüğü konusunda tüketicinin yargısı olarak tanımlanmıştır. Algılanan kalite gerçek kaliteden farklılık göstermektedir. Algılanan ürün kalitesi yüksek bir soyutlama düzeyi ve belirli bir tüketim düzeyinden bahsetmesi ile tanımlanan genel bir değerlendirmedir. Gerçek kalite ile kastedilen ise bir ürünün doğrulanmış ve ölçülebilir gerçek teknik mükemmelliğidir (Tsiotsou, 2006: 210).

Algılanan kalite ve gerçek kaliteyi farklılaştırarak cazip ve mecburi kalite olarak değerlendiren Kano modeli müşteri memnuniyetini etkileyen müşteri ihtiyaçlarının öncelikleri ve sınıflandırması için yararlı bir araçtır. Kano modeli müşteri memnuniyeti ve ürün performansı arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi ele alır. Uygulamada Kano modeline göre dört tip ürün özelliği tanımlanmıştır (Xu, 2009: 88):

1. Olması gereken özellikler; müşteri tarafından beklenen ve eksik veya zayıf olması durumunda aşırı müşteri memnuniyetsizliğine yol açan özelliklerdir.
2. Tek boyutlu özellikler; daha iyi yerine getirilmesi doğrusal olarak müşteri memnuniyeti artışı sağlayan özelliklerdir.
3. Cazip özellikler; müşteri tarafından beklenmeyen ve mevcut olması durumunda büyük memnuniyet sağlayabilecek özelliklerdir.
4. Önemsiz özellikler; müşterinin performans düzeyi ile ilgili olmadığı özelliklerdir.

## 1.2. Kalitenin Unsurları

Kaliteyi oluşturan özelliklerin değişkenlikleri farklılık gösterebilmektedir. Bir ürün ya da hizmetin kalite spesifikasyonlarını; tüketicinin talep ve beklentileri, ürünün özellikleri, rekabet, ürünün kullanılış amacı, fiyatı, test ve muayene işlemleri gibi faktörler belirlemektedir. Ayrıca pazarlama politikası ve tüketicilerin bilinç düzeyleri de bu faktörler arasında sayılabilmektedir. Bunlara ek olarak gün yüzüne çıkmamış gereksinimler de kaliteyi belirleyebilmektedir (Yılmaz, 2007: 13).

Herhangi bir ürünün belirli özellikler bakımından önceden belirlenmiş olan standart değerlere sahip olması ve üründen elde edilen değerlerin, bu standart değerlerle karşılaştırılabilmesi; bu ürünün kaliteli olup olmadığının belirlenebilmesi için önemlidir (Demir ve Mirtağoğlu, 2016: 110).

Tüm değişkenlerin kontrol edilememesi ve karşılanamamasından dolayı kalitenin temel özellikleri hakkında genel kabul görmüş değerlendirmeler bulunmaktadır. Bu değerlendirmelerden en popüler olanı Garvin tarafından oluşturulmuştur. Garvin ürünün yaşam döngüsünü esas alarak ürün kalitesini tanımlamaya çalışmış ve bunları bir çalışmada yayımlamıştır. Kalitenin farklı yönlerden araştırılmasında en geniş çalışmalardan bir tanesini yapan Garvin'e göre tüketicinin algıladığı kalitenin 8 boyutu şu şekildedir (Ertuğrul, 2014: 7):

- Performans: Bir ürün için tüketicinin beklediği temel işlevsel özellikleridir.
- Özellikler: Bir ürünün gerekli olmayan (temel özelliklere ek olarak sunulan) görsel ve fonksiyonel farklılıklarıdır.
- Güvenilirlik: Belirli bir süre içerisinde ürünün işlevlerini yerine getirememesi (hatalı bir ürünün olması) ihtimalidir.
- Uygunluk: Bir ürünün tasarımının ve işlevsel özelliklerinin önceden belirli olan üretim standartlarını karşılama derecesidir.
- Dayanıklılık: Bir ürün veya hizmetin, kullanım miktarı ya da süresidir.
- Hizmet Görme Yeteneği: Hız, dürüstlük, nezaket ve çabuk onarım yeterliliğidir.
- Estetik: Bir ürünün görüntüsü, algılanışı, sesi, kokusu veya tadı gibi tüketicilerin beş duyusuna yönelik öznel ürün ölçüleridir.

- Algılanan Kalite: Tüketicinin ürün veya hizmeti benzerlerine karşı yaptığı kıyas ile nasıl nitelendirdiğinin öznel ölçüsüdür.

Bir tüketici, ürünü satın almak istediğinde, ürün özelliklerini ölçmekte ve kararını vermeden önce belirlenmiş olan fiyatı değerlendirmektedir. Bunun için kesin bir yöntem veya formül bulunmamaktadır. Çünkü olay genellikle her tüketicinin bireysel ihtiyaçlarına yönelik öznel ölçümlerden oluştuğu için tüketiciden tüketiciye farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, ürünün değerini belirleyen etkenlerin genel sınıflandırması aşağıdaki gibi yapılabilmektedir:

1. Ürünün fiyatı
2. Ürünün fonksiyonel yetkinliği
3. Ürünün tasarım
4. Ürün için verilen bütün ek servisler
5. Ürünün veya servisin genel kalitesi.

Ürünün fiyatı, değer düzeyini belirleyen yukarıda belirtilen sınıflandırmanın ikinci ve beşinci maddelerinin toplamı olarak değerlendirilmektedir. İkinci ve üçüncü maddeler ürünün tasarımına bağlı olmaktadır. Dördüncü madde verilebilecek bütün servisleri içine almaktadır. Beşinci madde olan genel kalite, sadece üretim kalitesini değil, ikinci ve dördüncü maddelerin kalitesini de içermektedir. Ürün kalitesi ve hizmet kalitesi tüketici tarafından belirlenir ve kalite de değer gibi nesnel olarak tespit edilemediği için tüketici standartlarına göre ölçülür.

Kaliteye ilişkin yapılan tüm sınıflandırmalar temel olarak üç başlık altında toplanabilmektedir. Bunlar; tasarım, uygunluk ve performans kalitesidir.

### **1.2.1. Tasarım Kalitesi**

Tasarım kalitesi, hedef olarak belirlenmiş kalite boyutudur. Bir üretici, bir ürünü belli bir kalite düzeyiyle yani hedeflenmiş kaliteyle üretmek veya sunmak istemektedir. Bu açıdan bakıldığında tasarım kalitesi genel olarak, üretilen ürün veya hizmetin müşteri tarafından talep edilen niteliklere sahip olması, yani onun istek ve ihtiyaçlarını karşılama derecesi olarak tanımlanmaktadır (Bostancı, 2009: 23).

Tasarım kalitesi aynı zamanda hedeflenen kalite olarak da nitelendirilmektedir. Amaç tüketicinin istek ve ihtiyaçlarının karşılayabilmektir. Tasarım kavramı kişiden kişiye değişken özellikte olması sebebiyle ölçülmesi mümkün değildir. Tüketici memnuniyetsizliğinin büyük bir kısmı üretim safhasında gerçekleşen sorunlardan çok tasarımla ilgili sorunlardan kaynaklanmaktadır (Yılmaz, 2007: 14).

İşletmelerin kaliteyi temelinden en karlı şekilde artırabilme fırsatına sahip olabilmeleri için tasarım aşamasında kaliteye verilen önemi artırmaları gerekmektedir. Tasarım kalitesi rekabet avantajı sağlayarak işletme açısından farklılık yaratabilmektedir. Örneğin tüketici istek ve ihtiyaçları araştırılmadan ve dikkate alınmadan bir sandalye üretilmiş olsun. Diğer taraftan rakip bir işletmenin de müşteri ihtiyaçlarını karşılayan ergonomik bir yapıya sahip bir sandalye tasarlamış bulunsun. Müşteri satın alma davranışında, uygun bir fiyat farkı olduğu ve diğer tüm koşulların sabit olduğu varsayıldığında, çok açık bir şekilde ergonomik tasarıma sahip olan ürünü tercih edecektir.

### **1.2.2. Uygunluk Kalitesi**

İşletmenin veya tedarikçilerin tüketici ihtiyaçlarını karşılamada gerekli olan tasarım özelliklerini karşılayabilmelerinin ölçüsü uygunluk kalitesini oluşturmaktadır. Uygunluk kalitesi bilimsel açıdan ölçülebilir bir değerdir. Bir ürünün önceden belirlenmiş olan özelliklere ne derece uyum sağladığı bilimsel olarak tespit etmek olasıdır. Günümüzde kalite anlayışının temelinde, baştan doğru yap ilkesi olduğundan, sonraki aşamalara hatalı ve noksan ürünün geçme ihtimali yok denecek kadar azdır. Sıfır hata ile üretimi gerçekleştirilen ürün veya hizmetin uygunluk kalitesinin de yüksek derecede olması beklenmektedir (Bodur, 2008: 13).

Uygunluk kalitesi ölçülebilir bir karakteristik özelliktir. Tüketicie sunulan ürünün önceden tespit edilen özelliklere hangi ölçüde ne kadar uyduğu yani kalitenin uygunluk unsuru bilimsel olarak tespit edilebilmektedir. Uygunluk kalitesi değerlendirilirken iki göstergeden bahsedilebilir. Bu göstergeler nominal değer ve toleranstır. Nominal değer, hedeflenen değer düzeyini ifade ederken, tolerans ise ürünün üretim aşamasında bir parçasının ölçümlerinde olabilecek hata payı anlamına

gelmektedir. Tolerans sınırları içinde kalan bütün ürünler kullanıma uygun kabul edilmektedir. Uygunluk kalitesi ürünlerin yüzde kaçının uygun olduğu oran ile belirlenebilmektedir.

İşletmeler belirli bir uygunluk kalitesi sağlanmaya çalışılırken, çeşitli maliyetlerin optimize edilmesine çalışmaktadırlar. Uygunluk kalitesini ölçerken, bozuk ürünlerin sağlam ürünlere oranından da bahsedilmektedir.

### **1.2.3. Performans Kalitesi**

Performans kalitesi, bir ürünün piyasada ne kadar iyi bir başarı sergilediği, yani tüketiciler tarafından ne derece iyi algılandığı ve kabul gördüğü konuları ile ilgilidir. Tüketici tatmini, satış analizleri, maliyet karşılaştırması gibi analizler performans kalitesini ölçmek için kullanılmaktadır (Bostancı, 2009: 24).

İşletmelerin tarafından ürün veya hizmetlerinin piyasadaki performans düzeyleri; pazar araştırmaları, satış veya hizmet analizleri ile belirlenmesi sağlanmaktadır. Satış sonrası hizmet, bakım, güvenilirlik ve lojistik destek analiz ve araştırmaları ile işletmenin ürün veya hizmetlerini tüketicilerin satın alma davranışında nelerin araştırılacağını kapsamaktadır (Bodur, 2008: 15).

Ürün ya da hizmetin ayırıcı nitelikleri ve fiyatı, tüketicilerin öncelikle bir pazar bölümüne girip girmeyeceklerini ve pazar payının boyutunu belirlemektedir. Bir tüketici, performansına göre bir ürün ya da hizmeti yeniden satın alacak ya da diğer tüketicilere övgü ile bahsedecektir.

### **1.3. Kalite Kontrolde Standart, Spesifikasyon ve Tolerans**

Kalite kontrolü; satın alma ve üretim gibi alanlarda kalitenin ve güvenilebilirliğin sağlanması, yürütülmesi ve sürdürülmesi çalışmalarını planlama, programlama ve geliştirme yoludur. Kalite kontrolü sayesinde üretimin tüketici açısından en yüksek kalitede ve en ekonomik düzeyde yapılmasına olanak sağlayan bir yönetim sistemini oluşturmaktadır. Bütün bu kalite kontrolü işlemlerinin gerçekleştirilmesi için üretim aşamasında, kaliteyi etkileyecek bazı araçlardan yararlanmak doğru olmaktadır. Söz

konusu araçlardan en önemlileri: standartlar, spesifikasyonlar (özellikler) ve toleranslardır (Gümüşoğlu, 2000: 17).

Kalite kontrolü teriminde kalite kelimesi en iyi anlamına gelmemektedir. Ürün ister gerçek bir ürün olsun ister bir hizmet olsun, kalite kelimesinin anlamı tüketici şartlarını yerine getirmek olmaktadır. Söz konusu tüketici şartları arasında; gerçek hizmet görme yeterliliği, ürün veya hizmetin satış fiyatı yer almaktadır.

Kalite kontrolü, kalitenin kontrol altında tutulması anlamına gelmektedir. Böylelikle süreç içinde her şey olup bitmeden tam gereken anda müdahale edip hatalı üretime engel olmak için önlemler alınabilmektedir. İşletme açısından hatalı üretim yerine hiç ürün üretmemenin daha ekonomik olduğu açıkça görülmektedir. Çünkü zaman, işçilik, hammadde v.b. kayıpların yanı sıra tazminat, işletmenin şöhretinin zarar görmesi durumları da meydana gelebilmektedir. Ancak temel amaç hatalı üretimin nedenini bulup, ortadan kaldırma ve üretime devam etmektir. Ancak kalite kontrolü şimdiki durumuna birden gelmemiş, zaman içerisinde işletme içindeki konumunu sağlamıştır.

Kalite kontrol sistemleri test altındaki bir ürünün kusurlarını tespit etmek için bir endüstriyel tanılama yöntemi yapmaktadırlar. Hata tanımlandıktan sonra bir takım fiziksel büyüklük kontrol koşulları altında her ürün ve özellik için hesaplanıp referans değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Bu nedenle kalite kontrolü, özelliklere uygunluğun ölçülmesi anlamına da gelmektedir (Castellini vd., 2011: 425).

### **1.3.1. Kalite Kontrolde Standart**

Kaliteyi iyileştirme çalışmaları ve hesaplamalar genelde tasarım aşamasında ya da iş aşamasında yapılmaktadır. Bu aşamada ürün için standartlar kalite merkezlidir ve tüketici gereksinimleri dikkate alınmaktadır. Bununla birlikte, işletmenin örgütsel düzeyinde, süreç ile ilgili görev ve yöntemlerin de beraber organize edilmesi gerekmektedir.

Standart çıktı tasarımı; üretim, ölçme, v.b. konularda önceden saptanmış kurallar bütününden oluşmaktadır. İşletme tarafından oluşturulan bu kurallar en iyi düzeye

ulaşılması amacını taşımaktadır. İşlevsel ihtiyaçlar ve güvenlik şartlarının sağlanması bilimsel ve teknik araştırma ve tecrübeler sayesinde gerçekleştirilmektedir. Standartların gelecekteki ihtiyaçlara cevap verebilecek ve yeni değişikliklere uyum sağlayabilecek şekilde sürekli bir süreç olarak düşünülmesi doğru olacaktır (Gümüşoğlu, 2000: 17-18).

Standartlaştırma karmaşıklığa karşı başarı kazanabilmek için rutinleşme öneren bir bakış açısı ile bilimsel yönetimden anlayışından esinlenerek oluşturulmuştur. Standartlaştırmanın devamlılığı sağladığı ve var olan iş dünyasında bir aşamaya kadar gereklilik olduğu varsayılmaktadır. Standartlaştırma terimi politikaların, prosedürlerin ve kuralların derecesini ifade eder (Link ve Naveh, 2006: 510).

Belirlenen standartlar; üretim işlemlerini karşılamak, üretim maliyetlerini düşürmek, verimliliği artırmak, makine ve araç-gereç yatırım maliyetlerini düşürmek, malzeme kayıplarını en aza indirmek, bakım-onarım ve yedek parça harcamalarını azaltmak, tüketici ihtiyaçlarını en iyi biçimde karşılamak için ekonomik ve sosyal yaşamın kaçınılmaz araçlarını oluşturmaktadır. Bu nedenlerle ham malzemelerden; yarı işlenmiş mamule, yardımcı malzemelere, makine ve araç-gereç ve üretim işlemlerine kadar bir takım konunun standartlaştırılması gerekmektedir (Gümüşoğlu, 2000: 18).

### **1.3.2. Kalite Kontrolde Spesifikasyon/Özellik**

Herhangi bir ürünün üretilmesi için gerekli işlerin doğru, eksiksiz, kolaylıkla ve zamanında yapılabilmesi için geliştirilen yönergeler veya üründe herhangi bir yanlışlığa neden olmayacak şekilde aktarılmasını ve standartlara uygun olarak üretilmesini sağlayan kalite özelliklerine spesifikasyon/özellik adı verilmektedir. Dolayısıyla, bir ürünün üretilmeye başlanmasının birinci adımı alıcının tercihlerini belirleyen özellikleridir. Bu özellikler teknik olarak bir tasarım aşamasında ön plandadır. İkinci adımda ise söz konusu özelliklerin karşılanabilmesi için üretime geçilmesi ve üretim anında veya sonunda nihai ürünün kalitesinin kontrolü gelmektedir (Işığık, 2012: 63).

Spesifikasyonun amacı, eksiksiz bir biçimde üretici ve tüketiciler tarafından üründen beklenen özelliklerin kolaylıkla anlaşılmasını sağlaması şeklinde



açıklanabilmektedir. Spesifikasyonların yardımı ile bir işletmede gerek bölümler arasındaki iletişimde, gerekse üretici ve tüketici arasındaki iletişimde yanlış anlamaların mümkün olan en az düzeye indirilebilmesini sağlamaktadır. Spesifikasyonlar, belirli bir üründen üreticiler ve tüketicilerin neler beklediklerini belirlemektedir (Ertuğrul, 2006: 58-59).

Tolerans ve spesifikasyonlar üretim ve hizmetlerin sınır çizgilerini belirleyen etkenlerdir. Bunlarla birlikte toleranslar ürün ve daha çok hizmetlerin fiziksel ölçmelerden oluşan taraflarını; spesifikasyonlar ise malzeme, ürün ve hizmetlerin bütün özelliklerini içermektedir. Bu bakımından spesifikasyonlar daha geniş kapsamlı olmakla beraber toleransları da içine almaktadır (Akkurt, 2002: 12).

### **1.3.3. Kalite Kontrolde Tolerans**

Kalite kontrolde tolerans kavramı ilk olarak J.N. Newall adında bir İngiliz tarafından 1902 yılında geliştirilmiştir. Tolerans, belli bir ürünün kalite özellikleriyle ilgili ürün tasarımında belirlenen ve izin verilen ölçüdeki sınırlar içerisinde kabul edilebilen sapma değerleri olarak tanımlanabilmektedir. Tolerans kavramı ile amaçlanan, üretimin verimliliğinin artırılmasını ve üretim maliyetlerinin en aza indirilmesini sağlamaktır. Toleranslar tıpkı doğada bulunan bütün varlıkların birbiri ile aynı olmaması nedeniyle, üretimde de birbiri ile tamamen aynı ürünlerin üretilmesinin mümkün olmaması sonucu ortaya çıkmıştır. Toleranslar; tasarım, üretim ve kalite kontrolü çalışmaları ile çok yakın ilişkili olup, ürünün tasarlanması aşamasında belirlenmektedirler (Gümüšoğlu, 2000: 21).

Bir ürünün her parçasının biçim, boyut, konum ve uyum sağlama gibi değişkenleri bulunmaktadır. Tolerans problemlere neden olmadan ayarlanabilecek değişken miktarı anlamını taşımaktadır. Tolerans limitlerini oluşturan çok sayıda farklılık gösteren hata boyutları bulunmaktadır. Hatalar genel olarak rastgele ve sistematik olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Rastgele hatalar kaynağı belli olmayan hatalar olmakta ve bu hataların aynı işlemde etkileşim yöntemi pozitif veya negatif yönde olabilmektedir. Sistematik hatalar kaynağı belli olan hatalardır ve bunlar aynı (pozitif veya negatif) yönde kendini göstermektedirler. Üretimdeki sistematik

hataların kaynakları; donanım, malzeme (hammadde), operatör, programlama, ölçme ve çevre v.b. etkenler şeklinde sıralanabilmektedir. Ürün değişimini ilk sırada etkileyen etmenin donanım olduğu kabul edilmektedir. Donanım başta tezgah, düzen, takım ve kalıplar olmak üzere süreci gerçekleştiren elemanları içermektedir (Akkurt, 2002: 10).

Üretim sürecinde, ürünü oluşturacak parçaların tolerans tasarımı üreticileri için önemli bir unsur olmaktadır. Üretilen bütün parçaları mükemmel şekilde imal etmek mümkün olmamaktadır. Ürünler kabul edilebilir bir ölçüm hatası göz önüne alınarak, amaçlanan değer etrafında üretilmektedir. Ancak üretilen her bir ürünün varyasyonlarının belirlenmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Üretim açısından toleransın amacı, para tasarrufunu sağlamaktır.

#### **1.4. Kalitenin Tarihsel Gelişimi**

Kalite kavramı ile ilgili M.Ö. 2150 tarihli Hammurabi kanunları ilk kayıtlı bilgileri oluşturmaktadır. Kanundaki 229. madde şu şekildedir; "Eğer bir ustanın yaptığı ev başarısızlığı veya yetersiz işçiliğinden dolayı yıkılırsa ve ev sahibinin ölümüne neden olursa, usta öldürülecektir." Hammurabi kanunları bu madde v.b. maddelerden meydana gelmektedir. Bununla birlikte, farklı bilimsel alanlarda pek çok önemli keşfin Fenikelilerde, Mısırlılarda ve Mezopotamya uygarlıklarında çağlarına göre yapıldığını ve kalite standartlarını uyguladıklarını göstermektedir (Öztürk, 2012: 10).

M.S. 13. Yüzyıla bakıldığında gelişen çıraklık ve lonca teşkilatının kalite ile ilgili çalışmaları göz önüne çıkmaktadır. Sanatkârlar hem eğitim hem de üretim ve denetim görevlerini üstlenmişlerdir. Aynı ürünü üreten meslek grupları Ahilik, Loncalar gibi öz denetim mekanizmalarını oluşturmuşlardır. Bunlar kendi ticaretlerini, mallarını ve müşterilerini çok iyi tanımakta ve sattıkları malda belirli standartlarda kalite ölçütleri değerlendirmektedirler. Devlet, ağırlık ve ölçüm konusunda bazı standartlar belirlemiş ve işletmeler mallarını kontrol ederek tek bir kalite standardı uygulamaya başlamışlardır (Turgut, 1995: 26).

Osmanlıda da kalite ile ilgili standart kavramının ön plana çıktığı görülmektedir. Gelişimin temel taşlarından biri olan standardın önemini yüzyıllar önce 1502

tarihinde, padişah II. Beyazıt Han tarafından çıkarılan Kanunname-i İhtisab-ı Bursa eseri ile anlaşıldığı ortaya çıkmış ve Türkler tarafından standartların kavrandığının belgesi olarak görülmüştür. Bu eserde bugünkü anlamda; boyama, ambalâj, kalite gibi esaslar ile ceza hükümleri açıklanmıştır (Ağbuga, 2007: 8).

Uzak doğunun kalite ile tanışması 1940'lı yıllara kadar gerçekleşmediği ortaya çıkmaktadır. Japonlar, II. Dünya Savaşı öncesi İngiliz standartlarından haberdar olmuşlar ve bu standartları savaş sırasında Japoncaya tercüme etmişlerdir (Turgut, 1995: 31).

Özellikle II. Dünya Savaşı sırasında hayati önemi fark edilen kaliteli üretim ve hizmet anlayışının ve bunu öncelikle benimseyen Japon toplumuna ve ekonomisine sağladığı büyük katkılar olmuştur. Kaliteli üretim anlayışının, Japonların kalite çalışmalarını daha çok benimsemelerine ve hayata geçirmelerine neden olduğu görülmektedir. Japonlar tanışmakta geç kalmalarına rağmen, kaliteye yaptıkları katkılarla kaliteyi geliştirerek batıya ihraç etmeye başlamışlardır.

Kalite kavramı ile ilgili güncel düşüncelerin çoğunun üretim sektörüne yönelik olduğu görülmektedir. Üretim kalitesi ve standartlarıyla ilgili endişelerin 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başında nitelikli işçilerin azalması ve buna bağlı olarak da toplu üretimde yaşanan sorunlar nedeniyle ortaya çıktığı görülmektedir (Ağbuga, 2007: 3).

#### **1.4.1. Geleneksel Kalite Kontrol Anlayışı**

20.yüzyıl başlarında değerlendirilmiş olan geleneksel kalite yönetim anlayışının muayeneye dayalı bir sistem olduğu ortaya çıkmaktadır. Dönemin yönetim uzmanlarından Taylor, Ford ve Weber gibi uzmanların bakış açıları ile kalite muayene safhasında kontrol edilen ve muayene ile sağlanan bir işlem olarak değerlendirilmiştir.

Hayatının yirmi beş yılından fazlasını geleceğin model fabrikasını kurmak ve verimliliği geliştirmek için geçirmiş olan Frederick Taylor'un Bilimsel yönetim yaklaşımının 19. yüzyıla ışık tuttuğu görülmektedir. Başmühendis Taylor 20. yüzyıl çalışma hayatının gelişiminin temeli olan bir dizi kavram meydana getirmiştir.

Taylor, farklı kişiler tarafından ele alınan her işin ve özel görevlerin, belirli bir zamanda yapılması gereken sürelerinin azaltılmasını desteklemiştir. Etkinliği ve verimliliği sağlamak için Taylor'un, yürütmeden farklı olarak planlama üzerine çalıştığı görülmektedir. Sürecin uygulama bölümünün denetçiler ve işgücü tarafından ele alındığı, planlama bölümünün ise mühendislerin kontrolünde olduğu ortaya çıkmaktadır. Taylor'un sistemi, verimliliğini yükseltmede oldukça başarılı olmuş fakat insan ilişkileri faktörünü ve ürün kalitesini ihmal etmesinden dolayı sürekliliğinin olmadığı görülmüştür (Öztürk, 2013: 58).

Taylor'a göre işçiler yaptıkları işi değerlendirebilme ve kontrol edebilme kapasitesine sahip değildi; bundan ötürü bitmiş ürünleri incelemek üzere kontrol elemanları görevlendirilmiştir. Başka bir deyişle kalite, nihai ürünlerin muayenesi üzerine kurulmuştur. Üretilen ürünün ve bu ürünü oluşturan parçaların üretim işlemleri sonrasında %100 muayene edilmesi, hatalıların ayıklanması ve bu şekilde hatalı veya kalitesiz mamulün tüketiciye ulaşmasının önlenmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Bu yaklaşım tüketiciyi korumuş ancak üretici için sorun yaratmıştır (Altıntaş, 2006: 8).

Üretimle ilgili olarak Ford'un birleştirme hattı projesi otomotiv endüstrisinden, askeri üretime ya da et paketleme endüstrisine kadar birçok endüstride kitle üretimi için kullanılmıştır. Ford hem üretim hızının limitlerini arttırmış hem de hedeflenen kaliteyi sürdürmekte etkili olmuştur. Ford kendi fabrikasında kendi arabalarının tamamını üreterek, tüm üretim sürecindeki kontrolü sayesinde hedeflediği noktaya ulaşmıştır.

Max Weber fabrikalarda çalışan işçilerin kırsal kesimden gelmesi dolayısıyla yeterli düzeyde özelliklere sahip olmadığını düşünüyor, işlerini rahatlıkla yapabilmeleri için işin çok küçük parçalara bölünüp standartlaştırılmasını gerçekleştirmek istemiştir. Süreçteki koordinasyonu sağlamak için ise otoritenin merkezileşmesinin gerektiği düşüncesini savunmuştur (Yılmaz, 2007: 28).

İnsan faktörünün ön plana alınmaya başlanması ile birlikte özellikle kalitenin, verimlilik ve yüksek maliyetlerle ilgili sorunların çözümünde birincil öneme sahip olduğu anlaşılmıştır. Kalite, verimlilik ve maliyet olmak üzere bu üç unsur arasındaki

ilişkinin uluslararası ticari rekabetin gerekleri doğrultusunda geliştirilmesi, yeni yönetim modellerinin ortaya çıkmasında çok etkili olmuştur.

Genel olarak kalite süreci farklı toplumlarda farklı şekillerde ortaya çıkmıştır. Kalitenin oluşmasında muayeneye dayalı üretim sistemlerinde meydana gelen gelişmelerin etkili olduğu görülmüştür. Günümüz kalite anlayışının temellerinin 19. yüzyıl sonlarında atıldığı görülmekte ve üretim anlayışının temel alındığı görülmektedir.

### **1.4.2. İstatistiksel Kalite Kontrol**

1920'li yıllarda istatistiksel yöntemler kalite kontrolüne etkili bir şekilde uygulanmaya başlandığı görülmektedir. İstatistiksel kalite kontrolün artan tüketici ihtiyaçları, genişleyen üretim hacmi v.b. etkenlerden dolayı ortaya çıktığı görülmüştür. İstatistiksel kalite kontrolü ve kalite gelişimini başlatan Walter Shewart, kontrol grafiklerini ilk kullanan kişi olarak kabul edilmektedir. Shewart'ın çalışmaları daha sonra Deming tarafından geliştirilmiştir. Shewart, Deming, Dodge ve Romig'in katkıları ile istatistiksel kalite kontrolün temelleri oluşturulmuştur. Yapılan çalışmaların yanı sıra, 1940'lı yılların sonlarına kadar bu teknikler üretim işletmelerinde çok az kullanım alanı bulmuştur (Patır, 2009: 240).

II. Dünya Savaşı'ndan sonra Kenichi Koyanigi liderliğindeki bir grup savaşın neden olduğu yıkımı yeniden inşa etmek için Japon endüstrisinin tamamına kalite kontrolü yaymada anahtar rol oynayan JUSE (The Japanese Union of Scientist and Engineer)'yi 1946 yılında ve benzer şekilde 1945 yılında JSA (Japanese Standard Association)'yı kurmuşlardır. 1950 yılında JUSE tarafından Deming'in davet edilmesiyle kalite kontrol metodları konusu Japon bilim adamları, mühendisleri ve şirket yöneticilerine anlatılmıştır (Dahlgaard-Park, 2011: 500). Bu seminerlerden derlenen notlar JUSE tarafından “Deming’in İstatistiksel Kalite Kontrolü Dersleri” olarak basılmıştır.

İstatistiksel kalite kontrol; ölçülebilir veriler yardımı ile ürün veya hizmet süreçlerinin istatistiksel yöntemler kullanılarak izlenmesi, kontrol edilmesi, oluşabilecek hataların önceden tahmin edilerek düzeltici önlemler alınması sürecini

içermektedir. Üretim maliyetlerinin düşürülmesi, işgücü verimliliğinin artırılması ve tüketicinin korunması gibi nedenlerden dolayı istatistiksel kalite kontrol çok önemli görülmektedir.

Geleneksel kalite kontrol anlayışı üretici faydasını korumayı amaç edinmişken, istatistiksel kalite kontrol anlayışında tüketiciyi korumak odak noktası olmuş ve tüketici faydasının artırılmasının ön plana alınması meydana gelmiştir.

### **1.4.3. Toplam Kalite Kontrol**

Toplam kalite kontrol, Feigenbaum'un kaliteye kapsamlı yaklaşımı sayesinde türetilmiştir. Feigenbaum Toplam Kalite Kontrol (TKK) kavramını ortaya çıkarmıştır. Feigenbaum oluşturduğu toplam kalite kontrol kavramını şu şekilde tanımlamıştır; en ekonomik düzeyde üretim ve hizmet sağlamak amacıyla bir organizasyondaki çeşitli grupların kalite iyileştirme, geliştirme ve bakım-onarım çabalarını entegre eden etkili bir sistemdir (Weinstein vd., 2009: 498). Feigenbaum, toplam kalite kontrol ve kalite maliyetleri kavramlarının öncüsü durumundadır.

Feigenbaum tarafından tanıtılan TKK kavramı ile Japon TKK kavramı birbiri ile aynı bulunmamaktadır. Feigenbaum organizasyonda başta tasarım, üretim, ödeme, satış olmak üzere tüm süreçlerde ve bu bölümlerle koordine olan diğer süreçlerde kalite kontrol işlemlerinin geliştirilmesi koşulunu getirmiştir. Ishikawa'ya göre Japon TKK anlayışı kalite kontrol işlemlerinde organizasyondaki bütün üyelerin katılımı anlamına gelmektedir. Japon TKK anlayışındaki T teriminin simgelediği anlam Toplam Katılım'ı ifade etmektedir (Bostancı, 2009: 34).

Toplam kalite kontrol anlayışına göre dönemin kalite uzmanlarının; kalite düzenleme, iyileştirme ve geliştirme felsefesi Deming döngüsü ile ifade edilebilmektedir. Deming'in tanımladığı PUKÖ kalite çemberi şu aşamaları takip etmektedir; planlama, uygulama, kontrol etme ve önlem alma (harekete geçme). Bu fikir ilk kez istatistiksel kalite kontrol sisteminin kurucusu kabul edilen Shewart tarafından ileri sürülmüştür. Fakat TKK'nin temel esaslarından biri haline gelmesini ve yaygınlaşmasını Deming'in sağladığı görülmektedir. Deming'e göre varyasyonların nedenleri sürecin içindedir ve süreçte öncelikle yapılması gereken iş

varyasyonu azaltmak olacaktır. Deming, kalite kavramında en az ürünler kadar insanların da önemli olduğuna dikkat çekmiştir. Bu kapsam doğrultusunda eğitimin önemini vurgulamıştır. Eğitim sayesinde çalışanların organizasyon içindeki üretim süreçlerini, varyasyon nedenlerini ve takım çalışmasının önemine olan ihtiyacı gözler önüne çıkarmıştır.

Bir işletmede etkin bir kalite kontrol uygulaması sayesinde gerçekleşmesi istenen amaçlar şu şekilde sıralanabilir (Kobu, 2013: 555):

1. Mamul kalite düzeyinin yükseltilmesi,
2. Mamul tasarımının geliştirilmesi,
3. İşletme maliyetinde azalma,
4. Iskarta, işçilik ve malzeme kayıplarında azalma,
5. Üretim hattındaki dar boğazların giderilmesi,
6. Personel moralinin yükselmesi,
7. Tüketicinin parasının karşılığını aldığını göreyek memnun olması,
8. Ülke ekonomisine olumlu katkılar,
9. İşletmenin saygınlığının artması,
10. İşçi-işveren ilişkilerinde düzelme.

Toplam kalite kontrol aşamasına geçme süreci dünyanın her yerinde aynı doğrultuda yaşanmamasına rağmen ülkelerin kalite gelişimine bakıldığında genel olarak temel alınan değerlerin ortak olduğu görülmektedir. Toplam kalite kontrol sürecinin varlığı çoğu ülkede bir dönem olarak göz önüne alınmıştır. Toplam kalite kontrol kalite anlayışı sayesinde hem tüketici hem de üretici faydasını arttırmayı hedef almıştır.

#### **1.4.4. Toplam Kalite Yönetimi**

Toplam kalite yönetimi ISO tarafından şu şekilde tanımlanmıştır; kalite merkezli, bütün çalışanların katılımına dayalı ve hem toplum ve işletmenin bütün üyelerinin

faydası hem de müşteri memnuniyeti ile uzun dönemli başarı hedefleyen organizasyonun yönetim anlayışıdır. Toplam kalite yönetimi (TKY), sürekli iyileştirme çabaları ile müşteri memnuniyetine adanmış bir organizasyon yapısıdır.

Kauro Ishikawa, sürekli iyileştirme amacıyla kullanılabilir bazı teknikler geliştirmiştir. Japonlar bu teknikleri kullanarak, hem teknolojilerini hem de kalite ve verimliliklerini artırarak rekabet güçlerini yükseltmişlerdir. Kullanılan teknikler sayesinde sürekli iyileşme yönünde süreklilik göstererek güçlenmişlerdir. Avrupa’da kalite ile ilgili gelişmelerin, İngiltere’de yaşanan endüstri devriminden sonra ABD’de ve Japonya’da meydana gelen gelişmelere paralel bir gelişim gösterdiği görülmüştür. Toplam Kalite kavramının ileri yöntem ve sistem çalışmaları ile bütünleşmesi ve şirketlerin yönetim anlayışlarından organizasyonlarına kadar yayılması sayesinde güçlü bir rekabetçilik yapısı ortaya çıkmaktadır. Bu gelişmeler ile birlikte 1980’li yıllarda, Avrupa’da bu yeni yapılanmaya doğru ciddi adımlar atılmaya başlamıştır. Avrupa ülkelerinin Japonya’da olduğu gibi insanlara değer vermesi sonucu toplam kalite yönetiminde önemli bir yer edinmeye başlamıştır (Büker, 2007: 7).

1980’li yıllarda egemen olan ‘ürün kalitesi’ yerine 1990’lı yıllarda ‘yönetim kalitesi’ teriminin ön plana çıktığı görülmektedir. Bir kuruluşun yönetiminde kalite sağlanırsa, orada üretilecek olan ürün veya hizmetlerin kalitesinin de kendiliğinden var olacağı düşünülmektedir. Toplam Kalite Yönetim anlayışı, insan kaynaklarındaki niteliği ön plana çıkarması ve bunu bir kurum kültürü haline dönüştürüp toplumsal yaşamın içine konumlandırması gibi düşünceler sayesinde ortaya çıkmıştır (İşçi, 2010: 24).

TKY’nin bilimsel anlamda ortaya çıkış yeri Amerika olmasına rağmen, TKY Japonya’da geliştirilmiştir. TKY’nin başlıca temel ilkeleri kısaca özetlenecek olursa aşağıdaki ana başlıklar altında toplanabilir (Toraman, 2010: 5):

- ✓ TKY, insan odaklı bir yaklaşımdır,
- ✓ TKY, hem müşteri hem de iş görenlerin beklenti ve gereksinimlerine odaklanılmasını temel görüş olarak ele alan bir yaklaşımdır,
- ✓ TKY, kalitenin sürekli iyileştirilmesine odaklanan bir yaklaşımdır,



- ✓ TKY, hataları ayıklamak yerine ilk sefer ve bütün seferlerinde hatasız işler yapmayı temel öngörü olarak ortaya koyar. Sonuçlar yerine süreçlere odaklanma; süreçleri sürekli iyileştirerek, sonuçları da iyileştirmeyi esas yaklaşım olarak ele alır,
- ✓ TKY, verilerle düşünme (istatistik) odaklı bir yaklaşımdır,
- ✓ Süreçlerin iyileştirilebilmesi, ancak süreçlerin ölçülebilir hale getirilebilmesi ile mümkündür. Bu nedenle ölçümleme ve istatistiksel odaklılık (verilerle düşünme) TKY'nin vazgeçilmez parçalarındandır. Kalitenin tüm boyutları tanımlanmalı, istatistiksel olarak izlenmeli ve sürekli iyileştirilmelidir.

Deming Toplam Kalite Yönetimi ile ilgili olarak üst yönetimin liderliğini, müşteri/tedarikçi ortaklığı ve ürün geliştirme ile üretim sürecinde sürekli iyileştirmenin önemini vurgulamıştır. Deming'e göre, organizasyonların yönetimlerinde dönüşümü sağlayacak organizasyon dışından nesnel bir görüşe ihtiyacı vardır. Deming'in yönetim teorisini oluşturacak 14 ilke şu şekildedir (Ersoy vd., 2011: 100);

1. Yeni felsefeyi benimseyin.
2. Ürün ve hizmetin iyileştirilmesi için amaç sürekliliği oluşturun.
3. Üretim ve hizmet sistemini sürekli ve kalıcı olarak geliştirin.
4. Sadece fiyat etiketi üzerinden iş görme uygulamasına son verin.
5. Kitlesele denetime bağı kalmaya son verin.
6. Eğitim programları oluşturun.
7. Liderlik oluşturun ve benimseyin.
8. Korkuyu uzaklaştırın.
9. Herkesi eğitim ve kendini geliştirme için teşvik edin.
10. İş gücü için sloganları, teşvikleri ve hedefleri ortadan kaldırın.
11. İş gücü için sayısal kotaları ve yönetim için sayısal hedefleri ortadan kaldırın.

12. Çalışanların gururunu önleyecek olan engelleri ortadan kaldırın.
13. Çalışanların bölümleri arasındaki engelleri yıkın.
14. Dönüşümü gerçekleştirmek için harekete geçin.

Tasarım, planlama, üretim ve dağıtım hizmetlerini kapsamına alan toplam kalite yönetimi, ürün değişimleri içerisindeki bütün etkenlerin sistem entegrasyonu bünyesinde toplamalıdır. Bu etkenlerin her biri kalite hedefleri ile bütünleştirilmelidir. Sadece bu sayede bile, organizasyon çalışmalarının her bir aşamasındaki ürün kalitesi bir sonraki aşamalarda da korunabilecektir. Tasarım aşamasında, özellikle de çevre çalışma şartları ve var olan üretim sürecinin olanakları göz önünde tutulmalıdır. Organizasyonun üretim bölümü ile tasarım bölümü arasındaki iletişim eksikliği pek çok kalite probleminin oluşmasına neden olmaktadır.

Sistem yaklaşımı ile oluşturulan bütünsel görüş, ürün kalitesini etkileyen bütün etkenlerin göz önüne alınması gerektiğini ifade etmektedir. Bu etkenler; satın alma, bütçeleme ve müşteri hizmetleri gibi iş faaliyetlerini de kapsamına alabilmektedir. Üretim ile ilgisi olmayan bu etkenlerin, çoğu zaman geleneksel kalite kontrol çalışmaları içinde pek dikkate alınmadığı ortaya çıkmakta ama bunların da diğer etkenler kadar ürün kalitesine etkisi olabilmektedir.

Geleneksel kalite anlayışının ana noktası üretim iken, toplam kalite yönetiminin odak noktasında tüm organizasyon yapısı içindeki bölümlerin kaliteye katılması ve sürekli gelişmenin sağlanması yer almaktadır. Ürüne yönelik yönetim anlayışı yerini kalitenin oluşturulması, geliştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması anlayışına bırakmıştır. Geleneksel kalite kontrol ve toplam kalite yönetimi anlayışları arasındaki farklılıklar Tablo 1.'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Geleneksel Kalite Kontrol ve Toplam Kalite Yönetimi Anlayışları Arasındaki Farklar.

<b>Geleneksel Kalite Kontrol</b>	<b>Toplam Kalite Yönetimi</b>
Bireysel eylem	Takım çalışması ve takım ruhu
Muayeneye dayalı kontrol	Otomatik kontrol
Ürün odaklılık	Ürün ve süreç odaklılık
Personelin katılımı	Personelin entegrasyonu
Politika ve yöntemlerin katılığı	Politika ve yöntemlerin esnekliği
İhtiyaca göre iyileştirme	Sürekli iyileşme
Veri saklama	Veri analizi ve karşılaştırılması
Kar odaklılık	Müşteri memnuniyeti odaklılık
Tedarikçilerin istismar edildiği algısı	Tedarikçi katılımı
İçsel müşteri	İçsel ve dışsal müşteri

Geleneksel kalite kontrol anlayışı ile toplam kalite yönetimi anlayışı arasındaki farkların temelinde insan unsurunun olduğu göz önüne çıkmaktadır. Geleneksel kalite kontrol anlayışında insan unsuru kalite için herhangi bir değer görmez iken, toplam kalite yönetimi anlayışında insan unsuruna olması gerektiği biçimde önem verilmektedir. Son yıllarda gelişen Toplam kalite yönetimi anlayışında çevre unsuru da göz önüne alınmaktadır.

#### **1.4.4.1. Toplam Kalite Yönetiminin Türkiye’de Gelişim Süreci**

Türklerin kalite kavramıyla tanışmaları oldukça eski tarihlere kadar gitmektedir. Türkler Anadolu toprakları üzerinde hükümet kurduklarında, günümüzde bile her

alandaki önemli sayılabilecek uygarlık örnekleri vermişlerdir. Standart kavramı da bunlar arasında sayılabilmektedir. Yaklaşık beş yüzyıl önce Bursa, Edirne, Aydın, Rize, Amasya, Erzurum, Diyarbakır, Çankırı, Karaman, Mardin, Karahisar, İçel, Musul ve daha pek çok yerin mahalli özelliklerine ve üretim çeşitlerine göre standart kuralları getirilmiş ve ciddi anlamda bu kurallar uygulanmıştır (Büker, 2007: 10).

Ülkemizde istatistiksel kalite kontrol uygulamaları ilk defa 1960 yılının başlarında metal sanayinde çalışan fabrikalarda gerçekleşmiştir. İstatistiksel kalite kontrol uygulamaları da yapılan işlemlerden örnek alma ve kalite kontrol şemalarının uygulamalarda kullanılması yoluyla olmuştur. Dünya ve Avrupa'daki gelişmelere benzer şekilde ülkemizde de kaliteye verilen önemin gittikçe arttığı görülmektedir (Batmaz, 2010: 11). Türkiye'de kaliteye duyulan ilgi ve önem serbest ekonomiye geçiş ile artmıştır. Büyük sanayi kuruluşlarının yabancı kuruluşlar ile yaptıkları ortaklıkları sayesinde Türkiye'de kaliteli üretimin ortak üretim yoluyla üretilen yabancı ürünleri tanımaya başlamıştır. Böylelikle yerli ürünlerde de aynı özellikler taşımalarının gerekli görüldüğü ortaya çıkmıştır.

Toplam kalite yönetiminin gelişiminin, kalite kontrol çemberleri uygulamalarına geçilmesi sayesinde başladığı söylenebilmektedir. 1987 yılında yapılan bir çalışmada İstanbul Sanayi Odasının 500 büyük firmasına anketler gönderilmiş, bunlardan sadece 86 işletme bu anketlere cevaplandırmıştır. O dönemde bu işletmelerden sadece 23'ünde kalite kontrol çemberlerinin uygulanmasının yapıldığı gözlenmiştir. Yapılan bu araştırmaya göre söz konusu araştırmaya konu olan işletmelerin kalite kontrol çemberi uygulamalarının nedenleri; kalitesizlik maliyetlerini azaltmak, yönetici personele katılımcı bir ortam yaratmak, çalışanlar arasındaki ekip ruhunu geliştirmek, iletişim sorunlarını çözmek ve yeniden yapılanma çalışmalarını tamamlamaktır. Türkiye'deki bu çalışmalar ilk zamanlarda yabancı danışmanlar öncülüğünde uygulanmaya başlamıştır. Kalite kontrol çemberi uygulamalarında Şişe Cam, Migros v.b. işletmeler sendikaların büyük direnişiyle karşılaşmış olmasının yanında kalite ile ilgili çalışmalarda örnek teşkil etmiştir (Şahin, 2005: 12-13).

Türkiye'de Toplam Kalite Yönetimi anlayışının yaygınlaştırılması için 1991 yılında Kalite Derneği kurulmuştur. 1971 yılında kurulan Türk Sanayicileri ve İş adamları Derneği (TÜSİAD) ile Kalite Derneği beraber 12 Kasım 1992'de ilk Ulusal Kalite

Kongresini düzenlemişlerdir. Ülkemizde 1992 yılından beri her yıl, ulusal düzeyde kalite kongresi düzenlenmektedir. Yapılan kalite kongrelerinde başarılı şirketlere 1993 yılından beri ulusal kalite ödülü verilmektedir. TÜSİAD-Kalder Kalite Ödülü 11 Kasım 1993'te ülkemizde ilk defa, 1990 yılından beri TKY uygulamaları yapan BRISA'ya verilmiştir. Bunun yanında Türk firmalarından BEKSA, ARÇELİK, ROBERT BOSCH Avrupa Kalite Ödülünü almışlardır (Batmaz, 2010: 11).

Birçok danışmanlık şirketinin düzenlediği seminerlerde KALDER; büyük, orta ve küçük ölçekli işletmelere kalite konusunda seminerler vermiştir. Pazar endişeleri olmadığı için kendilerini yenileme ihtiyacı duymayan Türk şirketleri, yıllar boyunca sadece iç pazara yönelik olarak üretim gerçekleştirmiş fakat 1996 yılında Gümrük Birliğine geçiş söz konusu olduğunda sıkıntı duymaya başlamışlardır. Çünkü bu geçiş o zamana kadar yurt içinde gerçekleşmiş olan rekabeti, uluslararası alana taşımıştır. Böylece bu şirketler, uluslararası şirketler ile karşı karşıya gelmek durumunda kalmışlardır. Bu geçiş aşamasından sonra; müşteri ihtiyaçlarını esas alan, kendisini sürekli olarak geliştiren, verimli ve ekonomik üretimi gerçekleştiren firmalar hayatta kalabilecekleri ortaya çıkmıştır. Bu nedenledir ki işletmelerin ayakta kalabilmeleri için temel nokta, kalitenin bir yaşam tarzı haline dönüştürülmesini sağlamaktır (Ağbuga, 2007: 10).

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL VE KALİTE KONTROL GRAFİKLERİ

Çalışmanın bu bölümünde istatistiksel kalite kontrol ve kontrol grafikleri üzerinde durulmuştur. İstatistiğin kalite kontrol ile ilgisi açıklanmış ve kontrol edilecek süreçteki değişimin nedenleri anlatılmıştır. Süreç akış şeması, pareto analizi, çetele analizi, neden-sonuç grafiği, histogram, serpilme grafiği ve kontrol grafiği olmak üzere, istatistiksel kalite kontrolde yedi temel kalite aracı olarak kabul edilen bu kavramlar anlatılmıştır. İstatistiksel kalite kontrol grafiklerinden Shewart, Cusum ve Ewma grafikleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

#### 2.1. İstatistiğin Kalite Kontrol İle İlgisi

İstatistiğin kalite kontrolünde geniş uygulama olanakları bulması, II. Dünya Savaşı'nda meydana gelmiştir. Savaş zamanında, minimum malzeme ve işçilik ile en yüksek kalite düzeyinde ve büyük miktarlarda üretimin zorunlu hale gelmesinden ötürü istatistiksel yöntemlerin kullanımı artış göstermiştir. Savaşın ortaya çıkardığı çeşitli ihtiyaçlar kalite kontrolünde kontrol grafiklerinin ve örnekleme ile yapılan kabul testlerinin geniş çapta kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Savaştan sonra gelişmeye başlayan endüstri sayesinde ve aynı doğrultuda kalite uygulamalarının devam etmesi ile kaliteye verilen önemin günümüze kadar sürmesini sağlamıştır.

İstatistiğin bir tanımı şu şekilde yapılmaktadır; önceden belirlenemeyen çeşitli faktörlerden etkilenen olaylardaki tesadüfi değişimleri incelemek amacı için bilgi toplayan ve topladığı bilgileri çözümleyerek yorumlayan bir bilim dalıdır.

Sayısal bilgilerin toplanma şekli ve yöntemi çok büyük önem arz etmektedir. Sayısal bilgilerin toplanmasından sonraki aşamaların verimliliği, duyarlılığı ve güvenilirliği için elde edilen bilgilerin kontrollü ve gerçeklere uyacak şekilde toplanmasına doğrudan bağlı olmaktadır. Hatalı veya güvenilirliği az olan bir olgudan okunan yanlış değerler sadece yapılan çalışmanın faydasını ortadan kaldırmakla kalmaz, hatalı

sonuçlara göre yürütülecek diğer faaliyetlerinde kusurlu olmasına yol açarak büyük zarara neden olmaktadır.

İstatistiksel süreç kontrol (İSK) tasarımı ve yöntemleri ilk olarak 1920'li yıllarda Dr. Walter A. Shewhart tarafından ortaya çıkarılmış ve geliştirilmiştir. 'Economic Control of the Manufactured Product' (İmal Edilen Ürün Kalitesinin Ekonomik Kontrolü) adlı Shewhart'ın 1931 yılında yayınladığı eseri; kalite kontrolde kullanılacak istatistiksel yöntemler konusunda sağlam temeller atılmasını sağlamış ve etkili yöntemler ortaya çıkarmıştır. Daha sonra, II. Dünya Savaşı sırasında istatistiksel yöntemler William Deming tarafından savaş gereçlerinin üretim kalitesini arttırmak için kullanılmıştır. İSK; sistemlerin, süreçlerin ve sonuçların sürekli olarak geliştirilmesi için veriler yoluyla öğrenmeye dayanan bir öğreti, strateji ve yöntemler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Süreçler, kendiliğinden kontrollü varyasyon (genel nedenler) göstermektedir ve kontrolsüz varyasyon (özel nedenler) her zaman mevcut olmamaktadır. İSK'de kontrol grafikleri veya Pareto çizelgeleri kullanılmaktadır. Sürekli çizelgeleme yapmanın amacı; sürecin, sapmaların ve varyasyonların nedenlerinin anlaşılmasını ve oluşan özel neden varyasyon kaynaklarının ortadan kaldırmasını sağlamaktadır. İstatistiksel süreç kontrol, gerçek zamanlı bir biçimde süreci izleyerek, potansiyel sorunları tespit etmeyi sağlar (Nicolay vd., 2011: 328).

Süreçte meydana gelebilecek iki tip değişkenlik bulunmaktadır. Bu değişkenlerden birincisi, herhangi bir süreçte doğal nedenlerle meydana gelen ve önlenemeyen değişimlerdir ve bu tip değişkenler genel (şans) nedenleri ile ilişkilendirilmektedir. Genel nedenlere örnek olarak; sıcaklık değişiklikleri, nem dalgalanmaları, elektrik dalgalanmaları, araç gereç performans bozulmaları ve hammadde değişkenlikleri gösterilmektedir. Birinci tip değişkenlik engellenemeyen şans nedenlerinin değişkenliğinin birikimli etkisidir. İkinci tip değişkenlik sürecin doğal bir özelliği olmayan özel (önlenebilir) nedenlerle ilişkilidir. Bu nedenden ötürü tespit edilip, sonrasında değişkenlik meydana getiren nedenler ortadan kaldırılabilir. özel nedenlere örnek olarak; makinelerin sıfırlanması, ölçümlerde hatalar, hesaplamalarda hatalar, takım aşınması ve operatör hatası gösterilmektedir.

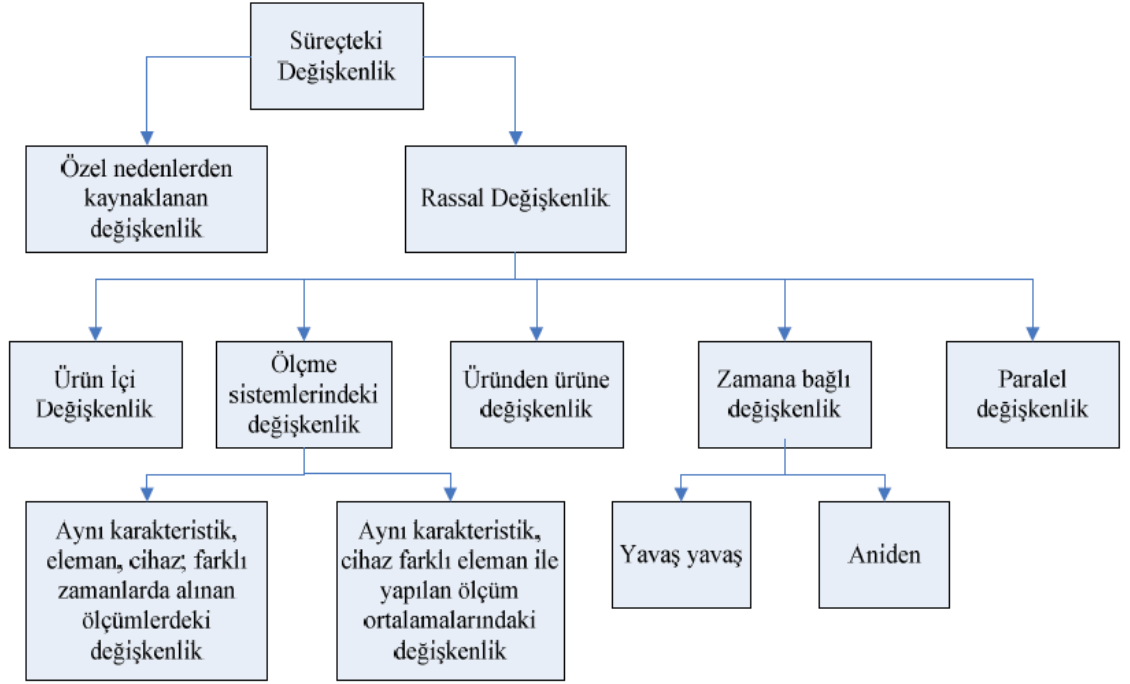
Bir sürecin kontrol altında olduğu, o süreçte özel nedenlerden kaynaklanan değişkenliğin olmadığı zaman söylenebilmektedir. Eğer süreçte özel nedenlerin değişkenliği varsa, bu durum sürecin kontrol dışı olduğunu göstermektedir (Smeti vd., 2007: 274). Üretim sürecindeki değişimin nedenleri Tablo 2.'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Üretim Sürecindeki Değişim Nedenleri.

<b>Değişimin Özel Nedenleri</b>	<b>Değişimin Genel Nedenleri</b>
Genellikle belirli olaylara bağlıdır.	Sistem veya sürecin davranışının bir parçasıdır.
Önceden tahmin edilemez.	Sürecin doğası gereğidir.
Sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olmadığı görülür.	Eğer süreçte sadece genel neden varyasyonu varsa, süreç kararlı olarak algılanır.
Değişimdeki özel nedenlerin ortadan kaldırılması, problem çözme stratejilerinin kullanılmasını zorunlu kılar.	Genel neden varyasyonunun azaltılması, süreç geliştirme stratejilerinin kullanılmasını zorunlu kılar.

Her ürünün kalitesinin ölçümünde kullanılan belirli özellikler bulunmaktadır. İlgili kalite özelliğindeki değişkenliğin azaltılması, ürünün kalitesinin geliştiğine dair bir işaret olarak gösterilmektedir. Değişkenliğin azaltılması, değişkenliğe yol açan nedenlerin doğru tespit edilmesi ve önleyici yöntemlerin zamanında alınmasıyla doğrudan ilişkilidir (Çimen, 2008: 4).





**Şekil 1.** Süreçte Değişkenliğe Yol Açan Nedenlerinin Sınıflandırılması.

İstatistiksel süreç kontrolü (İSK); ürün kalitesini ölçmek, yorumlamak ve sonunda kontrol etmek için istatistiksel teknikleri kullanan bir yöntem olarak da tanımlanabilmektedir. İSK, doğrudan problemin altındaki nedenlerin tanımlanması ve bu nedenlerin ortadan kaldırılmasına yönelik yöntemlerden oluşmaktadır. Böylece İSK'nin, esas nokta olarak hem kalitenin hem de üretimin geliştirilmesine odaklandığı görülmektedir. Shewhart'ın üretim sürecinde istatistiksel kavramları uygulaması ile kontrol grafiklerini tanıttığından bu yana İSK, ürün kalitesini kontrol etme konusunda önemli bir role sahiptir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2006).

## 2.2. İstatistiksel Kalite Kontrol

Kalite kontrolü, üretimin her aşamasında bir ürünün tüketicisini tatmin etmesi ve onun beklentilerini en iyi biçimde karşılaması amacıyla sürdürülmesi gereken kontrol işlemlerinin bütünüdür. Kalite kontrol sürecinin odağında, belirlenen kalite standartları ile üretimin planlanma aşaması boyunca, öncesi ve sonrasında standartlara ne ölçüde uyulduğunun incelenmesi ve gözlenmesi işlemleri olmaktadır.

Kalite kontrolü, yapılan işin doğru yapıp yapılmadığının belirlenebilmesi ve buna göre üretimde gerekli olan araç gereçlerin optimum düzeyde kullanılması, hatalı ürün ya da üretim varsa bunların erken tespit edilip düzeltilmesidir. Bu sayede ekonomik kayıpların önlenmesi, tüketiciye beklediği özellikte ürünler sunulabilmesi, ürünlerin ekonomik ömrünün belirlenebilmesi, piyasadaki güvenilirliğin sağlanması ve rekabetin arttırılması sağlanabilecektir. Bunların sağlanabilmesi için kalite kontrolünün doğru ve güvenilir yapılması gerekmektedir. Ürünlerde sistematik hatadan ve tesadüfi hatadan kaynaklanan bozuklukların doğru tespit edilebilmesi ve sistematik hataların en aza indirilmesi, doğru ve güvenilir kalite kontrolü yapabilmek için gereklidir. İstatistiksel kalite kontrolü iki şekilde yapılmaktadır. Birincisi; ürünün üretim aşamasında yapılan kalite kontrolü olmakta ve genelde süreç kontrolü olarak adlandırılmaktadır. İkincisi ise ürünün kabul aşamasında yapılan kalite kontrolüdür (Demir ve Mirtağoğlu, 2016: 255).

Modern kalite kontrolü döneminin başlangıcı, 1920'li yıllardan itibaren istatistiksel yöntemlerin işletmelerde kullanımı ile ortaya çıkmıştır. Bu yıllarda öncü olarak Shewart, Dodge, Roming, Pearson gibi bilim adamları istatistiksel yöntemleri, sanayide meydana gelen kalite sorunlarını çözmek için kullanarak istatistiksel kalite kontrolünün temelini atmışlardır (Ertuğrul, 2006: 180).

İstatistiksel kalite kontrolü (İKK); üretim sistemindeki süreçlerin izlenmesi, kontrol edilmesi, değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve geliştirilmesi için istatistiksel yöntemlerin kullanımı anlamına gelmektedir (Vries ve Conlin, 2005: 318).

İKK sistemler, süreçler ve çıktılarını sürekli iyileştirilmesi için bir çeşit stratejiler toplamını oluşturmaktadır. İKK yöntemi veriler aracılığıyla öğrenmeye ve varyasyon kavramını (genel ve özel değişkenlik nedenlerini) temel almaktadır. İKK stratejisi analitik çalışma, ölçüm, tahmin, veri toplama, süreç iyileştirme, önlem alma, bütünleşme, istikrar, kapasite ve tecrübe kavramlarını ele almaktadır. Shewart kontrol grafikleri gibi grafiksel metotlar, çalışma çizelgeleri, varyasyon analizleri, histogram, pareto analizi, ilişki grafiği ve akış grafiği gibi yöntemler istatistiksel kalite kontrolde kullanılmaktadır (Thor vd., 2007: 388).

İKK durağan değil dinamik bir kavramı ifade etmektedir. İKK sistemi bir defa kurulduktan sonra sürekli gelişen ve ilerleyen, mükemmel olanı hedef alan bir kavram olarak ortaya çıkmaktadır (Ertuğrul ve Özçil, 2015).

Kalite kontrol alanında istatistik araçlarının uygulanması üç seviyede yapılabilir. Bunlar şu şekildedir;

1. Bu seviyede yedi temel kalite aracı bulunmaktadır ve bunlar:

- ✓ Neden-Sonuç Grafiği
- ✓ Süreç Akış Şeması
- ✓ Pareto Analizi
- ✓ Kontrol Kartları
- ✓ Histogram
- ✓ Serpilme Grafiği
- ✓ Kontrol Grafiği

Kalite kontrolünün vazgeçilmezi olarak sayılabilecek bu araçların bir şirketin en yüksek yöneticisinden tezgâh başı çalışanına kadar süreç içerisindeki herkes tarafından kullanılması gerekmektedir. Örnek verilecek olursa; tasarım, planlama, satış gibi bölümlerde de kullanılmalıdır.

2. Bu seviye şu araçları içermektedir:

- ✓ Numune Teorisi
- ✓ Tahmin Teorisi
- ✓ Varyans Analizi
- ✓ Hipotez Testleri
- ✓ Regresyon Analizi
- ✓ Deney Tasarım Yöntemleri

Bu seviye mühendis ve uzmanların uygulama alanına girer.

3. Üçüncü seviye araçları şöyledir:

- ✓ İleri Deney Tasarım Yöntemleri
- ✓ Çoklu Varyans Analizi
- ✓ Çeşitli Yöneylem Araştırma Yöntemleri

Bu kalite seviyesi, alanında yetiştirilmiş uzmanlara yöneliktir (Akkurt, 2002: 262-263).

İstatistik kalite kontrolünde kullanılan tekniklerin en önemlisi ise İKK grafikleridir. Bu grafikler ile kısa vadede süreç hatalarının tespitini ve ortadan kaldırılmasını sağlarken uzun vadede ise süreç kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. İstatistiksel kalite kontrol teknikleri ile bir süreç incelenirken, sürece ait istenmeyen varyasyonların belirlenebilmesi için kontrol sınırlarından yararlanılmaktadır. Bu kontrol sınırları genellikle  $3\sigma$  olarak seçilmektedir. Sınırların  $3\sigma$  olarak seçilmesinin nedeni, yanlış işaretlerin ve sürecin kontrol dışına çıkmasıyla ilgili olan kayıpları en aza indirmeyi sağlamaktır (Şenol, 2012: 46).

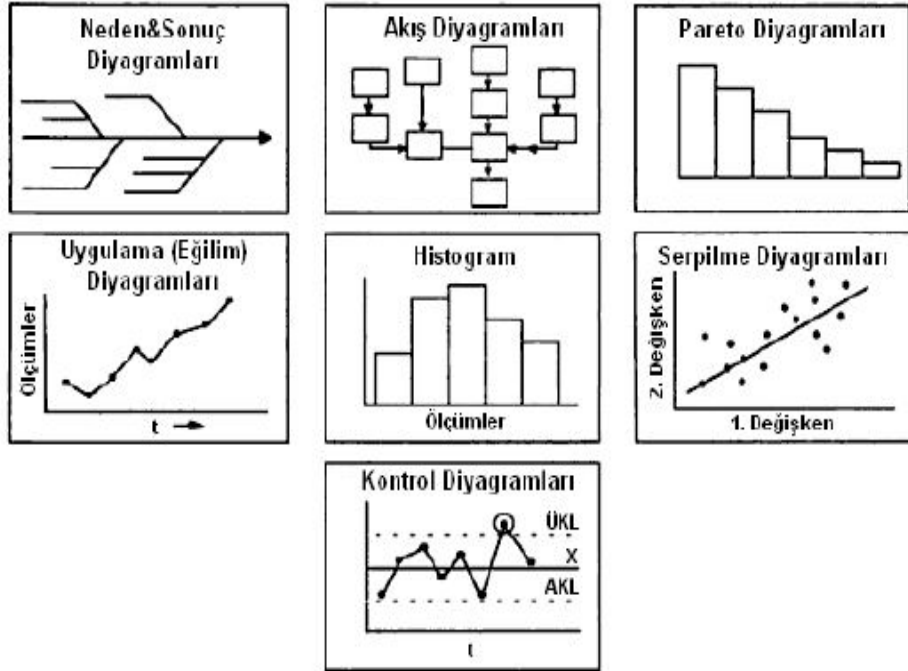
### **2.3. İstatistiksel Kalite Kontrol Araçları**

İstatistiksel kalite kontrolü ve diğer yardımcı kalite araçlarının kullanımı tüketici ihtiyaçlarını karşılama konusunda odak noktası olmaktadır. İstatistiksel kalite kontrol grafiklerindeki limitler spesifikasyon limitlerine göre farklılık göstermektedir. Belli durumlarda, süreç istatistiksel olarak kontrol altında olmasa bile ürün spesifikasyonları rahatlıkla karşılandığı için bir önlem alınmasına ihtiyaç duyulmayabilmektedir. Diğer durumlarda ise süreç istatistiksel olarak kontrolde olsa bile ürün spesifikasyonları karşılanamamış olabilmektedir (Öztürk, 2013: 364).

Ürün spesifikasyonları karşılamıyor ise ortalama değer değiştirilmeli, değişkenlik azaltılmalı, spesifikasyonlar değiştirilmeli ve ürün araştırılmalıdır. Eğer ürün spesifikasyonları karşıyor ve süreç de kontrol altında ise değişkenlik daha fazla azaltılabilir ve denetimler azaltılabilir. Ayrıca piyasada ele alınan spesifikasyon limitleri de düşürülebilmektedir. Ürünün istatistiksel olarak kontrol altında olması ve ürünün spesifikasyonlarını karşılama yetkinliğine sahip olması, süreçler için amaçlanmakta olan temel kavramlardır (Öztürk, 2013: 364).

Kalite ile ilgili günümüzde birbirinden farklı ve çok sayıda araç bulunmaktadır. Bilim adamlarının çoğu kalite kontrol araçlarını farklı alanlara göre tanımlamaya ve geliştirmeye çalışmışlardır. Kalite kontrol araçlarının genel olarak bir değişikliği gerçekleştirmek anlamına geldiği ileri sürülmektedir. Anlaşılma ve kullanma kolaylığından ötürü bu kalite kontrol araçları, oluşabilecek hatalara çözüm üretmek için yaygın bir biçimde kullanılmaktadırlar. Kalite kontrol araçlarından temel yedi kalite aracı olarak bilinen kontrol araçları şu şekildedir (Sokovic vd., 2009: 2);

- Süreç akış şeması
- Pareto analizi
- Çetele analizi
- Neden - sonuç grafiği
- Histogram
- Serpilme grafiği
- Kontrol grafiği.



Şekil 2. İKK'da Kullanılan Yedi Temel Araç.

Kalite kontrolünde bu yedi kalite aracı farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Süreç akış şeması, neden-sonuç grafiği, çetele analizi, pareto analizi, histogram ve kontrol grafikleri; problemi belirlemek için tercih edilen kalite araçlarıdır. Neden-sonuç grafiği, çetele analizi, pareto analizi, serpilme grafiği ve kontrol grafikleri; problemi analiz etmek için tercih edilen kalite araçlarıdır. Problemlere çözümler geliştirebilmek için süreç akış şeması ve serpilme grafiği faydalı sonuçlar verebilmektedir. Çetele analizi, pareto analizi, histogram, serpilme grafiği ve kontrol grafikleri; kalite kontrol tekniklerinin uygulamasının sonuçları değerlendirilirken kullanılmaktadır (Paliska vd., 2007: 80-81).

### **2.3.1. Süreç Akış Şeması**

Akış şeması ya da süreç şeması, bir sürecin görsel olarak ifade edilmesi anlamına gelmektedir. Süreç akış şeması bir süreçteki faaliyetlerin dizilişini, araç-gereç ve bilgi akışını ortaya koyar. Süreç akış şeması, bir işi yapmak için gerekli yollara ilişkin bir çizelge sunarak, sürecin içinde yer alanların o süreci daha net ve daha nesnel olarak görmelerini sağlamaktadır. Süreçte sorun çıkan noktaların belirlenmesinde süreç akış şemaları bir sorun çözme aracı olarak kontrolü yapacak birimlere yardımcı olmaktadır. Süreç akış şemaları, sürecin içinde yer alan kişiler tarafından oluşturulmakta ve bu kişilerin süreci daha iyi görüp yorumlamalarına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle süreç akış şemalarının çalışanlar, yöneticiler veya müşteriler tarafından hazırlanması işletmeye çok büyük fayda sağlamaktadır. Bu süreçte bir uzman, tartışmaların çözümlenmesine yardımcı olarak nesnelliğin sağlanmasına çalışacaktır. Uzman olan kişi tartışmaları şu soruları sorarak yönetmelidir: 'Bu noktada kararları kim vermektedir?', 'Bir sonraki aşamada ne olacaktır?', 'Bu noktada hangi işlem yerine getirilmektedir?'. Her işletme de süreçlerin farklılığından dolayı farklı süreç akış şeması çizelgeleri oluşturulmaktadır. Bütün işletme çalışanları tarafından açık ve net bir biçimde anlaşılabilmesi için süreç akış şemaları hazırlama aşaması çok fazla önem taşımaktadır (Ersoy ve Ersoy, 2011: 258).

Süreç akış şemaları işletme içerisinde kullanıldığında işletmeye faydalar sağlamaktadır (Özdemir, 2013: 40):

- Sürecin akışını, süreçte çalışan kişiler daha rahat anlar ve sürecin kontrol altında tutulması kolaylaşır,
- Süreçte geliştirmek istenilen bölümler daha net olarak tanımlanır,
- Çalışanlar kendilerini sürecin bir parçası olarak görmeye başladığı için iş sahiplenme, motivasyon, bölümler arası iletişim artar.

### **2.3.2. Pareto Analizi**

Pareto analizi, problemin temel sebeplerini önemsiz olanlardan ayırmaya yardım eden, dikey sıralı çubuklar biçiminde oluşturulan bir kalite kontrol aracıdır. Pareto analizi soruna neden olan bölümlerin en önemlileri üzerinde odaklanılmasına yardımcı olmaktadır. Bu analizle sorunların önem dereceleri belirlenmekte ve sonuç için en fazla etkisi olan sorunların çözümlenmesi üzerinde odaklanılmasını sağlanmaktadır (Öztürk, 2013: 372). Pareto analizine göre az sayıda etken, süreçteki sorunların büyük bir kısmının ya da yüzdesinin nedenini oluşturmaktadır. Bu analizde temel amaç, sorunların nedenlerinin önem derecesine göre sıralanmasıdır. Böylelikle daha az önem taşıyan nedenlerin bir kenara bırakılarak sorun üzerinde en büyük etkisi bulunan ve en önemli nedenlerin ortadan kaldırılması sağlanmaktadır (Ersoy ve Ersoy, 2011: 265).

Sorunların nedenleri genel olarak Pareto ilkesine uymaktadır. Sonuçların yaklaşık %80'inin, sebeplerin %20'sine bağlı olarak oluştuğunu savunan bu ilke, 80'e 20 kuralı olarak da bilinmektedir. Daha nicel bir anlatım yapılacak olur ise; makinelerin, hammaddelerin ve operatörlerin %20'si, sorunların %80'ine neden olmaktadır. Başka bir örnek şu şekildedir; halkın %20'sinin, mali varlığın %80'ini kontrol ettiği tespit edilmiştir. Bir başka örnek şöyledir; bir üretim sürecinde olası nedenlerin %20'si, ortaya çıkan hurda veya işçilik maliyetlerinin %80'ini meydana getirmektedir (Bostan, 2010: 33).

### **2.3.3. Çetele Analizi**

Çetele analizi, üretimden alınan verilere dayanan ve üretimin eğilimini veya ölçüm değerlerinin dağılımını görmek için bir başlama noktası olarak tanımlanmaktadır. Çetele analizi, üretim sırasında ortaya çıkan durumların hangi sıklıkta olduğunu kolayca görebilmek için kullanılan, kullanım ve anlaşılma kolaylığı bulunan bir çizelgeleme şeklidir (Başaran, 2010: 19). Toplanan verilerin ve gözlemlerin kaydedilmesinde kolaylık sağlayan çetele analizi aynı zamanda öğrenmesi, yorumlaması ve düzenlemesi de oldukça basit olan ve yaygın bir şekilde kullanılan kalite aracıdır (Küçük, 2012: 155).

Çetele analizlerindeki amaç, herhangi bir konuda denetim yapma ve test verilerinin kaydedilmesidir. Çeşitli kayıt formları işletmelerde veri toplamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Verilerin gerçekleri temsil edecekleri doğrulandıktan sonra kayıt formlarının hazırlanması; verilerin kayıt işlemlerini, özetlenmesini ve analizini en kolay şekilde sağlayacak yöntemin bulunması için yarar sağlamaktadır.

Çetele analizi; hangi verilerin, ne zaman, nereden ve kim tarafından hangi amaçlar için toplanacağını göstermektedir. Bu analiz aynı zamanda toplanan verilere hangi özel standart ve önlemlerin uygulanacağını göstermektedir. Bir işletmede kalite kontrol analizlerinin; üretim süreci dağılım kontrolleri, hatalı veri kontrolleri, hatalı parça kontrolleri, hata nedenlerinin kontrolü ve doğrulama kontrolü gibi çeşitli işlevleri bulunmaktadır (Akın, 1996: 34).

### **2.3.4. Neden Sonuç (Balık Kılçığı) Grafiği**

Sorunların nedenlerinin belirlenmesi özel bir sorunun çözülebilmesi için öncelikle yapılması gereken işlemdir. Oluşabilecek sorunların nedenleri açık ya da açıklanması zor olabilmektedir. Çoğu kalite sorunları karmaşık nedenlerin sonucunda oluşmaktadır. Süreçteki sorun bir kez tanımlandığı zaman, düzeltici çalışmalar yapılmadan önce var olan nedenler belirlenmelidir. Neden ve sonuç araştırması veya grafiği bütün olası nedenleri tanımlamak için kullanılabilen kontrol tekniklerinden birisidir. Neden sonuç grafiği, süreçteki sorunlar ve çeşitli nedenler arasındaki ilişkiyi göstermek için de kullanılmaktadır (Öztürk, 2013: 376).



Neden–sonuç grafikleri diğerkalite araçlarına benzer bir şekilde takım çalışmalarının gelişmesine yardımcı olmaktadır. Neden-sonuç grafiğı; veri toplanması, verilerin sınıflandırılması, verileri geniş bir bakış açısıyla değerlendirilebilmesi konusunda yönlendirici bir grafiktir. Bu grafiğın etkin bir yönetim tekniğı olarak kullanılabilmesi için neden–sonuç ilişkisinin doğru bir şekilde kurulması gerekmektedir (Gümüşoğlu, 2000: 143).

### **2.3.5. Histogram**

Genel olarak, bir olayın meydana gelme sıklığını gösteren ve belirli zaman aralıklarında tanımlanan hataların daha sık olup olmadığını hesaplayan ve ortaya çıkan dağılımanın şeklini var olan bir dağılım ile karşılaştırma amacı ile kullanılan kalite kontrolü aracına histogram adı verilmektedir. Histogram süreçteki yalnız bir özelliğı ölçme imkanı vermektedir. Zaman içerisinde birden çok ama aynı özelliğı ait histogram yapılarak süreç takip edilmektedir (Başkan, 1997: 40).

Tekrarlanan bütün olaylarda bir değişkenlik bulunmaktadır. Değişkenliğin olmamasının imkânsızlığından dolayı herhangi bir örnekteki iki ölçüm tamamen birbiri ile aynı olamamaktadır (Bostan, 2010: 30). Örnek olarak aynı süreçte üretilmiş bir ürünün özelliklerinin hepsine ayrıntılı olarak bakıldığında, % 100 birbirine uyumlu olmadığı çok küçük de olsa farklılıklar meydana geldiğı görülmüştür. Bu sayede histogram; özellikleri aralıklı bir şekilde sınıflandırmayı sağlayarak, düzeltme ve geliştirme kararlarına yardımcı olmaktadır.

Histogramlar bir ürün veya hizmetin kalite düzeyini artırmak için birçok amaçla kullanılmaktadır. Histogram oluşturulduktan sonra üzerine spesifikasyon sınırları çizilerek gerçekleşen dağılımanın spesifikasyon sınırlarına göre durum kontrol edilir. Histogramlar arasında farklılıkların oluşması hemen bu durumun nedenlerinin araştırılması gerektiğinin işaretini vermektedir. Müşteri tutarlılık beklemektedir ve bu nedenle histogramlar birbirine benzer olmak zorundadır. Bir işletmede histogram çizelgesi, sürekli bir etkinlik olmalıdır. Süreç değişmedikçe birbirini izleyen histogramlar arasında fark çok az olmalıdır (Özkaya, 2013: 63).

### 2.3.6. Serpilme Grafiği

Serpilme grafiği, iyileştirmeyi hedef alan ya da kaliteyi etkileyen iki özellik arasında, ilişki olup olmadığının belirlenmesi temeline dayanmaktadır. Serpilme grafiği, hatayı yarattığı düşünülen etkenin, gerçek neden olup olmadığının ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır. Bu grafiğe göre, veriler arasındaki artma ve azalmaları değerleri birbirini etkiliyor ise bu iki veri arasında ‘ilişki (korelasyon) vardır’ ifadesi kullanılmaktadır (Burnak, 1997: 30).

Serpilme veya dağılım grafiği, iki bileşik veri kümesi arasında korelasyonun belirlenmesi, ortaya çıkarılması ve var olduğu sanılan ilişkileri onaylamak amacı ile kullanılmaktadır (Küçük, 2012: 156).

Kaliteye yönelik sorunların çözümü için, önce neden-sonuç grafikleri ile en olası bulunan nedenler belirlemeli, sonrasında ise serpilme grafiği ile spesifik iki veya daha fazla neden arasındaki ilişkinin boyutunun belirlenmesi ile gerçekleştirilmektedir (ztrk, 2013: 379). Kısa bir anlatımla; neden-sonuç grafiği ve serpilme grafiğinin birlikte kullanılması sonucu kalite sorunlarının çözümü gerçekleşecektir.

Genellikle sayısal verilere uygulanmakta olan bu grafikte, veriler arasındaki ilişki  $r$  ile gösterilen bir korelasyon katsayısı ile verilmektedir. Bu katsayının değer  $-1$  ile  $1$  arasında olabilmektedir.  $r$  pozitif ( $r > 0$ ) olması koşulunda pozitif korelasyon olduğu, yani bir değerin büyümesi ile diğer değerin de büyüdüğü sonucuna ulaşılmaktadır.  $r$  negatif ( $r < 0$ ) olması koşulunda negatif korelasyon olduğu, yani bir değerin büyümesi ile diğer değerin azaldığı sonucuna varılmaktadır.  $r=0$  ise veriler arasındda bir ilişkinin olmadığı;  $r=1$  ise tam bir pozitif ilişkinin olduğu;  $r=-1$  ise tam bir negatif ilişkinin olduğu ortaya çıkmaktadır.

### 2.3.7. Kontrol Grafiği

Üretim sürecinde belirli ve eşit zaman aralıkları ile alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman etkisi içinde gösterdikleri değerimlerin kayıt altına alındığı grafikler, kontrol grafiği olarak adlandırılmaktadır. Kalite kontrol grafikleri, nicel ve

nitel kontrol grafikleri olarak uygulama alanı itibariyle veri türü bakımından ikiye ayrılmaktadır.

Üretilen ürünlerin ölçülen kalitesi her zaman şans nedenleri ile belli bir oranda değişimin etkisi altında kalmaktadır. Bir kısım kararlı şans nedenleri üretimin ya da denetlemenin herhangi bir aşamasında bulunmaktadır. Bu kararlı şans nedenleri etkisiyle süreçte değişkenlik kaçınılmaz olmaktadır. Kararlı şans nedenleri dışında oluşan değişkenlikler saptanarak düzeltilebilmektedir. Kontrol grafiklerinin gücü, süreçte meydana gelen ve kaliteyi etkileyen belirlenebilir (özel) nedenleri ayıklayabilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu sayede birçok sorunun tanımı ve düzeltilmesi mümkün olmaktadır. Sadece şans nedenleri etkisiyle değişkenliğin gözlemlendiği bir süreç istatistiksel kontrol altında olarak tanımlanmaktadır. Belirlenebilir nedenlerin varlığı altında çalışan bir süreç ise kontrol dışında kalmaktadır. Kontrol grafikleri, bu rassal ve özel nedenleri ayıklayabilme özelliği ile gereksiz önlemlerin alınmasını engel olmaktadır (Yılmaz, 2009: 13). Kalite kontrolün görevi, çıktı kalitesinin o anki durumunu göstererek kalite amaçlarından sapmaları önceden haber vermektedir (Gümüšoğlu, 2000: 113).

İstatistiksel kalite kontrol araçları ürün kalitesini geliştirmek ve süreçleri izlemek için endüstride yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Kontrol grafiği türleri, süreç içerisindeki değişkenlikleri izlemek ve ürünlerin kalitesini düşüren kontrol dışı durumları tespit etmek için geliştirilmiştir (Noorossana and Vaghefi, 2006: 191).

Düzenli bir akış içindeki üretim kapsamında kontrol grafikleri belirli aralıklarla önemli bir kalite parametresini ölçmeyi sağlar ve her zaman birkaç parça ölçümü ile ortalama değer grafiğini ve her alt grubun aralığını bir çift aralık içinde çizmeyi içermektedir.

## **2.4. İstatistiksel Kalite Kontrol Grafikleri**

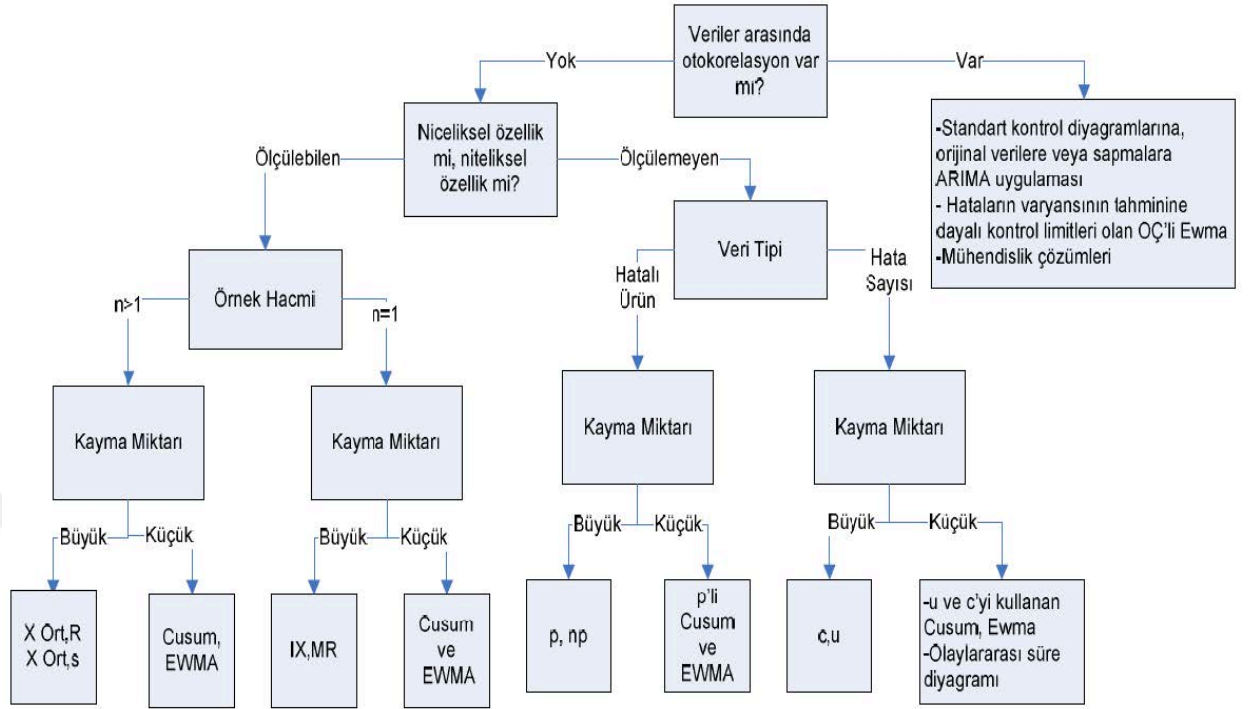
Üretimde kalite kontrol denildiği zaman, üretici işletmenin uyguladığı kontrol araçları akla gelmektedir. Ürünler, alıcı firmalara gönderilmeden önce kontrol işleminden geçirilmektedir. Bu kontrol işlemi için uygulamada genel olarak kalite kontrol grafikleri kullanılmaktadır. Kalite kontrol grafikleri, belirli bir ürün grubunun

önceden belirlenen kalite sınırları çerçevesinde göstermiş olduğu değişim durumunun ölçülmesi amacıyla oluşturulan grafiklerdir. Bu grafikler ortaya çıkan değişikliklerin en yüksek ve en düşük sınırlarını belirlemede yardımcı olmaktadır. Kalite değişikliklerinin her zaman bu sınırlar içinde kalması sağlanarak bazı nedenler ile ortaya çıkan değişiklikler ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır.

Kontrol grafiklerinin yaygın olarak kullanılmasının en az 5 nedeni vardır (Montgomery, 2009: 189):

- 1) Kontrol grafiği, üretkenliği arttırmada kanıtlanmış bir tekniktir. Başarılı bir kontrol grafiği, herhangi bir süreçteki yeniden işleme ve hurda miktarı gibi başlıca üretkenlik azaltıcı etkenleri azaltmaktadır. Hurda ve yeniden işleme miktarı azalması verimlilik artışı, maliyet azalması ve üretim kapasitesinin artmasına yol açmaktadır.
- 2) Kontrol grafikleri, hatanın önlenmesinde etkili bir kalite aracıdır. Bu grafikler süreci kontrol altında tutarak ve 'ilk seferde doğru yap' felsefesine uygunluk göstermektedirler.
- 3) Kontrol grafikleri, özel nedenlerden kaynaklanan değişkenlik ile genel nedenlerden kaynaklanan değişkenlik arasındaki farkı ayırt edebilmesinden ötürü süreçte gereksiz önlem alınmasının önüne geçmektedirler.
- 4) Kontrol grafiği tanısal bilgi sağlamaktadır. Sağladığı bu bilgi, operatöre veya mühendise süreç etkinliğini iyileştirecek bir uygulama yapma olanağı sunmaktadır.
- 5) Kontrol grafiği, önemli süreç parametreleri ve bunların zaman içindeki kararlılıkları hakkında bilgi vermektedir. Bu sayede, süreç yeterliliği hakkında tahmin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Bir kalite karakteristiğinin incelenmesinde kalite kontrol grafiği seçimini gösteren karar ağacı Şekil 3'te gösterilmektedir (Yılmaz, 2012: 12).



**Şekil 3. Süreç Kontrol Grafiği Seçme Yöntemi.**

Kalite kontrol grafiği oluşturma işlemleri sırası ile şu şekildedir (Özçil, 2014: 71):

- Kontrolü edilecek süreci belirleme,
- Ölçülecek özellikleri belirleme,
- Süreçten örnekler alma,
- Kontrol grafiğinin tespit etme ve uygulama,
- Grafikleri yorumlama.

Eğer kontrol edilecek olan özellik uzunluk, ağırlık, zaman gibi ölçülebilir bir özellik ise kontrol grafiğine, 'ölçülebilir özellikler için kontrol grafiği' denir. Kontrol grafiklerinin İKK sisteminde üç belirgin kullanımı vardır (Bostan, 2010: 32-38):

- Bir problem çözümü yöntemi olan Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol (TÖAİK) projesinin ilk ölçüm faaliyetlerinde, takımların, sorunların ya da kontrol dışında kalan durumların tiplerini ve sıklıklarını belirlemelerine yardımcı olmaktadır.
- Bir süreç çözümü ya da değişkenliğinin (iyileştirme ya da kontrol aşamalarında) denenmesi ya da uygulanmasında, değişkenliğin ve

performansın nasıl etkilendiğini göstererek hatta başka araştırma alanları da sunarak sonuçların izlenmesine yardımcı olmaktadır.

- Kontrol grafiği sürekli olan bir alarm sistemi gibi hareket etmekte ve inceleyen kişiyi süreçteki beklenmedik etkinlikler hakkında uyarmaktadır.

Kalite kontrol grafiği türlerinden günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan bazı kontrol grafikleri şu şekildedir (Russo vd., 2012: 36);

- Shewart Kalite Kontrol Grafiği
- MCusum Kalite Kontrol Grafiği (Multiple CuSum)
- Cusum Kalite Kontrol Grafiği (Cumulative Sum)
- Ewma Kalite Kontrol Grafiği (Exponentially Weighted Moving Average).

#### **2.4.1. Shewart Kalite Kontrol Grafikleri**

1930'lu yıllarda Walter Shewhart tarafından oluşturulan Shewhart kalite kontrol grafikleri, üretimin her basamağında değişimlerin olduğunu ileri sürmektedir. Shewart, değişikliklerin yapı ve nedenlerinin; örnek alma ve olasılık analizleri gibi bazı basit istatistiksel yöntemlerin kullanılması ile anlaşılacağını ortaya çıkarmıştır.

Shewhart'ın kontrol yöntemleri, bir sürece ne zaman müdahale edilmesi gerektiğinin belirlenmesini ve böylece işlem süreci kontrol altına alabilmeyi göstermiştir. İşlevlerin yerine getirilmesi sırasında oluşabilecek tesadüfi sınırları tanımlamayı başaran Shewhart, yalnızca bu sınırlar aşıldığı takdirde sisteme müdahale edilmesi gerektiğini ileri sürmüştür.

İstatistiksel kalite kontrolün önemli araçlarından biri Shewart kalite kontrol grafikleridir. Bu grafikler hem süreçlerin hassasiyetini ölçmek için hem de endüstriyel süreçlerde özel nedenlerin oluşumunu belirlemek için fayda sağlamaktır (Montgomery, 2009: 259).

Bir Shewhart kalite kontrol grafiği merkez ya da orta çizgi olarak adlandırılan çizginin altında ve üstünde belirli bir aralıkta hesaplanmış olan bir alt ve bir üst

kontrol sınırından oluşan gözlemlerin gösterildiği bir zaman sıralı grafik görüntüsüdür.

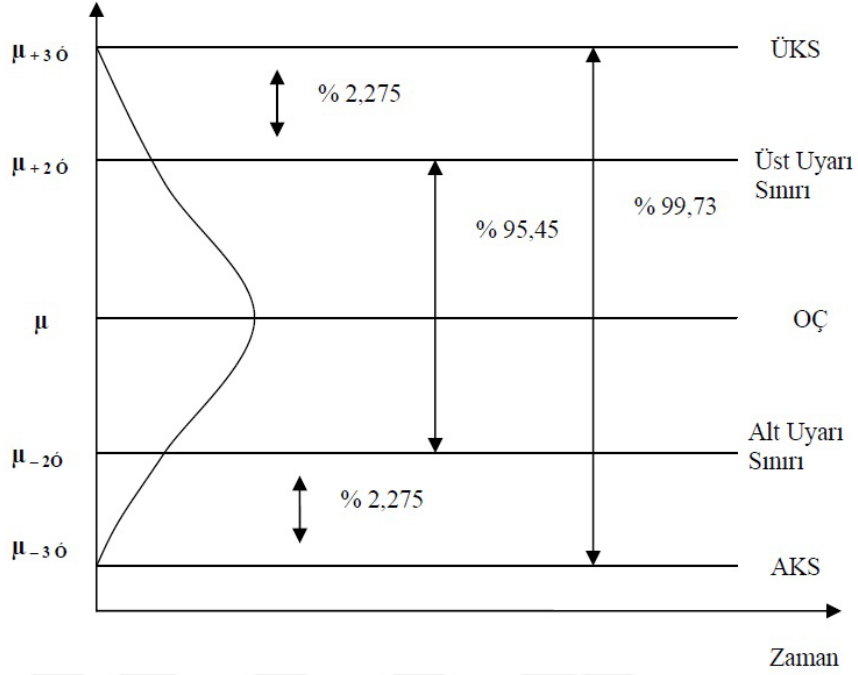
Kontrol sınırları istatistiksel güven aralığını oluşturmaktadır. İncelenecek olan kalite özelliğine ait ölçüm değerlerinin örnek istatistiği  $w$  iken, bu örnek istatistiğin ortalaması  $\mu$  ve standart sapması  $\sigma$  ise bu durumda orta çizgi ve kontrol sınırları ana hatlarıyla şu şekilde hesaplanır;

$$\text{Üst Kontrol Sınırı: ÜKS} = \mu + k \cdot Q \quad (1)$$

$$\text{Orta Çizgi: OÇ} = \mu \quad (2)$$

$$\text{Alt Kontrol Sınırı: AKS} = \mu - k \cdot Q \quad (3)$$

Buradaki  $k$ , orta çizgiden kontrol sınırlarına olan mesafeyi belirlemede kullanılan bir katsayı değerini ifade etmektedir.  $k=2$  ise kontrol sınırları orta çizgiden  $2\sigma$  uzakta,  $k=3$  ise,  $3\sigma$  uzakta olmaktadır. Uygulamada kontrol sınırları için  $k=3$ , uyarma sınırları için  $k=2$  alınmaktadır. Bundan ötürü, normal olarak noktaların % 99,73'ünün kontrol sınırları arasında, % 95,45'inin ise uyarma sınırları arasında olması gerekmektedir. Örnek olarak, 100 örnek alınmış ise neredeyse 100 noktanın da kontrol sınırları içinde olması ve hemen hemen 5 noktanın uyarma ve kontrol sınırları arasına düşmesi beklenmektedir. Bu dağılım yüzdeleri şekil 4'te gösterilmiştir (Kartal, 2002: 42).



Şekil 4. Noktaların Dağılıma Yüzdeleri.

Shewhart kalite kontrol grafiği ile hem örnek ortalaması dağılımını hem de standart sapma veya değişim aralığına ait dağılımları izlemektedir. Ortalama ( $\bar{x}$ ) kalite kontrol grafikleri; örnek ortalamalarının istenilen ortalamaya ya da genel ortalamaya göre nasıl karşılaştırılma yapıldığını göstermektedir. Değişim aralığı ( $R$ ) kalite kontrol grafikleri; örnek içindeki tekli gözlemlerin farklılığını belirlemektedir. Standart sapma ( $S$ ) kalite kontrol grafikleri; örnek standart sapmalarının ortalamaları ile ilişkili olduğundan dolayı bu grafikleri alt örnek dağılımlarının değişimini etkilemektedir. Süreçte örnek ortalamaları aynı olsa da standart sapmalar veya değişim aralıkları büyük olursa süreç kontrol dışı olabilmektedir. Shewhart kontrol grafiklerinde  $\bar{x}$ - $R$  veya  $\bar{x}$ - $S$  kontrol grafikleri kullanılmaktadır (Burrill ve Ledolter, 1999: 84).

#### 2.4.1.1. $\bar{x} - R$ Kalite Kontrol Grafikleri

Bir üretim sürecinde örnek hacimleri 1'den büyük 10'dan küçük olduğu ve otokorelasyonun olmadığı durumlarda  $\bar{x}$  grafiği ile birlikte  $R$  grafiği



kullanılmaktadır.  $\bar{x}$ - $R$  grafikleri istatistiksel kontrol konumu ve süreçte meydana gelebilecek kaymanın büyüklüğünü belirlemek için kullanılmaktadır. Bu grafiklerin tasarımında üretimden gelen tüm ürünlerin kontrolü yerine maliyeti en aza indirmek için, belirli bir üretim miktarına ulaşıldıktan sonra belirli zaman aralıklarında belirli bir miktar örnek alınmasına göre yapılmaktadır. Üretimin kontrol durumunu koruyabilmesi için; örnek ortalamasının kabul edilir bir düzeyde bulunması ve değişimin de uygun bir aralıkta olması gerekmektedir.

Her biri  $n$  tane gözlem içeren  $m$  tane örneğin ortalamaları  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$  olduğu düşünülürse, sürecin genel ortalaması,

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m}{m} \quad (4)$$

eşitliği ile hesaplanır ve bu değer  $\bar{x}$  grafiğinin orta çizgisini oluşturmaktadır.

Değişim aralığı,

$$R = R_{max} - R_{min} \quad (5)$$

eşitliği ile ve  $m$  adet örneğin değişim aralığı  $R_1, R_2, \dots, R_m$  ile gösterilirse, ortalama değişim aralığı,

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{R_1, R_2, \dots, R_m}{m} \quad (6)$$

eşitliği ile hesaplanır. Ortalama değişim aralığı kullanılarak  $\sigma$ 'nın tahmin değeri ise,

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (7)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$\mu$ 'nün ve  $\sigma$ 'nın yerine tahmin edicileri kullanılarak,  $\bar{x}$  kalite kontrol grafiğinin kontrol sınırları;

$$\text{Üst Kontrol Sınırı (ÜKS)} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (8)$$

$$\text{Orta Çizgi (OÇ)} = \bar{\bar{x}} \quad (9)$$

$$\text{Alt Kontrol Sınırı (AKS)} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad (10)$$

şeklinde düzenlenmektedir.  $A_2, \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$  şeklinde örnek hacmine göre değişen bir sabittir.

$R$  grafiği için kontrol sınırlarının belirlenmesinde değişim aralığı standart sapması  $\sigma_R = d_3\sigma$  eşitliği ile hesaplanmaktadır. Buna göre  $3\sigma$  sınırlarıyla ifade edilen bir  $R$  grafiklerinin kontrol sınırları aşağıdaki şekilde olduğu gibi düzenlenmektedir:

$$\dot{ÜKS} = \bar{R} D_4 \quad (11)$$

$$OÇ = \bar{R} \quad (12)$$

$$AKS = \bar{R} D_3 \quad (13)$$

Örnek hacimlerine bağlı olarak değişen  $D_3$  ve  $D_4$ 'ün sırasıyla aldığı değerler  $1 - 3\frac{d_3}{d_2}$  ve  $1 + 3\frac{d_3}{d_2}$  eşitlikleri ile hesaplanmaktadır. Ayrıca  $d_2$  değeri oransal (yüzde) değişim aralığı dağılımının ortalamasını ve  $d_3$  değeri de oransal değişim aralığı dağılımının standart sapmasını göstermektedir (Demir ve Mirtağoğlu, 2016: 255-256).

#### 2.4.1.2. $\bar{x}$ - $S$ Kalite Kontrol Grafikleri

$\bar{x}$  ve  $R$  kalite kontrol grafikleri yaygın olarak kullanılan kontrol grafikleridir. Ancak,  $n \geq 10$  olduğu durumda değişim aralığının etkinliği ve güvenilirliğinin azalmasından ötürü  $R$  kontrol grafiği yerine  $S$  kontrol grafiği kullanılmaktadır.  $S$  kontrol grafiği,  $n < 10$  olduğu durumda da oluşturulabilir ama hesaplama kolaylığı bakımından  $R$  kontrol grafiği tercih edilmektedir.

Her biri  $n$  adet gözlemden oluşan  $m$  adet örneğin standart sapması  $S_1, S_2, \dots, S_m$  şeklinde gösterilirse  $m$  adet standart sapmanın ortalaması,

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_m}{m} \quad (14)$$

eşitliği ile ve örnek standart sapmaları ise,

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i + \bar{x})^2}{n-1}} \quad (15)$$

eşitliği ile elde edilmektedir.

Buna göre  $S$  grafiğinin kontrol sınırları şu şekildedir;

$$\dot{ÜKS} = B_4 \bar{S} \quad (16)$$

$$OÇ = \bar{S} \quad (17)$$

$$AKS = B_3 \bar{S} \quad (18)$$

$B_3$  ve  $B_4$  katsayıları örnek hacimlerine göre değişim göstermektedir ve

$$B_3 = 1 - \frac{3}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2} \quad (19)$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2} \quad (20)$$

eşitlikleri ile hesaplanmaktadır. Örnek hacimlerine göre değer alan  $C_4$  özellikler örnek hacmi 25'ten büyük olduğu zaman  $4(n-1)/(4n-3)$  eşitliği ile hesaplanmaktadır. Ayrıca  $\bar{x}$  grafiğinin kontrol sınırları ise şu şekilde hesaplanır;

$$\dot{ÜKS} = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{S} \quad (21)$$

$$OÇ = \bar{\bar{x}} \quad (22)$$

$$AKS = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{S} \quad (23)$$

$A_3$ 'ün alacağı değer  $\frac{3}{C_4 \sqrt{n}}$  eşitliği ile hesaplanmaktadır (Demir ve Mirtağoğlu, 2016: 256-257).

Shewhart kalite kontrol grafikleri, sürecin kontrol altında olup olmadığını belirlemede önemli bir yere sahiptir. Eğer süreç kontrol altında değil ise, Shewhart grafikleri hatalara neden olan özel nedenlerin belirlenmesini sağlamaktadır. Bununla beraber Shewhart grafikleri, grafik üzerinde işaretlenmiş son noktanın değerlendirmesini yapmaktadır ve sürecin tüm yapısını yansıtmamaktadırlar. Bu

grafikler, süreçteki yaklaşık  $1,5\sigma$  ve altındaki değişimlere karşı duyarsızlık göstermektedirler. Bu sorunu ortadan kaldırmak için süreçteki küçük değişimlerin kontrolü yapılacağı zaman kümülatif toplam (Cusum) ve üstel ağırlıklandırılmış hareketli ortalama (Ewma) kalite kontrol grafikleri kullanılmaktadır (Yılmaz, 2012: 29).

#### **2.4.2. CUSUM (Kümülatif Toplam) Kalite Kontrol Grafikleri**

Cusum (Cumulative Sum) kontrol grafiği, esas olarak zaman üzerinden yapılan ardışık işlemler serisinin sonucu ortaya çıkan değişkenin grafiksel görüntüsüdür. Cusum veya Türkçe karşılığı ile kümülatif toplam tekniği ilk defa 1954 yılında Page tarafından ortaya koyulmuştur. Bu grafik, üretilen elverişsiz ürünlerin oranı ile ilgili niteliğini ortaya çıkarmak için tasarlanmıştır. Süreç performansının kabul edilebilir bir seviyesinde, Cusum eğrisi tesadüfi olarak yatay çizginin üstünde veya üzerinde yer almaktadır. Bununla birlikte Cusum eğrisi yukarı doğru eğim gösterdiği zaman performansın kabul edilemez bir seviyede olduğu ortaya çıkmaktadır. Böylece ortaya çıkan Cusum kalite kontrol grafiği elverişsiz üretim seviyesini belirlemeye imkan sağlamaktadır (Oktay vd., 2001: 363).

Cusum kontrol aracı için orijinal teori Page'ye aittir. Page, bir üretim sürecinden çıkan kusurlu ve kusursuz ürünleri belirlemiş ve kusurlu ürün oranını kontrol altında tutmak için Cusum kontrol değerlerini kullanmayı ortaya çıkarmıştır. Barnard da bu konuda birçok yeniliğin öncüsü olmuştur. Barnard, 1959 yılında sürecin durumunu izlemek amacı ile görsel bir yöntem olarak V maskesini geliştirmiştir. Cusum grafikleri süreçteki küçük değişim ve eğilimleri belirlemek için kullanılan en etkili kalite araçlarından biridir. (Oakland, 2003: 240). Barnard ile aynı zamanda birçok araştırmacı Page'nin oluşturduğu yöntemi geliştirmek için önemli çalışmalar ve yenilikler ortaya çıkarmışlardır. Cusum kontrol yöntemlerini temelde sayısal değerlere dayandırmayı amaç edinmişlerdir (Oktay ve Özçomak, 2001: 361).

Hedef değerden sapmaların mümkün olduğu kadar çabuk tespit edilmesi ve gerekli düzeltmelerin yapılması süreç için büyük önem arz etmektedir. Cusum yöntemleri süreç ortalamasındaki küçük değişimleri kısa bir sürede belirlemeyi sağlamaktadır.

Cusum yöntemleri 1954 yılından bu yana birçok araştırmada kullanılmaya imkân bulmuştur. Bu yöntemlerin endüstriyel kalite kontrolünün ihtiyaçlarına bağlı bir biçimde zaman içerisinde geliştiği görülmüştür. Düzenli aralıklarla ölçümlerin yapıldığı ve bu ölçümlerin önceden belirlenen değerlerle karşılaştırıldığı süreçlerde Cusum kalite kontrol yöntemi kolaylık ile kullanılabilir. Cusum yöntemlerinin kullanım amaçları şu şekilde sıralanabilmektedir (Oktay ve Özçomak, 2001: 362):

- Sürecin düzeltilmesi konusunda bilgi sağlamak için süreç ortalamasında meydana gelen küçük kaymaları tespit etmek,
- Süreç ortalamasındaki kaymanın hangi örnek ile başladığını tespit etmek,
- Güvenilir bir şekilde geçerli süreç ortalamasını tahmin etmek,
- Gelecekteki süreç ortalaması üzerine kısa dönemli tahmin yapmak.

Cusum kalite kontrol grafikleri, Shewhart kalite kontrol grafiklerinin örneklem ortalamalarındaki küçük ancak sürekli kaymalara karşı duyarsızlığı nedeniyle, bu grafiklere alternatif olarak geliştirilmiştir (Özçil, 2014: 74).

Shewhart kalite kontrol grafiklerinin mevcut gözlemlere dayanmasından dolayı süreç gözlemindeki küçük kaymaları tespit etmek için zayıf olduğu ortaya çıkmıştır. Cusum kalite kontrol grafiği, geçmiş ve mevcut gözlemlere dayanmasından dolayı süreçteki küçük kaymalara karşı daha hassas olduğu görülmüştür.

#### **2.4.2.1. Cusum Kalite Kontrol Grafiği Çizimi**

Cusum kalite kontrol grafiği örneklem değerlerinin hedef değerden matematiksel sapmaların kümülatif toplamını ( $C_i$ ) grafik üzerine işaretleyerek örneklemdeki verilerin bütün bilgisini dikkate almaktadır. Ayrıca, Cusum kalite kontrol grafiklerinin, küçük süreç kaymalarını belirlemek için birkaç örneklemdeki bilgiyi birleştirmeleri nedeniyle Shewhart kalite kontrol grafiklerinden daha üstün olduğu görülmüştür. Bu üstünlük özellikle,  $n=1$  örneklem hacminde çok daha etkilidir. Bu durum, Cusum kalite kontrol grafiklerinin bilgisayarlarla kontrol edilen ürünlerde, her parçanın otomatik olarak ölçüldüğü ürünlerde ve kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanımına neden olmuştur. Bununla birlikte, süreç ortalamasından  $0,5\sigma$  gibi

küçük bir kayma yerine daha büyük bir kayma ( $1,5\sigma$  veya  $2\sigma$ ) olması durumunda, Shewart kalite kontrol grafiklerinin daha etkili olacağı göz ardı edilmemelidir (Işığışok, 2012: 292).

Cusum kalite kontrol grafiği, gözlemlerin bir hedef değerden sapmalarının kümülatif toplamlarını göstermektedir. Başka bir ifade ile kümülatif toplam değeri şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$C_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \mu_0) \quad (24)$$

Alt örnek  $i$  olmak üzere kümülatif toplam parametreleri şu şekildedir;

$C_i$ :  $j$  inci gözlemden  $i$  inci gözleme kadar olan sapmaların kümülatif toplamı

$\bar{x}_j$ :  $j$  inci gözlemin ortalaması

$\mu_0$ : hedef değer veya süreç ortalaması

Süreç ortalaması  $\mu_0$ , hedef değerinde kaldığı sürece, kümülatif toplamı  $C_i$ , yaklaşık olarak sıfır olacaktır. Süreç hedef ortalamasının dışına çıkarsa, o zaman  $C_i$ , mutlak değerce artacaktır (Oktay ve Özçomak, 2001: 364).

#### 2.4.2.2. Karar Aralıkları Yöntemi

İki taraflı Cusum kalite kontrol grafiğinin tablo biçimi iki istatistik içerir.  $C_i^+$  ve  $C_i^-$ .  $C_i^+$ , hedef ortalamasının üzerindeki sapmaların kümülatif toplamını temsil eder ve tek taraflı üst Cusum olarak adlandırılır.  $C_i^-$ , hedef ortalamasının altındaki sapmaların kümülatif toplamıdır ve daha düşük seviyedeki Cusum olarak adlandırılır.  $C_i^+$  ve  $C_i^-$ , şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$C_i^+ = \max[0, x_i - (\mu_0 + K) + C_0^+] \quad (25)$$

$$C_i^- = \min[0, x_i - (\mu_0 - K) + C_0^-] \quad (26)$$

Burada  $x_i$ ,  $i$  inci gözlemi ifade etmektedir.  $C_i^+$  ve  $C_i^-$ , başlangıçta  $C_0^+$  ve  $C_0^-$  ile ayarlanır.  $K$  sabiti bir referans değerdir ve şu şekilde hesaplanmaktadır;

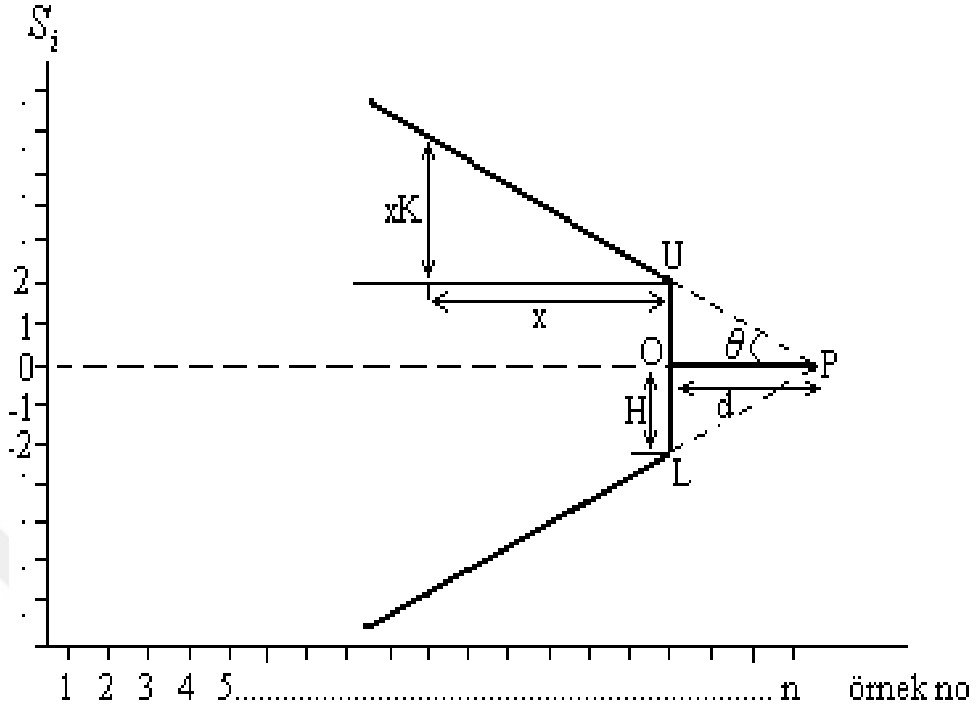
$$K = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{2} \quad (27)$$

Burada  $\mu_0$  hedef ortalama ve  $\mu_1$  kontrol dışı ortalama anlamına gelmektedir.  $\mu_1$  bilinmiyor ise,  $K = k\sigma$  olarak hesaplanır  $\sigma$ , sürecin standart sapması ve  $k$  belirli bir kaymanın tespit edilmesi için seçilen bir sabittir. Örnek olarak, hedeften  $1.5\sigma$  standart sapmalı bir kayma olduğunu varsayılmış olsun. Böylelikle,  $\mu_0$ 'dan  $\mu_0 - 1.5\sigma$  veya  $\mu_0 + 1.5\sigma$  bir kayma tespit etmek istenmektedir. Bu örnekte,  $K = 1.5\sigma$ . Süreç standart sapması bilinmiyor ise bu referans değeri alınan verilerden tahmin etmek gerekmektedir.

$C_i^+$  ve  $C_i^-$  değerleri her bir numune için iki taraflı bir Cusum kalite kontrol grafiği üzerine çizilmiştir. Eğer her iki değer de belirtilmiş bir karar aralığının ( $-H$ ,  $H$ ) dışındaysa, sürecin kontrol dışında olduğu söylenebilmektedir.  $H$ , dikkatli bir değerlendirmeden sonra seçilmelidir.  $H$  için birçok olası değer vardır, ancak genel olarak  $H = 5\sigma$  kullanılır (Borror, 2009: 512-513).

### 2.4.2.3. V Maskesi Yöntemi

Şekil 5'te tipik bir  $V$  maskesi gösterilmiştir (Demir vd., 2016: 257).  $\theta$  açısı ve  $d$  uzunluğunun bilinmesi durumunda  $V$  maskesi oluşturulabilmektedir. Şekildeki son  $S_i$  değerinin bulunduğu noktadan yatay eksene paralel  $d$  uzunluğunda bir çizgi çizilmektedir. Çizginin  $P$  noktası Cusum kalite kontrol grafiği kontrol sınırlarının yani  $V$  maskesi kollarının birleştiği noktayı oluşturur.  $P$  noktasından önceki noktalarının hepsinin  $V$  maskesi kolları arasına düşmesi durumunda sürecin kontrol altında olduğu yönünde yorum yapılabilir. Ancak herhangi bir noktanın  $V$  maskesi kolları dışında kalması durumunda ise sürecin kontrol dışında olduğu yönünde yorum yapılabilir.



Şekil 5. Standart Bir V-Maskesi Şekli.

$\bar{x}_i$ 'nin standart sapması  $\sigma_{\bar{x}}$  ile gösterilmektedir.  $\alpha$  ve  $\beta$ 'nin da kabul edilir bir seviyede tutulması gerekliliğinden dolayı V maskesi parametreleri şu eşitlikler ile hesaplanmaktadır;

$$d = \left(\frac{2}{\delta^2}\right) \ln\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right) \quad (28)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) \quad (29)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \quad (30)$$

Eğer  $\beta$  değeri ihmal edilecek kadar küçük ise, (28) no'lu eşitlik

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} \quad (31)$$

şeklinde yeniden düzenlenebilmektedir.

Eldeki bilgiler ile hesaplamalar şu şekilde olabilir

$$\tan \theta = \frac{\Delta}{2A} = \frac{\delta \sigma_{\bar{x}}}{2(2\sigma_{\bar{x}})} = \frac{\delta}{4} \quad (32)$$



ya da  $K$  değerinin örnek aralık başına  $V$  maskesi kollarının eğimini vermesi ve  $A$ 'nın Cusum ölçeğinde bir örnek aralığına eşit olması nedeniyle şeklinde de yazılabilmektedir:

$$\tan\theta = \frac{K}{A} = \frac{k\sigma_{\bar{x}}}{2\sigma_{\bar{x}}} = \frac{k}{2} \quad (33)$$

Eşitlik (32) ve (33) birbirine eşitlendiğinde,

$$\frac{k}{2} = \frac{\delta}{4} \Rightarrow k = \frac{\delta}{2} \quad (34)$$

eşitliği oluşturulabilir ya da,

$$K = k\sigma_{\bar{x}} = \frac{\delta}{2}\sigma_{\bar{x}} = \frac{\Delta}{2} \quad (35)$$

eşitliği elde edilebilmektedir. Bunlara ek olarak eşitlik şu biçimde de yazılabilmektedir:

$$\tan\theta = \frac{H}{A.d} = \frac{h\sigma_{\bar{x}}}{(2\sigma_{\bar{x}})d} = \frac{h}{2d} \quad (36)$$

Yukarıda eşitliklerde kullanılan değerler şu şekildedir;

$\alpha$ : Süreç ortalamasında bir kayma yok iken bir kaymanın olduğuna karar verme ihtimalini

$\beta$ : Gerçekte kayma var iken bunu tespit edememe ihtimalini

$\Delta$ : Süreç ortalamasında meydana gelen kayma miktarını

$A$ : Bir ölçek faktörü olmakta ve bu değer yatay eksen üzerindeki 1 birimlik uzunluğa dikey eksen üzerinde karşılık gelen değeri ( $A$  faktörü,  $\sigma_{\bar{x}}$  ile  $2\sigma_{\bar{x}}$  arasında değişir ve bu değer  $2\sigma_{\bar{x}}$  olarak alınması tercih edilmektedir).

$\delta$ : Araştırılmasına karar verilen süreç seviyesindeki en küçük kayma miktarını ( $\Delta = \delta\sigma_{\bar{x}}$ )

$\sigma_{\bar{x}}$ : Örnek ortalamaları için standart hatayı ( $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ )

$H$ : Karar aralığını, OU veya OL uzunluğunu

$h$ : Kendisiyle örnek istatistiğinin çarpılması durumunda karar aralığını veren değeri  
( $H = h \sigma_{\bar{x}}$ )

$K$ :  $V$  maskesi kollarının eğimini

$k$ : Kendisiyle örnek istatistiğinin çarpımı sonucunda  $V$  maskesi kolları eğimini veren değeri ( $K = k \sigma_{\bar{x}}$ )

$d$ : OP uzunluğunun değerini

$\theta$ : Orta çizgi ile kol arasındaki açığı ifade etmektedir (Demir ve Mirtagioğlu, 2016: 258).

#### **2.4.2.4. Cusum Kalite Kontrol Grafiklerinin Avantajları**

- ✓ CUSUM kalite kontrol grafikleri, süreç ortalamasındaki küçük kaymaları ( $0.5\sigma$  ile  $2\sigma$  arasında) belirleme konusunda, Shewhart kalite kontrol grafiklerinden daha etkili bir kalite aracıdır. Cusum kalite kontrol grafikleri, örneklerin geçmiş bilgilerini de kullanmaktadır. Bundan ötürü, Cusum kontrol grafiklerinde süreçteki küçük bir kaymanın etkisi daha net bir şekilde görüntülenmektedir.
- ✓ Örneklem büyüklüğü  $n=1$  olduğu durumlarda (parçalardan her birinin bilgisayar tarafından otomatik şekilde ölçüldüğü) Cusum kalite kontrol grafikleri, süreç ortalamasındaki kaymaları belirlemek için Shewhart kalite kontrol grafiğine göre daha uygun bulunmaktadır. Küçük değişikliklerin büyütülmüş etkisinden dolayı, çizilen Cusum grafiğinin eğiminin değiştiği noktayı bularak süreç kaymaları kolayca tespit edilmektedir (Mitra, 2016: 332).

#### **2.4.2.5. Cusum Kalite Kontrol Grafiklerinin Dezavantajları**

- ✓ Cusum kalite kontrol grafikleri araştırmada tekrar tekrar kullanılacak ise her bir grafik için aynı tip ölçek ve  $V$  maskesinin kullanılması gerekecektir. Cusum kontrol grafiklerindeki  $V$  maskesi, standart kontrol grafiğindeki

kontrol sınırları gibi süreç değişkenliğini gözle görmeyi sağlamaktadır. V maskesinin ölçeği kolaylıkla anlaşılmadığından, sabit orana sahip dikey bir ölçeğin (örnek standart hatasının katları şeklinde) kullanılması tavsiye edilmektedir.

- ✓ Birkaç kalite kontrol grafiği için aynı V maskesi kullanılacak ise örnek standart hatası ölçek olarak kullanılabilir. Genel olarak örnek standart hatası yuvarlak bir sayı olmamaktadır. Bu nedenle uygun olmayan bir ölçek kullanmak, bütün örnek parametrelerini standart hataya bölmek veya her bir kontrol grafiği için yuvarlatılmış bir ölçek ve farklı V maskesi kullanmak gerekebilir. Genellikle yuvarlatılmış ölçek kullanma yolunu seçmeyen araştırmacılar, ölçerek veya hesaplayarak elde ettikleri sonuçları grafik üzerinde işaretlemeyi tercih etmektedirler.
- ✓ Pratik kullanım bakımından az değişken ortalama hareket süresi karakteristiklerini kabul etmek, birçok sayıda V maskesinin kullanımından daha kolaydır. Bu karakteristikler örnek standart hatasının güvenilir bir şekilde tahmin edilmesine bağlıdır ve bu tahminler çoğu zaman güvenilir olmayabilmektedir.
- ✓ Cusum kalite kontrol grafiği doğrudan müdahale edici kontrol grafiği olarak kullanılıyor ise süreç ortalamasında bir değişme olduğunda, yeni süreç ortalamasının değeri tahmin edilip süreci hedef değere getirmek için gerekli düzenleme yapılmaktadır. Eğer grafik, dolaylı müdahale kontrol grafiği olarak kullanılıyor ise süreç yeni ortalama değerinde faaliyetine devam edebilmekte ve orijinal V maskesi kullanılarak, hedef değer yeni süreç ortalamasına göre ayarlanmaktadır. Her defasında yeni bir hedef değer belirlemede şans ve zorluk unsurları bulunduğu için grafiğin görsel avantajlarını yok olmakla karşılaşmaktadır.
- ✓ Bir işletmede Cusum kalite kontrol grafiğinin kullanımının çalışanlara öğretilmesi Shewhart kalite kontrol grafiğine göre daha fazla maliyet gerektirmektedir.
- ✓ Cusum kalite kontrol grafiklerinin önemli bir eksiği; süreç çıktı değerlerinin periyodik dalgalanmalar göstermesi durumunda süreç hakkında net karar verme konusunda yetersiz olmasıdır (Oktay ve Özçomak, 2001: 364-365).

### **2.4.3. EWMA (Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama) Kalite Kontrol Grafikleri**

Hareketli ortalama grafiği, hareketli ortalamamın kronolojik bir çizimidir. Hareketli ortalama hesaplanırken en eski bireysel ölçüm düşünölmekte ve en yeni bireysel ölçüm eklenerek ortalama değeri güncelleştirilmektedir. Böylece yeni bir ortalama her bireysel ölçümle hesaplanır. Bu grafiklerin geliştirilmiş hali ise Ewma (üstel ağırlıklı hareketli ortalama) kalite kontrol grafikleridir. Bu grafiklerde gözlemler en yeni veriye en yüksek ağırlık değeri verilerek ağırlıklandırılmaktadır. Hareketli ortalamaların üstel ağırlıklı olarak kullanılması nedeni ile Ewma kontrol grafiğin hareketli ortalama grafiğinden üstün olduğu gibi Cusum kalite kontrol grafiğine de eşdeğer olduğu söylenmektedir. Bu her iki kalite kontrol grafiği küçük kaymaların ortaya çıkarılmasına, eğilimlerin netliğe kavuşmasına ve tek bir parçayı üretmek için uzun zaman alan süreçteki verilerin kullanışlı olmasına etki etmektedir (Öztürk, 2013: 351).

EWMA kalite kontrol grafiği, S. W. Roberts (1959) tarafından geliştirilmiş ve o zaman “geometrik hareketli ortalama” (GMA) grafiği olarak adlandırılmıştır. Roberts’ın GMA grafiği yaklaşımı, yeni gözlemlere eskilere oranla daha fazla ağırlık verilmesi, her gözlemin bir ağırlıkla temsil edilmesi ve ağırlıkların üstel olarak azalmasına dayanmaktadır. Çalışmada ileri sürölen GMA grafiği ile Shewhart kontrol grafikleri ve sıradan bir hareketli ortalama grafiği karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak GMA grafiğinin süreç ortalamasındaki küçük değışimlere karşı daha hassas olduğu gözlenmiştir.

Daha sonraki yıllarda, GMA grafiğine ‘EWMA’ adı verilmiş ve yapısında birtakım değışiklikler gerçekleştirilmiştir. Geliştirildikten sonraki yıllarda, kalite kontrolünde sıkça kullanılmaya başlanan EWMA kalite kontrol grafiğinin; finansal ve yönetim sistemlerinde, kimyasal endüstrilerde, büyük hacimli numuneler almanın pratik olmadığı genellikle tekli gözlemlerle çalışmanın daha uygun olduğu durumlarda tercih edildiği ortaya çıkmıştır (Özel, 2010: 64).

EWMA kalite kontrol grafiği süreçteki küçük kaymaları tespit etmede Shewhart kalite kontrol grafiğine iyi bir alternatif kalite aracıdır. Ewma kalite kontrol

grafiğinin işlevselliği Cusum kalite kontrol grafiğiyle yaklaşık olarak eşdeğer sayılmaktadır hatta kurma ve çalıştırma gibi bazı durumlar açısından Ewma kalite kontrol grafikleri çok daha kolaydır. Cusum grafiklerinde olduğu gibi genel olarak Ewma grafikleri de tekli gözlemlerde kullanılmaktadır (Montgomery, 2009: 419).

Ewma kalite kontrol grafiği sadece geçerli alt örnekte değil tüm önceki alt örneklerdeki bilgiyi birleştirmektedir (Spiegel ve Stephens, 2011: 490). Ewma kalite kontrol grafiği, tüm geçmişin ve mevcut gözlemin ağırlıklandırılmış ortalaması olarak düşünülebilmektedir. Bundan dolayı normallik varsayımına karşı duyarsızdır ve alt örnek hacminin bire eşit olduğu durumlar için de ideal görülmektedir (Yılmaz, 2012: 45).

Ewma kalite kontrol grafiğinin uygun sonuçlar vermesi için kullanılan verilerin sürekli olması gerekmektedir. Ewma kalite kontrol grafikleri, süreç kontrolünün dışında zaman serilerinin analizinde ve tahminlerde de sıklıkla kullanılmaktadır. Araştırılan kalite karakteristiğinin dağılımı normal ise Ewma kalite kontrol grafiği uygun sonuçlar vermektedir. Zaman dilimi başına tek bir gözlem yapılması ve bu gözlemlerin normal dağılım göstermesi halinde bu grafik süreçten ideal sonuçlar elde etmeyi sağlamaktadır (Montgomery, 2009: 420).

#### **2.4.3.1. EWMA Kalite Kontrol Grafiği Değerinin Hesaplanması**

Zamanla eskiyen gözlemlere gittikçe azalan ağırlıklar veren Ewma kalite kontrol grafiği, verileri ortalayan bir istatistiktir. Ağırlık faktörü seçimi nedeni ile esnek bir yapıya sahiptir ve bu faktör, eski ve yeni gözlemler arasında bir denge kurmak için kullanılmaktadır (Özel, 2010: 71).

Örneklem hacmi  $n$ , örneklem ortalamaları  $\bar{X}_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, t, \dots, k$ ) ve  $\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_1^k \bar{x}_j}{k}$  olmak üzere  $t$  döneminin üstel ağırlıklı hareketli ortalaması eşitlik 37'de gösterildiği gibi yapılmaktadır.

Ewma kalite kontrol grafiğinin tahmin değerini hesaplamada;

$t$  : Zamanı,

$x_t$  :  $t$  zamandaki gözlem değerini,

$z_t$  :  $t$  zamandaki tahmini EWMA değerini,

$\lambda$  : En son gözleme verilecek ağırlık değerini ifade etmektedir.

$t$  ve  $t-1$  zamanlarında Ewma'nın tahmini değeri şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$z_t = \lambda \bar{x}_t + (1 - \lambda)z_{t-1} \quad (37)$$

$$z_{t-1} = \lambda \bar{x}_{t-1} + (1 - \lambda)z_{t-2} \quad (38)$$

$\lambda$  sabiti Ewma istatistiğinin gücünü göstermekte ve bu değer sıfır ile bir arasında değişmektedir. Ayrıca  $\lambda=0.2$  değeri en küçük hata kareler toplamını vermektedir.

$t=1$  zamanında Ewma'nın tahmin değeri  $z_0 = \bar{x}$  olarak alınmaktadır. Ewma kalite kontrol grafiğindeki ilk değer orta çizgi üzerinde bulunmaktadır. Ewma grafiğinde örnek hacmi 1 olduğundan gözlemlerden her biri örnek ortalaması gibi işlem görmekte ve böylelikle  $\bar{x}_i = x_i$  olmaktadır. (37) no'lu eşitlikteki değer (38) no'lu eşitlikte yerine yazılır ise şu eşitlik olmaktadır,

$$z_t = \lambda \bar{x}_t + \lambda(1 - \lambda)\bar{x}_{t-1} + (1 - \lambda)^2 z_{t-2} \quad (39)$$

Bu da  $z_t$  değerinin Ewma kalite kontrol grafiğinde daha önce alınan bütün örnek ortalamalarının ağırlıklı ortalaması olduğunu göstermektedir. Bu eşitlik daha genel bir ifade ile  $z_{t-j}$  ve  $j=1,2,\dots,t$  olmak üzere tekrar düzenlenirse şu şekilde olmaktadır:

$$z_t = \lambda \sum_{j=1}^{t-1} (1 - \lambda)^j \bar{x}_{t-j} + (1 - \lambda)^t z_0 \quad (40)$$

Varyansı  $\frac{\sigma^2}{n}$  olan  $\bar{x}_t$  tesadüfi değişken olarak alınırsa,  $z_t$ 'nin varyansı şöyledir;

$$\sigma_{z_t}^2 = \frac{\sigma^2}{n} \left( \frac{\lambda}{2-\lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2t}] \quad (41)$$

Bu eşitlikte her iki tarafın karekökü alınırsa  $z_t$ 'nin standart sapması hesaplanmış olmaktadır. Ancak Ewma kalite kontrol grafiğinin kontrol sınırlarını hesaplamada kullanılan standart sapma değerleri belli bir  $t$  değerine kadar artar daha sonra sabit kalır.  $t$  değeri yeterli büyüklüğe (10'a) ulaştığı zaman eşitlik daha kolay bir şekilde şöyle olmaktadır;

$$\sigma_{z_t} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \quad (42)$$

Genel bir ifade ile Ewma kalite kontrol grafiğinin kontrol sınırları,

$$\dot{ÜKS} = \bar{\bar{x}} + 3\sigma_{z_t} \quad (43)$$

$$OÇ = \bar{\bar{x}} \quad (44)$$

$$AKS = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{z_t} \quad (45)$$

Bu şekilde hesaplanmaktadır (Demir ve Mirtağoğlu,2016: 259).

#### 2.4.3.2. $\lambda$ ve L parametrelerinin seçimi

$\lambda$ , Ewma kalite kontrol grafiğinin geçmiş derinliğine karar veren bir ağırlık faktörü olmak üzere,  $0 < \lambda \leq 1$  arasında herhangi bir değer alan sabit bir parametredir.  $\lambda$  parametresi, ağırlıkların ne ölçüde azalacağını ve bu sayede önceki verilerin Ewma istatistiğinin hesaplanmasına ne oranda katılacağını kararının verilmesinde önem arz etmektedir. Örnek ortalamasının eskimesiyle,  $\lambda (1 - \lambda)^j$  ağırlıkları, geometrik olarak azalmaktadır.

Bir örnekle verilecek olur ise  $\lambda=0.2$  olduğunda, mevcut örneğe verilen ağırlık 0.2'dir. Önceki ortalamalara verilen ağırlıklar ise,  $0.20(1-0.20)=0.16$ ,  $0.20(1-0.20)^2=0.128$ ,  $0.20(1-0.20)^3=0.1024$ , ..... şeklinde devam etmektedir (Özel, 2010: 74).

L ve  $\lambda$ , parametrelerini belirlemek için ARL (ortalama çalışma süresi) tablolarından yararlanmak mümkün olmaktadır. Ewma kalite kontrol grafiklerinin ARL özelliği ile ilgili olarak Crowder (1987) ve Lucas&Saccucci (1990) tarafından yayınlanan makaleler gibi birçok teorik araştırma bulunmaktadır. Bu araştırmalar L ve  $\lambda$  parametreleri için ARL tablolarını ortaya çıkarmıştır. Süreç kaymalarının

büyükliğini belirleyecek en uygun model arzu edilen kontrol içi ve kontrol dışı ARL ile öngörülebilir model olacaktır. Süreç için modelin belirlenmesinden sonra, ARL performansını sağlayacak olan  $L$  ve  $\lambda$  parametreleri seçilerek Ewma kalite kontrol grafikleri oluşturulmaktadır (Doğruel, 2010).

$\lambda$  ağırlık faktörünün doğru seçimi sayesinde Ewma kalite kontrol grafiği süreçteki kaymalara karşı daha duyarlı hale gelmektedir.  $\lambda$  faktörü, 0'dan büyük değerler almak şartıyla maksimum 1 değerini alabilmektedir.  $\lambda$ 'nın 1 değerini alması sadece son ölçümün Ewma istatistiğini desteklediğini göstermektedir. Bundan ötürü,  $\lambda$ 'nın 1 gibi büyük bir değeri önceki verilere daha az ağırlık verilirken son verilere daha çok ağırlık verildiğini göstermektedir. Bu koşulda Ewma kalite kontrol grafiği, sadece son gözlemi dikkate alan Shewhart kalite kontrol grafiğine benzer özellik göstermektedir.  $\lambda$  parametresinin 0'a yakın değerler alması, önceki verilere daha çok ağırlık verildiği anlamına gelmektedir. Bu durumda ise Ewma kalite kontrol grafiği, verilere eşit ağırlıklar veren Cusum kalite kontrol grafiğine benzer özellik göstermektedir.

$\lambda$  ağırlık faktörünün alması gereken değerler konusunda ileri sürülen görüşler ARL değerlerini temel almaktadır. Süreçteki söz konusu kayma miktarı karşısında, Ewma kalite kontrol grafiğini duyarlı hale getirecek bir ağırlık faktörü ve  $L$  parametresi kombinasyonu seçilmek istenmektedir. Bu doğrultuda, seçilecek  $\lambda$ - $L$  kombinasyonları, kontrol altı ARL değerini olası yanlış alarm sinyallerine karşı mümkün olduğunca büyültmeli, kontrol dışı ARL değerlerini ise kaymalar karşısındaki hassasiyeti artırmak için olabildiğince küçültmelidir.

Hunter (1986), mevcut ve önceki gözlemlere verilen ağırlıkları Western Electric kuralları doğrultusunda Shewhart kalite kontrol grafiğinin gözlemlere verdiği ağırlıklara yakın kılacak bir  $\lambda$  faktörü seçimini ileri sürmüş ve değeri 0,4 olarak belirlemiştir. Lucas ve Saccucci (1990), optimal parametre kombinasyonlarını arzu edilen kontrol altı ARL değerleri için oluşturmuşlardır.



**Tablo 3.** Optimal Ewma Kalite Kontrol Parametreleri.

Kayma Miktarı		Kontrol Altı ARL Değerleri			
		100	500	1000	2000
0.5	$\lambda$	.07-.06	.05	.04	.04-.03
	$L$	2.015-1.954	2.616	2.817	3.069-3.283
	$ARL_{min}$	17.3	28.7	34.3	40.1
1.0	$\lambda$	.19-.16	.15-.12	.13-.10	.12-.10
	$L$	2.346-2.298	2.907-2.858	3.113-3.059	3.317-3.283
	$ARL_{min}$	6.97	10.2	11.7	13.2
2.0	$\lambda$	.52-.47	.37-.39	.35-.31	.32-.28
	$L$	2.538-.526	3.047-3.044	3.113-3.059	3.445-3.433
	$ARL_{min}$	2.62	3.51	3.90	4.29
3.0	$\lambda$	.81-.77	.70-.66	.66-.59	.61-.53
	$L$	2.572-2.569	3.086-3.084	3.286-3.283	3.477-3.473
	$ARL_{min}$	1.45	1.86	2.06	2.26
0.5	$\lambda$	1.00-.85	.95-.82	.91-.80	.91-.75
	$L$	2.546-2.573	3.090-3.089	3.290-3.289	3.480-3.480
	$ARL_{min}$	1.08	1.21	1.29	1.39

Tablo 3.'te EWMA grafiği için optimal parametreler gösterilmektedir. Belirli bir kontrol altı ARL değeri ve süreç kayma miktarı için, parametre kombinasyonu minimum kontrol dışı ARL değerini vermektedir. Tabloya bakılarak, sabit bir kontrol altı ARL değeri (100, 300, 500 vb.) için, süreçteki kayma miktarı arttığında  $\lambda$  değerinin de arttığı görülmektedir (Özel, 2010: 75).

Montgomery (1996) tarafından,  $\lambda$ 'nın  $0.05 \leq \lambda \leq 0.25$  değerleri arasında iyi sonuçlar verdiğini ileri sürülmektedir. Kullanım kolaylığı açısından  $\lambda=0.05$ ,  $\lambda=0.10$  ve  $\lambda=0.20$  en çok tercih edilen değerler olmaktadır.  $\lambda$ 'nın küçük değerleri, küçük süreç kaymalarında etki etmektedir. Ayrıca  $L=3$  değeri,  $\lambda$ 'nın büyük değerleriyle kombine edildiğinde iyi sonuçlara ulaşılmaktadır.  $\lambda \leq 0.10$  gibi küçük değerler alındığında,

kontrol limitleri parametresi L değerini,  $2.6 \leq L \leq 2.8$  bu aralıkta sınırlandırmak yararlı olmaktadır (Özel, 2010: 75-76).

### 2.4.3.3. EWMA Kalite Kontrol Grafiğinin Tasarımı

Ewma kalite kontrol grafiği tasarlanırken, süreç kaymalarını kolaylıkla belirleyebilen hassasiyette bir grafik elde etmek amaçlanmaktadır. Bu durumda, grafiğin ARL (ortalama çalışma uzunluğu) performansını etkileyecek bir parametre kombinasyonuna ( $\lambda$ -L) ihtiyaç duyulmaktadır.

ARL değerinin belirlenmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Robinson ve Ho (1978), ARL değerine karar vermek amacıyla sayısal bir yöntem oluşturmuş ve bu sayede süreç ortalamasındaki kaymaları ve farklı değerlerdeki ağırlık faktörü  $\lambda$ 'yı eşleştiren tablolar oluşturmuştur. Crowder (1987), ARL değerlerini hesaplamak için integral denklemler içeren sayısal bir yöntem geliştirmiştir.

**Tablo 4.** Ewma Kalite Kontrol Grafiği için ARL Değerleri.

Kayma Miktarı	L =	3.054	3.023	2.998	2.962	2.814	2.615
	$\lambda =$	0.4	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
0.00		500	500	500	500	500	500
0.25		224	189	170	150	106	84.1
0.50		71.2	55.4	48.2	41.8	31.3	28.8
0.75		28.4	22.5	20.1	18.2	15.9	16.4
1.00		14.3	12.0	11.1	10.5	10.3	11.4
1.50		5.88	5.53	5.46	5.50	6.09	7.12
2.00		3.52	3.54	3.61	3.74	4.36	5.23
2.50		2.54	2.65	2.74	2.88	3.44	4.17
3.00		2.02	2.16	2.76	2.38	2.87	3.50

Lucas ve Saccucci (1990) Ewma kalite kontrol grafiğini oluşturmak için, öncelikle istenilen ARL düzeyinin ve süreçte saptanması gereken kayma düzeyinin belirlenmesi gerektiğini ortaya atmışlardır. Daha sonra, saptanması gereken kayma miktarı için oluşturdukları optimal Ewma parametreleri tablosundan, minimum ARL değerini verecek Ewma parametrelerinin seçimini önermişlerdir. Son aşama olarak da Ewma kalite kontrol grafiği için geri kalan ARL değerlerinin hesaplanmasını ve kaymalar karşısında yeterli düzeyde koruma durumunun olup olmadığına yönelik bir karar verilmesini ileri sürmüşlerdir. Son aşamada karar verilmiş Ewma parametrelerinin bir kısmı için Tablo 4.'te kontrol dışı ARL değerlerini içeren tablo gösterilmiştir (Özel,2010: 79).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. UYGULAMA

Kalite anlayışının değişim süreci ilk bölümde anlatılmıştır. İkinci bölümde ise istatistiğin kalite kontrol ile ilişkisi ve kalite kontrol grafiklerinden bahsedilmiştir. Bu bölümde değişken nicelikler için uygulanabilecek olan kalite araçlarından,  $\bar{x}$ -S, Cusum ve Ewma kalite kontrol grafikleri oluşturulacak ve analiz edilecektir. Bu amaçla Çanakkale ilinde faaliyet gösteren Kale Seramik A.Ş.'den en çok üretilen ürünlerine ait kalite geliştirmeye yönelik toplanan veriler elde edilmiştir. Uygulama aşamasında geçmeden önce Kale Seramik grubu hakkında bilgiler verilmiş ve seramik karo üretim sürecinden bahsedilmiştir. Sonra üç farklı kalite kontrol grafiği ile üretim sürecinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu üç farklı kalite kontrol grafiği değerlendirmeleri ile üretim sürecine en uygun olacak kalite kontrol grafiği türünün belirlenmesi amaç edinilmiştir.

#### 3.1. Seramik Karo

Seramik en basit tarifi ile çok yüksek sıcaklıkta pişirilmiş toprak anlamına gelmektedir. Seramiğin tarihi, uygarlık tarihi kadar eskiye dayanmaktadır. İlk seramiğin Milattan önce 6000 yılında Anadolu'da üretildiği bilinmektedir. Çatalhöyük'teki kazılarda elde edilen seramik parçaları, aradan geçen 8000 yıl boyunca bozulmadan günümüze ulaşmıştır. Binlerce asır bozulmadan günümüze gelen seramikler üzerindeki yazı, resim ve semboller sayesinde, geçmiş uygarlıkların yaşam tarzları ve kültürleri hakkında bilgi edinmek mümkün olmaktadır. Bugün ise seramik, binaların iç ve dış yüzeylerinin, zeminlerinin kaplanmasında kullanılan önemli bir dekorasyon ürünü olarak kullanılmaktadır. Seramik, doğadan elde edilen kil, kaolen, kuvars ve feldspat maddelerinin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilmektedir.

Seramik karo, seramik malzemelerden çeşitli boyutlarda levhalar halinde üretilen, zemin ve duvar kaplama malzemesidir. Karo, uzunluğu ve genişliği kalınlığından açıkça fazla olan düz yüzeyli parça şeklinde tanımlanmaktadır. Karolar yüzey

ölçümü 90 cm'den az mozaiklerden kenarı 1 metre uzunluğundaki karolara kadar çeşitli ebatlarda üretilir. Karo kalınlıkları küçük duvar kaplama karoları için 5 mm'den, büyük karolar için 20-25 mm'e kadar değişir. Seramik karoların tarihi 7. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Ortaya çıkışı Doğu ülkelerine dayanan karoların daha sonra Avrupa'ya yayıldığı tespit edilmiştir. Seramik karoların fayans adını almasının sebebi İtalya'nın bu ürünleriyle ünlü Fianze kenti olmuştur.

Seramik karo ya da diğer adıyla fayans mekan döşemelerinde en çok tercih edilen malzemelerdendir. Özellikle de ıslak zeminler için ideal bir yapıya sahiptir. Renkli ve ışıltılı görüntüleriyle seramik karoların kullanım alanları son yıllarda hızla artmıştır. Artık sadece ıslak zeminlerde değil binaların hemen hemen her tarafında kullanılmaktadır. Bunun nedeni görünümleri kadar sağlamlıkları ve kolay temizlenmeleridir. Kullanım alanı arttıkça üretimi de hızlanmıştır. Seramik karo üretiminde teknolojinin tüm nimetlerinden yararlanılmaktadır.

### **3.2. Seramik Karoların Üretim Süreci**

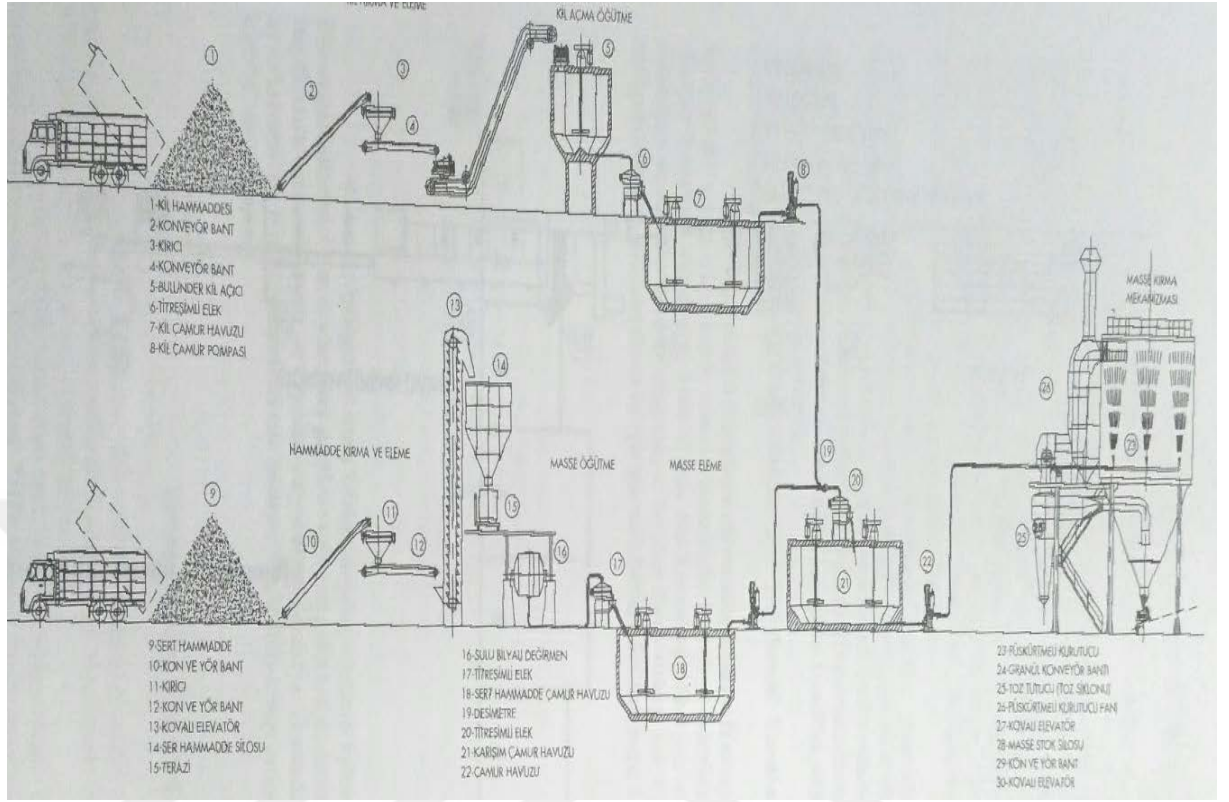
Seramik karoların üretiminde toprak ürünler kullanılmaktadır. Hammaddeler fabrikalarda depolanmakta ve ilk olarak dev tanklara taşınmaktadır. Bilgisayar tarafından belirlenen üretim için gerekli hammadde miktarı taşıyıcı bantlara aktarılır. Taşıyıcı bant hattının sonundaki değirmende ilk olarak büyük parçalar halindeki hammaddeler parçalanır. Değirmenin ikinci bölümünün görevi ise öğütmedir. Değirmene su dağılımı sağlandığı için çıkan ürün çamurlaşır. İstenenden iri olan parçalar elekten geçirilerek tekrar işlenmek üzere değirmene gönderilmektedir. İkinci elek sistemi havuz şeklindedir ve burada hammaddeler istenen ölçüde bir araya getirilir. Bu işlemler sonucu seramik karo için ilk adım tamamlanmış olur. İyice karışan çamur önce dinlendirme tanklarına alınır ve ardından kurutma işlemi yapılır. Kurutma işlemi için huni biçimli dev kurutucular kullanılır. Sprey kurutma diye adlandırılan bu sistemde çamur püskürtülmektedir. 550 °C çamur hızla kuruyarak granül haline gelir ve bu küçük parçalar seramik karoları oluşturur.

Silolara doldurulan hammadde borularla baskı makinelerine taşınır. Granüller bilgisayar destekli makinelerle tartılarak kalıpların içerisine dökülür. Makinenin

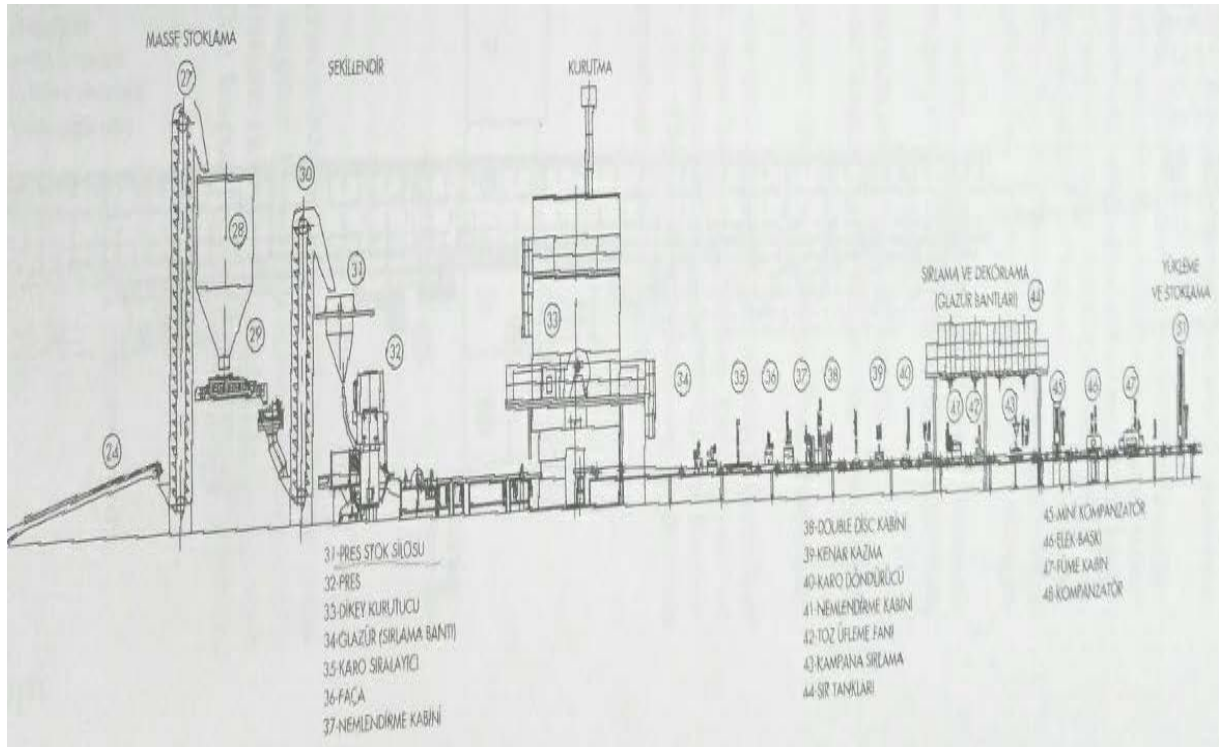
ikinci hareketiyle granüller sıkıştırılır. Böylece toz halindeki hammadde seramik karonun şeklini alır. Seramik karo bu ilk haliyle oldukça kırılğan bir yapıya sahiptir ve küçük bir darbeye bile parçalanabilecek kadar yumuşaktır. Karoların bant üzerinde taşınabilecek kadar sertleşebilmesi için ilk fırınlama işlemi yapılır. Karoların fırın içindeki yolculuğu 170 °C’ de başlar ve 230 °C ‘ye kadar yükselir. Fırın çıkışından sıcaklık 100 °C’ ye kadar düşürülüyor. Kurutma işleminden (12 dk.) sonra karoların direnci arttırılmış oluyor. Böylelikle kalan işlemler için rahatlıkla taşınmaları sağlanmış oluyor.

Seramik karolar daha sonra astarla kaplanır. Üretim bandındaki astarlama işleminden sonraki durak sırlamadır. Sır sayesinde karolar pürüzsüz ve parlak bir yüzeye sahip olur. Desen vermek içinde baskı makineleri kullanılır ve her renk üst üste geldiğinde karo üzerindeki desen tamamlanmış olur. Renklendirilen karolar birbirine dokunmayacak şekilde dizilir. Bu karoların bir sonraki durağı fırındır. Fırın girişinde seramik karolar belirli bir düzen içinde boşaltılır. Sıraya sokulan karolar 45 dk. süresi boyunca pişirilir. Fırın girişinde sıcaklık 600 °C’ dir. Seramik karoların sertleşmesi ve sıran parlaklığını kazanması için fırındaki sıcaklık 1200 °C’ ye kadar yükseltilir. Fırın çıkışındaki sıcaklık ise 100 °C’ ye kadar düşürülür. Seramik karoların hacmi ilk kalıplamadan bu noktaya gelene kadar ortalama % 17 azalır.

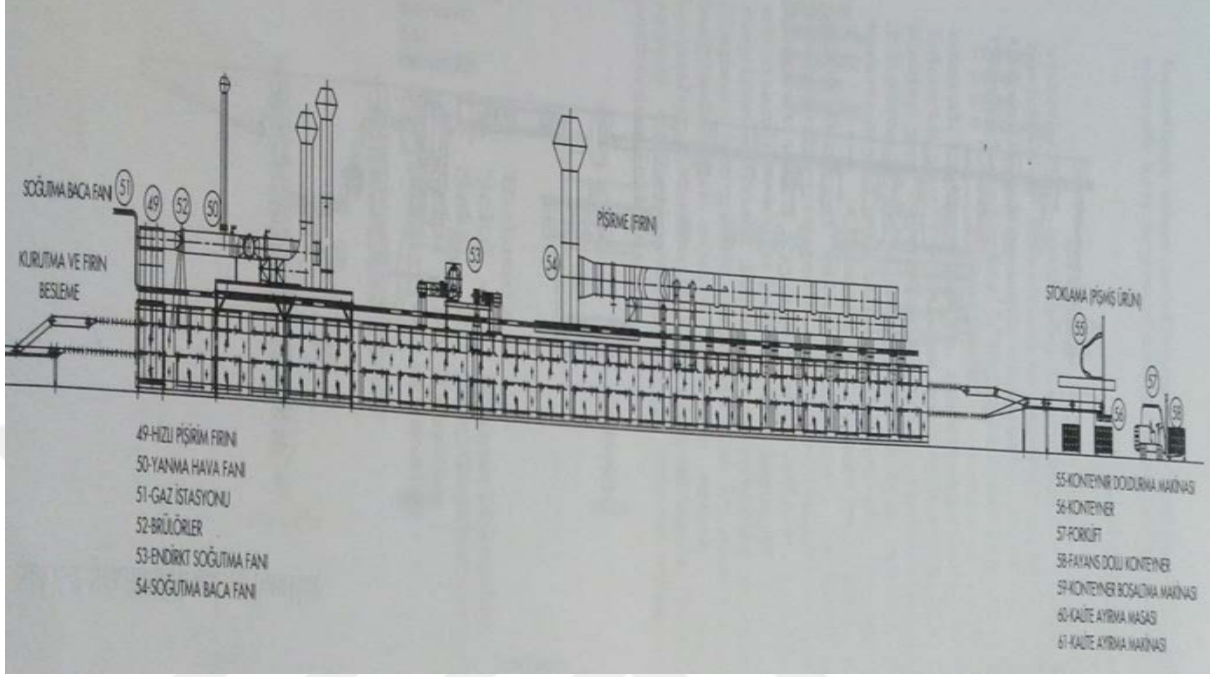
Fırınlamadan sonra karolar yüzeysel olarak incelenir ve tamamen kusurlu olanlar banttın çıkarılır. Kontrol sırasında işaretlenen karolar ikinci kalite olarak ayrılır. Optik okuyucular sayesinde yapılan kontrol işlemiyle karolar kalitesine göre ayrılır. Karolar hattın bitiminde paketlenir. Böylece birbirinden farklı desen ve renklerde üretilen karolar yapılarıdaki yerlerini almaya hazır hale gelir.



Şekil 6. Masse (çamur) Hazırlık



Şekil 7. Şekillendirme ve Bantlar



Şekil 8. Fırınlr



Şekil 9. Kalite Ayrımı ve Ambalaj



### 3.3. Seramik Karo Üretim İşletmesi

Bu çalışmada 1957 yılından itibaren faaliyet göstermekte olan ve günümüzde de ulusal ve uluslararası alanda öneme sahip olan Kale Seramik işletmesi ele alınmıştır. 1957 yılında Çanakkale Seramik Fabrikaları A.Ş. ile temelleri atılan Kale Grubu, Türkiye’de seramik sektörünün kuruluşuna öncülük etmiş, bu alandaki yatırımları ile bir dünya devi haline gelmiştir. Kale Grubu zaman içerisinde makine ve parça üretimi, savunma, bilişim, kimya, enerji, elektrik malzemeleri, nakliye, turizm ve gıda sektörlerinde yatırımlar yaparak büyümeye devam etmektedir. Günümüzde Çanakkale başta olmak üzere Türkiye’nin çeşitli bölgeleri ile İtalya ve Rusya’da fabrika ve marka yatırımları olan, her biri kendi alanlarında lider 17 şirkete sahip ve beş bini aşkın çalışanı ile faaliyet gösteren Kale Grubu Türkiye’nin önemli sanayi kuruluşlarından biridir. Kale Grubu bugün Avrupa’nın 3’üncü, dünyanın 12’nci sıralamasındaki büyük seramik karo üreticisidir. Kalekim markasıyla yer aldığı yapı kimyasalları sektöründe üretim ve satış kapasitesi olarak Türkiye ve bölgesinde birinci, Avrupa’da ise beşinci şirket konumundadır. Ayrıca yüzde 100 özel sermayeli bir Türk şirketi olarak havacılık ve savunma konusunda uluslararası alanda itibar kazanmış bir yapıya sahiptir. Kale markalı ürünler 100 ülkede, 400’ü aşkın noktada tüketicilerle buluşmaktadır. Kale Grubu, yarım asırdan bu yana sanayici kimliği ile topluma hizmet ederken kurucusu İbrahim Bodur’un ilke ve görüşleri doğrultusunda başta eğitim ve sağlık olmak üzere kültür, sanat, bilim ve spor konularında topluma her zaman katkıda bulunmuştur. Bu katkılarını düzenli hale getirmek üzere Dr. İbrahim Bodur Kaleseramik Eğitim Sağlık ve Sosyal Yardım Vakfı’nı kurmuştur.

Türkiye’de ilk karo üretimini gerçekleştiren Çanakkale Seramik ve ürün adı haline gelen Kalebodur markaları ile üretimini sürdüren Kale Seramik 65 milyon metrekare yıllık üretim kapasitesi ile tek bir alanda üretim yapan dünyanın en büyük seramik kuruluşu olmaktadır. Kale Seramik, Türkiye’de seramik kaplama malzemesi, izolatör ve frit üretiminde sektör lideri konumundadır.

Kurulduğu yıldan beri Türkiye’nin lider seramik karo üreticisi olan Çanakkale Seramik Fabrikaları A.Ş. 1957 yılında faaliyete geçmiştir. Türkiye'nin ilk yer karosu üreticisi olan Kalebodur Seramik Sanayi A.Ş. ise 1972 yılında kurulmuştur. Çanakkale Seramik, duvar karosunda kalitenin adı olurken, Kalebodur ise ürüne

adını verecek kadar gelişim göstermiştir. Çanakkale Seramik Fabrikaları A.Ş. ve Kalebodur Seramik Sanayi A.Ş. 2000 yılında Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik Sanayi A.Ş. adı ile tek çatı altında birleşmiştir.

Türkiye'nin ilk seramik ihracatını yapan ve bu konuda alanında lider olan Çanakkale Seramik ve Kalebodur markaları ile üretimine devam etmekte olan Kaleseramik, tek bir alanda üretim yapan 66 milyon metrekare/yıllık üretim kapasitesi ile dünyanın en büyük seramik kuruluşu olmaktadır.

Kaleseramik Çanakkale Çan'da toplam 1.250.000 metrekare açık alan ve 650.000 metrekare kapalı alanda kurulu bulunan 50 fabrikada üretimini sürdürmektedir. Bununla birlikte 27,5 milyon metrekare/yıl duvar karosu, 32 milyon metrekare/yıl yer karosu ve 6,5 milyon metrekare granit seramiğin yanı sıra 15.000 ton izolator, 40.000 ton frit üretimi kapasitesine sahiptir. Yozgat'taki 562.000 metrekare açık alan ve 24.000 metrekare kapalı alanda kurulu fabrika 2007 yılı Haziran ayında üretime başlamış; 3,6 milyon metrekare/yıl yer karosu üretimi kapasitesine sahiptir.

Günümüzde 50 farklı boyutta 1900 çeşit yer karosu ve 60 farklı boyutta 2200 çeşit duvar karosu üreten Kaleseramik, her yıl yaklaşık 200 çeşit yeni ürünü tüketicilerine sunmaktadır.

Kale Grubunun faaliyet gösterdikleri alanlar şu şekilde sıralanabilmektedir:

1. Yapı Ürünleri
  - Kale Seramik
  - Kale Italia
2. Yapı Kimyasalları
  - Kalekim
3. Savunma ve Havacılık
  - Kale Havacılık
  - Kale Kalıp
  - Kale Pratt & Whitney

- Kale Ar-Ge
- 4. Endüstriyel
  - Kale Kalıp
  - Kale Frit
  - Kale Maden
- 5. Hizmet
  - Kale Nakliyat
  - Kale Holding
  - Bodur Holding
  - Bodur Gayrimenkul Geliştirme
  - Bodur Menkul İş Geliştirme

### **3.4. Uygulamada Kontrolü Yapılacak Değişken**

Uygulama aşamasına konu olan seramik karo sağlamlığı nedeni ile mekân döşemelerinde en çok tercih edilen malzemelerden biridir. İstenilen özelliklerde siparişe göre üretilen seramik karolarda presleme sonrası ham ağırlıklarda farklılıklar oluşabilmektedir. Uygulamanın amacı bu işlem süreçlerinde oluşan ağırlık farklılıklarını kontrol altına almayı sağlamaktır. Seramik karoya ait veriler Şekil 7.'de gösterilen Şekiller ve Bantlar sürecinin çizilmiş olduğu 32. nokta olan pres işlemi sonrasında seramik karoların ham ağırlıklarının tartılması sonucu elde edilmiştir.

Seramiğin sağlamlık özelliğinin önemi doğrultusunda Kale Seramik'ten alınan veriler bu kalite çalışmasında kullanılmak üzere kayıt altına alınmıştır. Bu çalışmada incelenen seramik karo ürününe ait ağırlık değerleri esas alınmıştır. Kale Seramik'ten en çok üretilen seramik karoların 25 adet örneğin gram cinsinden ağırlık değerlerini içeren veriler alınmıştır. Örneklerin her birine ait 10 ürünün ölçümünden

oluşturulmuş olan 250 birimlik örneklem ağırlık değerleri Ek 1 no'lu tabloda gösterilmiştir.

### 3.5. Uygulamanın Amaç ve Yöntemi

Kale Seramik'ten elde edilen ve uygulama kapsamına alınan bilgiler doğrultusunda seramik karo üretim sürecinin değişkenliğinin azaltılması temel amaç olmuştur. Elverişli olmayan üretim seviyesinin belirlenerek buradaki kusurlu ürün oranını kontrol altına almak hedeflenmiştir. İstatistiksel kalite kontrol araçlarından kontrol grafikleri kullanılarak sürece en yüksek yararı sağlayacak kontrol grafiğinin seçim önerisini yapılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın uygulama aşamasında veriler Microsoft Excel 2007 programında, kalite kontrol grafiği çizimi öncesi hazırlanmıştır. Hazırlanan verilerin kalite kontrol grafikleri Minitab 18 ve Excel ek programı olan QI Macros SPC (2016) ile oluşturulmuştur.  $\bar{x}$ -S, Cusum ve Ewma kalite kontrol grafikleri çizilmiştir.

### 3.6. $\bar{x}$ -S Kalite Kontrol Grafiğinin Uygulaması

Tablo 5'te örnekleme ait  $\bar{x}$ -S kontrol grafiği uygulaması için hesaplanmış olan ortalamalar ve standart sapma değerleri birlikte gösterilmiştir.

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_m}{m} = \frac{715,2024348}{25} = 28,6080974$$

**Tablo 5.** Örneklem Ortalama ve Standart Sapma Değerleri.

Örneklem Numaraları	$\bar{x}$ Değerleri	S Değerleri
1	3037,5	28,35587
2	3046,8	26,30082
3	3045,9	32,18506
4	3055,7	31,18778
5	3052,7	26,36938
6	3059,8	33,64124
7	3050,7	27,70499
8	3037,9	35,82814
9	3038,2	34,78442
10	3061,5	29,27361
11	3061	24,89534
12	3051,4	28,34784
13	3053,3	31,41143
14	3053,2	32,14827
15	3037	22,00505
16	3046,2	37,63214
17	3059,6	29,66554
18	3046,1	26,25283
19	3048,5	30,29943
20	3069,7	23,27158
21	3040,2	22,98212
22	3048,3	29,00977
23	3037,4	23,46723
24	3063,8	21,31145
25	3067,5	26,87109

Ana kütle ortalaması ve standart sapması bilinmediği için ve Ek-2 no'lu tablo yardımı ile  $A=0,949$  olarak alınması durumunda  $\bar{x}$  kalite kontrol grafiği parametreleri şu şekildedir;

$$\bar{ÜKS} = \bar{x} + A \bar{S} = 3050,796 + 0,949 \times 28,6080974 = 3077,945$$

$$OÇ = \bar{x} = \frac{\sum x_i}{m} = \frac{76269,9}{25} = 3050,796$$

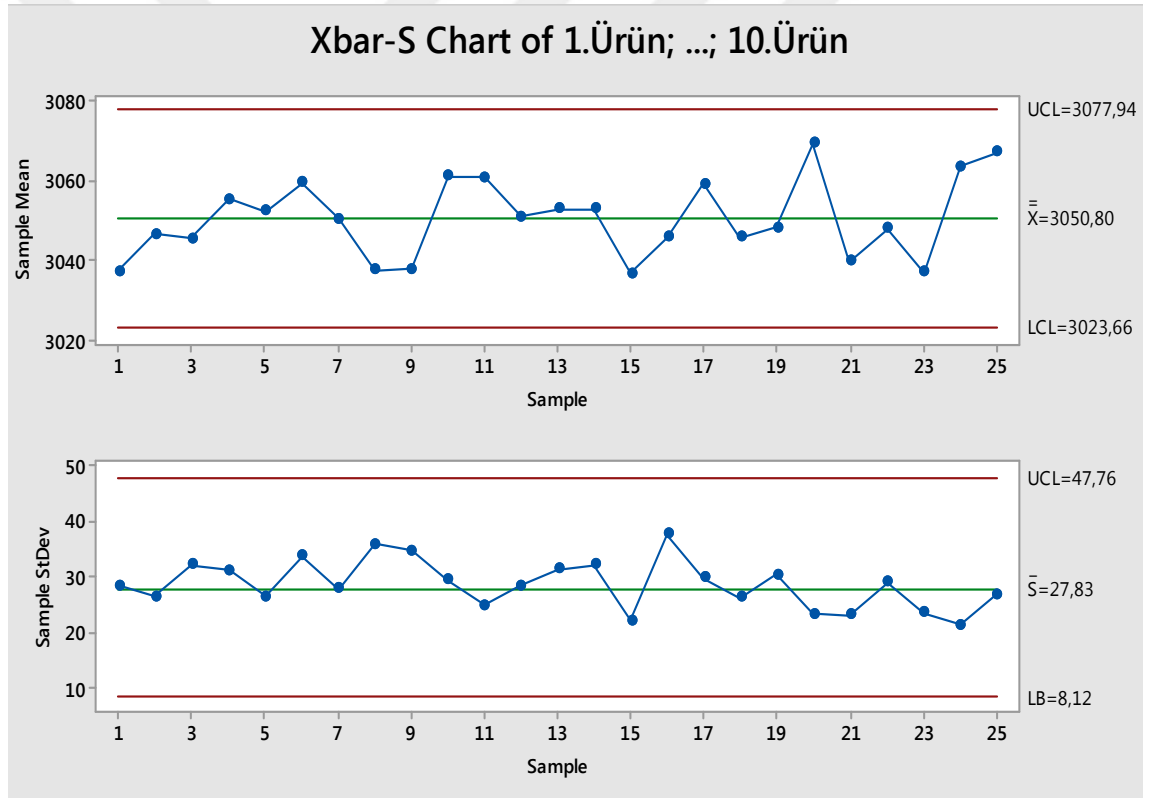
$$AKS = \bar{x} - A \bar{S} = 3050,796 - 0,949 \times 28,6080974 = 3023,657$$

Ana kütle standart sapması bilinmediği zaman, Ek-2 no'lu tablo sayesinde  $B_4 = 1,716$  ve  $B_3=0,284$  olarak alınması durumunda  $S$  kontrol grafiği parametreleri şu şekildedir;

$$\dot{ÜKS} = B_4 \bar{S} = 47,7615$$

$$OÇ = \bar{S} = 28,6080974$$

$$AKS = B_3 \bar{S} = 8,1247$$



Şekil 10. Örnekleme Ait  $\bar{x}$ -S Kalite Kontrol Grafiği.

Şekil 10'da seçilmiş olan 25 örnekleme ait  $\bar{x}$ -S kalite kontrol grafiği literatürdeki genel hesaplama yöntemi ile çizilmiştir. Kontrol limitleri 3 standart sapmalı olarak ayrılarak hesaplanmıştır. 25 örnekleme değerinin hiçbirisi üst ve alt

kontrol limitleri dışına çıkmadığı sonucuna varılmıştır. Çizilen kalite kontrol grafiği sonucunda üretim sürecinin kontrol altında olduğu görülmüştür.

### 3.7. Cusum Kalite Kontrol Grafiğinin Uygulaması

Cusum kalite kontrol grafiği parametreleri;  $C_i = i$  'nci birikimli değer,  $\bar{x}_j = j$  'inci örneğin aritmetik ortalaması ve  $\bar{\bar{x}}$  da örneklem ortalaması olarak alınması durumunda  $C_i$  değerleri şu eşitlikler sayesinde hesaplanır;

$$C_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}}) \text{ ve } C_i = (x_i - k) + C_{i-1}$$

Hesaplanan değerler ağırlık verileri için şu şekilde gösterilir:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum x_i}{m} \text{ eşitliği sayesinde } \bar{\bar{x}} = \frac{76269,9}{25} = 3050,796 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$$C_1 = \sum_{j=1}^1 (3037,5 - 3050,796) = -13,296$$

$$C_2 = (3046,8 - 3050,796) + (-13,296) = -17,292$$

$$C_3 = (3045,9 - 3050,796) + (-17,292) = -22,188$$

.

.

.

$$C_{25} = (3067,5 - 3050,796) + (-16,704) = 0$$

Tablo 6'da ortalama değerler, ortalamadan sapmalar ve ortalamadaki sapmaların birikimli değerleri Cusum kalite kontrol grafiği için hesaplanmıştır.

**Tablo 6.** Cusum Kontrol Grafiği için Hesaplanan Değerler.

Örneklem Numaraları	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$C_i$	<b>R</b>
1	3037,5	-13,296	-13,296	70
2	3046,8	-3,996	-17,292	75
3	3045,9	-4,896	-22,188	84
4	3055,7	4,904	-17,284	84
5	3052,7	1,904	-15,38	79
6	3059,8	9,004	-6,376	92
7	3050,7	-0,096	-6,472	76
8	3037,9	-12,896	-19,368	92
9	3038,2	-12,596	-31,964	95
10	3061,5	10,704	-21,26	80
11	3061	10,204	-11,056	67
12	3051,4	0,604	-10,452	98
13	3053,3	2,504	-7,948	87
14	3053,2	2,404	-5,544	92
15	3037	-13,796	-19,34	51
16	3046,2	-4,596	-23,936	95
17	3059,6	8,804	-15,132	91
18	3046,1	-4,696	-19,828	76
19	3048,5	-2,296	-22,124	92
20	3069,7	18,904	-3,22	71
21	3040,2	-10,596	-13,816	65
22	3048,3	-2,496	-16,312	91
23	3037,4	-13,396	-29,708	59
24	3063,8	13,004	-16,704	53
25	3067,5	16,704	0	76

$\bar{x}_i$  'nin standart sapması  $\sigma_{\bar{x}}$  ile gösterildiği takdirde ve standart kullanım yöntemlerinde olduğu şekilde kabul edilebilir bir seviyede yani  $\alpha=0,01$  ve  $\beta=0$  olarak tutulduğunda, Ek-2 no'lu tablo sayesinde  $d_2=3,078$  olarak seçilir. V maskesi kollarının eğimini veren değer k=1 olarak standart ayrılışları dikkate alacak şekilde ele alındığında V maskesi parametreleri şu şekilde hesaplanır:



$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \Rightarrow \frac{79,64}{3,078} = 25,8739$$

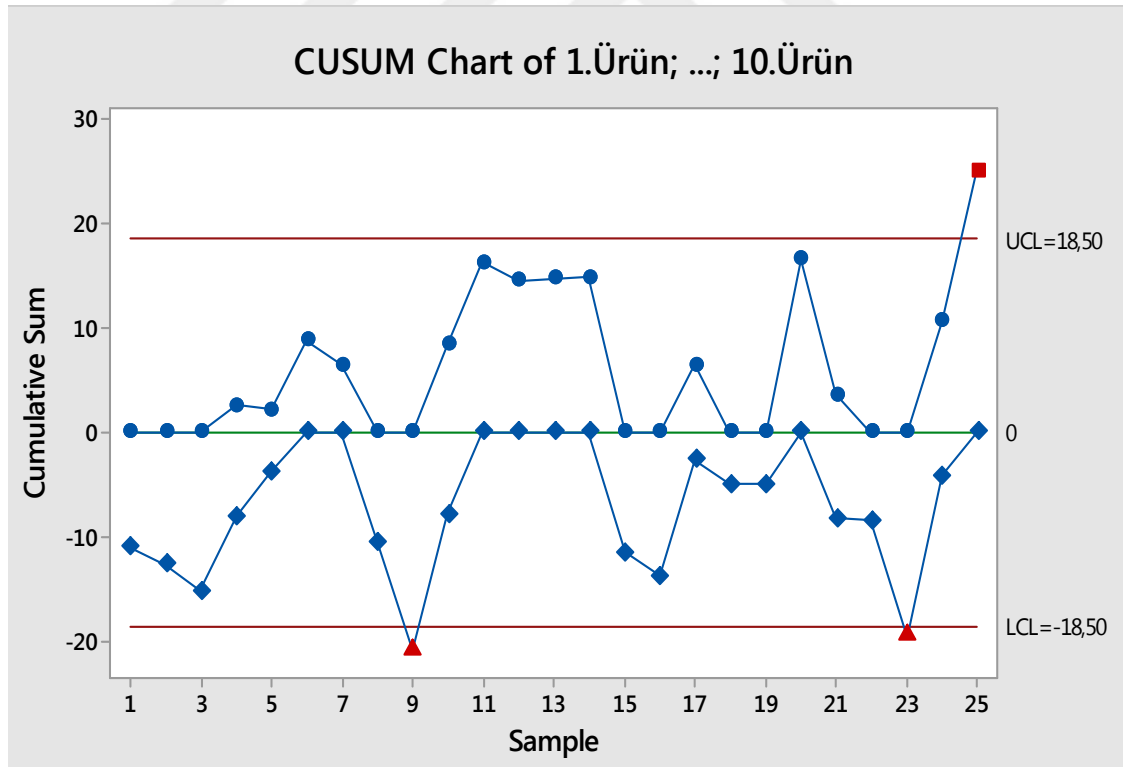
$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} \Rightarrow \frac{25,8739}{\sqrt{24}} = 5,2815$$

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{25,8739}{5,2815}\right)^2 = 23,9998$$

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} \Rightarrow -2 \frac{\ln 0,01}{23,9998} \Rightarrow 0,3838$$

$$A = 2\sigma_{\bar{x}} \Rightarrow 2 * 5,2815 = 10,563$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) \Rightarrow \tan^{-1}\left(\frac{25,8739}{2*10,563}\right) \Rightarrow 50,7684^\circ$$

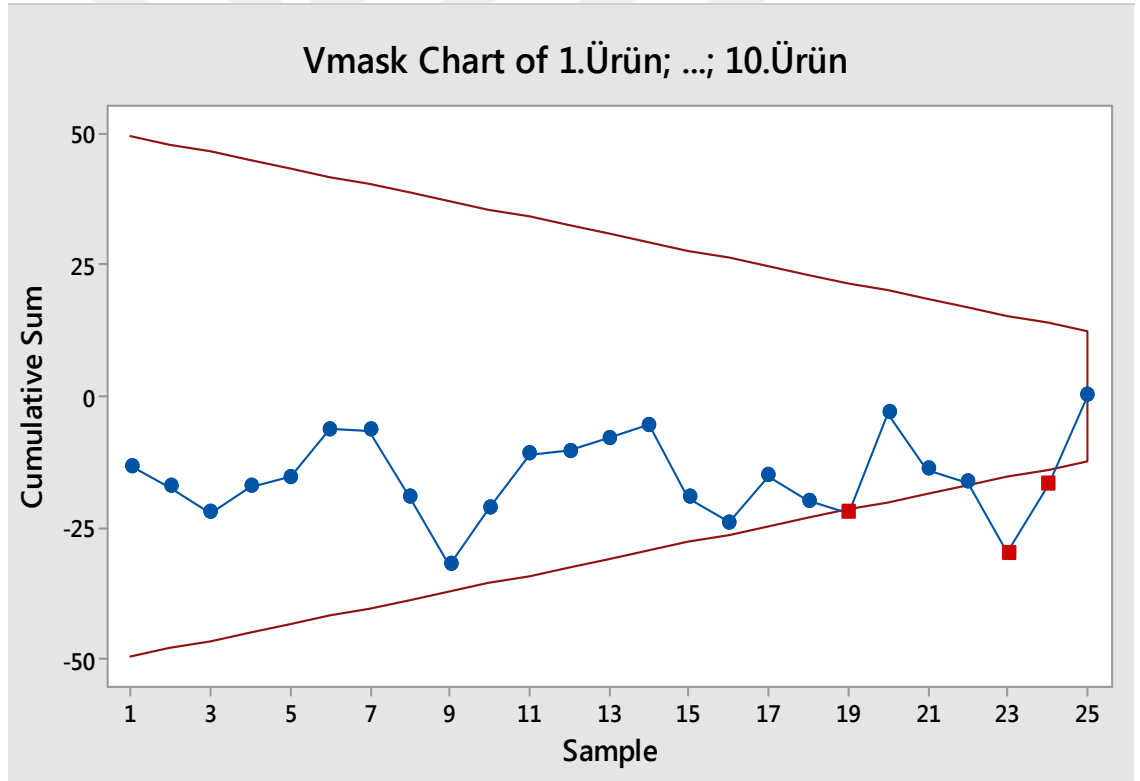


**Şekil 11.** Örneklemeye Ait Cusum Kalite Kontrol Grafiği.

Uygulama kapsamında değerlendirilen veri setine ait Cusum kalite kontrol grafiğinin hesaplamaları literatürde kullanılan genel yöntem ile yapılmıştır. Hesaplanan değerler doğrultusunda Şekil 11’de Cusum kalite kontrol grafiği gösterilmiş ve süreçteki 3 noktanın kontrol dışı olduğu gözlenmiştir.

Hesaplamalar ve grafik sonucunda Cusum kalite kontrol grafiğine göre üretim sürecinin genel olarak 3 nokta dışında kontrol altında olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulama için çizilen Cusum grafiği için V maskesi hesaplaması yapılırken 1 standart sapmalı ayrılışlar dikkate alınmış ve V maskeli Cusum grafiği Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 12. Örnekleme Ait V maskesi.

### 3.8. Ewma Kalite Kontrol Grafiğinin Uygulaması

Örneklem hacmi  $n$ , örneklem ortalamaları  $\bar{x}_j$  olmak üzere  $t$  döneminin üstel ağırlıklı hareketli ortalama değerleri, süreçteki büyük ve küçük kaymaların aynı oranda bulmaya olanak sağladığı için önceki örneklerin ağırlıklandırma katsayısı  $\lambda=0,5$  olarak alındığı takdirde hesaplamalar ağırlık verileri için şu şekildedir;

(İlk Ewma değeri  $t=1$  için  $Z_0 = \bar{x}$  olarak alınmıştır.)

$$Z_t = \lambda \bar{x}_t + (1 - \lambda) * Z_{t-1}$$

$$Z_1 = 0,5 * 3037,5 + 0,5 * 3050,796 = 3044,148$$

$$Z_2 = 0,5 * 3046,8 + 0,5 * 3044,148 = 3045,474$$

$$Z_3 = 0,5 * 3045,9 + 0,5 * 3045,474 = 3045,687$$

.

.

.

$$Z_{12} = 0,5 * 3067,5 + 0,5 * 3053,507 = 3060,504$$

Tablo 7'de Ewma kalite kontrol grafiği için hesaplanan ortalamalar ve  $Z$  değerleri verilmiştir.

**Tablo 7.** Ewma Kalite Kontrol Grafiği İçin Ortalamalar ve Z Değerleri.

<b>Örnekleme Numaraları</b>	<b><math>x_i</math></b>	<b><math>Z_i</math></b>
1	3037,5	3044,148
2	3046,8	3045,474
3	3045,9	3045,687
4	3055,7	3050,6935
5	3052,7	3051,69675
6	3059,8	3055,748375
7	3050,7	3053,224188
8	3037,9	3045,562094
9	3038,2	3041,881047
10	3061,5	3051,690523
11	3061	3056,345262
12	3051,4	3053,872631
13	3053,3	3053,586315
14	3053,2	3053,393158
15	3037	3045,196579
16	3046,2	3045,698289
17	3059,6	3052,649145
18	3046,1	3049,374572
19	3048,5	3048,937286
20	3069,7	3059,318643
21	3040,2	3049,759322
22	3048,3	3049,029661
23	3037,4	3043,21483
24	3063,8	3053,507415
25	3067,5	3060,503708

Ana kütleye ait ortalama ve standart sapma değerlerinin bilinmemesinden ötürü 1,5 standart sapmalık kontrol sınırları şu şekilde hesaplanır;

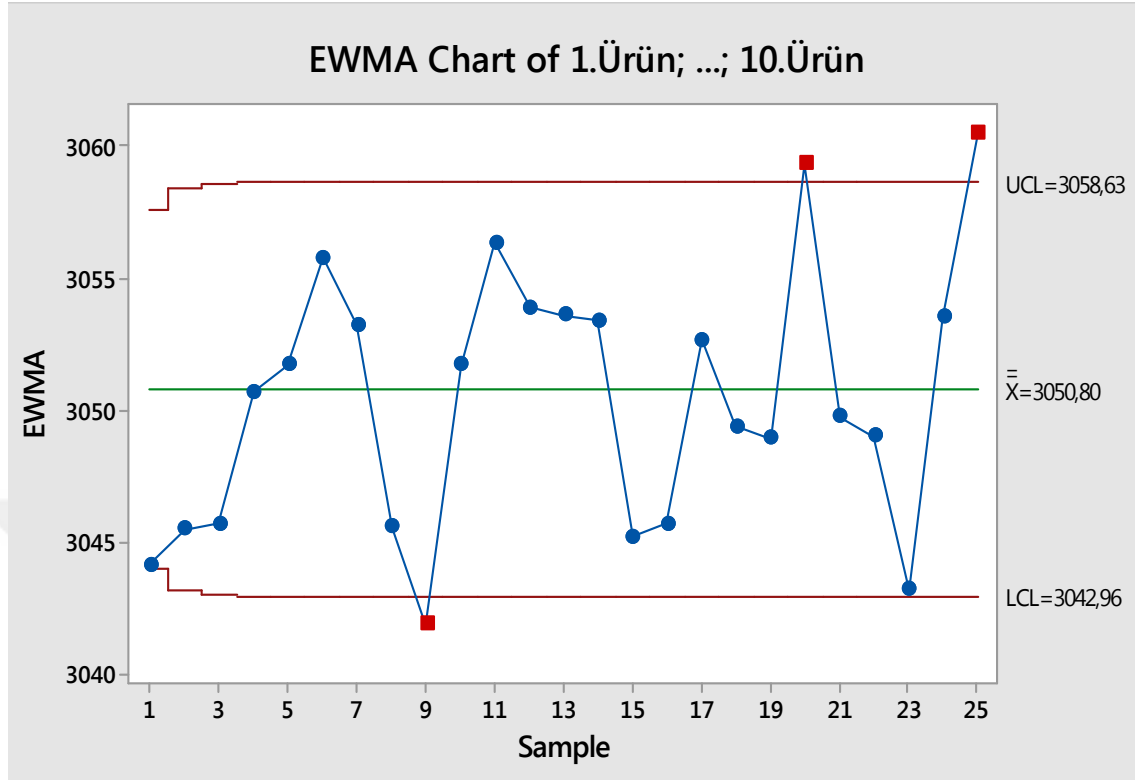
$$\text{ÜKS} = \bar{x} + A_2 \bar{R} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} * \frac{1,5}{3} \Rightarrow 3050,796 + 0,577 * 79,64 \sqrt{\frac{0,5}{2-0,5}} * \frac{1,5}{3} = 3058,630$$

$$\text{OÇ} = \bar{x} \Rightarrow 3050,796$$

$$\text{AKS} = \bar{x} - A_2 \bar{R} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} * \frac{1,5}{3} \Rightarrow 3050,796 - 0,577 * 79,64 \sqrt{\frac{0,5}{2-0,5}} * \frac{1,5}{3} = 3042,952$$

**Tablo 8.** Ewma Kalite Kontrol Grafiği için Hesaplanan Değerler.

EWMA	UCL	+2 Sigma	+1 Sigma	Average	-1 Sigma	-2 Sigma	LCL
3.044	3.090	3.077	3.064	3.051	3.038	3.025	3.012
3.045	3.095	3.080	3.065	3.051	3.036	3.022	3.007
3.046	3.096	3.081	3.066	3.051	3.036	3.021	3.006
3.051	3.096	3.081	3.066	3.051	3.036	3.021	3.006
3.052	3.096	3.081	3.066	3.051	3.036	3.021	3.006
3.056	3.096	3.081	3.066	3.051	3.036	3.021	3.006
3.053	3.096	3.081	3.066	3.051	3.036	3.021	3.006
3.046	3.096	3.081	3.066	3.051	3.036	3.021	3.006
3.042	3.096	3.081	3.066	3.051	3.036	3.021	3.006
3.052	3.096	3.081	3.066	3.051	3.036	3.021	3.006
3.056	3.096	3.081	3.066	3.051	3.036	3.021	3.006
3.054	3.096	3.081	3.066	3.051	3.036	3.021	3.006



Şekil 13. Örnekleme Ait Ewma Kalite Kontrol Grafiği.

Şekil 13'te hesaplanan değerler sayesinde çizilmiş olan Ewma kalite kontrol grafiği sonucunda 3 noktanın kontrol dışı olduğu görülmüştür. Örneklemedeki çoğu değer için grafikteki noktaların orta çizgi sınırlarında olduğu ortaya çıkmıştır.

Ewma kalite kontrol grafiği ile 25 noktanın süreçteki değişim miktarının değişkenliği gözler önüne çıkarılmıştır. Ewma kalite kontrol grafiğine göre süreç için bir takım düzeltici önlemin alınmasına gerek olsa bile süreçte çok büyük değişiklikler yapılmasının gerekmediği sonucuna varılmıştır. Ewma kalite kontrol grafiğine göre sürecin çok fazla değişkenliğe sahip olmadığı gözlenmiştir.

## SONUÇ

İşletmeler günümüzün gerektirdiği koşullarda karlılıklarını ve varlıklarını devam ettirebilmek ve rakiplerine karşı üstünlük sağlayabilmek için kalite konusuna gerekli önemi vererek kendilerini geliştirmek durumundadırlar. Günümüzdeki bütünleşme süreci ve yüksek rekabet ortamı kalitenin sürekli olarak geliştirmesinin gerekliliği açısından önemli etkenlerdendir. Bu neden ile işletmeler kaliteyi kendilerine bir hedef olarak almak zorundadırlar.

Kalite kontrol grafikleri, süreçleri geliştirme açısından önemli bir araç niteliğindedir. Süreçler kendi kendini kontrol altına alamaz bundan ötürü kalite kontrol grafiklerinin kullanımı işletmeler için gerekli bir durumdur ve önceden harekete geçilmesi gereken çok önemli bir yöntemler bütünüdür. Kalite kontrol grafikleri sayesinde süreçteki değişkenliğin azaltılması, belirlenebilir nedenlerin ortadan kaldırılması ve sürecin performansının sabit bir konumda tutulması sağlanmaktadır. İşletme kalitesi ve üretkenliğini arttırmak için uygulama aşaması düşünceler ile değil gerçek veriler ile yapılmalıdır. Kalite kontrol grafiklerinin uygulanması, yönetim yaklaşımının en önemli adımlarından birini oluşturmaktadır.

Kalite kontrol grafikleri ile ilgili bu çalışmanın ilk bölümlerinde temel kalite kavramları ve istatistiksel kalite kontrol grafikleri özellikleri ile birlikte anlatılmıştır. Uygulama bölümünde ise istatistiksel kalite kontrol araçlarından olan  $\bar{x}$ -S, Cusum ve Ewma kalite kontrol grafiklerinin uygulanması yapılmıştır. Seramik karonun üretim sürecindeki ağırlık verileri doğrultusunda süreçteki değişimi gösteren kalite kontrol grafikleri uygulama bölümünde yer almıştır. Uygulama aşamasında çizilmiş olan kalite kontrol grafiği türleri genel olarak kabul gören kullanma yöntemleri ele alınarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada  $\bar{x}$ -S grafiği için 3, Cusum grafiği için 1 ve Ewma grafiği için 1,5 olan temel standart sapma değerleri için hesaplanmış olan sonuçlar ile kalite kontrol grafikleri çizilmiştir. Sonuçlara göre,  $\bar{x}$ -S kalite kontrol grafiği için sürecin kontrolde olduğu ortaya çıkmıştır.  $\bar{x}$ -S kalite kontrol grafikleri sürecin kontrol altında olup olmamasının ve sürecin kontrol dışı kalmasına neden olan belirlenebilir nedenlerin ortaya çıkarılmasına yardımcı olmaktadır.  $\bar{x}$ -S kalite kontrol grafikleri grafik

üzerinde işaretlenmiş olan son noktanın değerlendirmesini yapmasından dolayı sürecin bütün yapısını yansıtamamaktadır. Bu grafikler süreç içindeki büyük değişimler için daha çok uygundur. Cusum kalite kontrol grafiğine göre sürecin kontrol altında olmadığı ve 3 noktanın kontrol dışı olduğu ortaya çıkmıştır. Cusum grafiklerindeki noktaların yapısı kontrol sınırları yerine V maskesi kullanıldığında  $\bar{x}$ -S grafiklerinde kullanılan kontrol sınırlarından daha etkili olduğu gözlenmiştir. Cusum grafiklerinde değişim noktaları çok belirgin iken  $\bar{x}$ -S grafiklerinde değişim gizli kalır. Cusum kalite kontrol grafiklerinde örneklem ölçülerinin birikimli toplamlarının alınmasından dolayı farklılıklar ve sonuçlar daha iyi göz önüne çıkmaktadır. Ewma kalite kontrol grafiğine göre sürecin kontrol altında olmadığı, süreçteki 3 noktanın kontrol sınırları dışında kaldığı tespit edilmiştir. Ewma kalite kontrol grafiğinin birbirine bağımlı veya etkilenen süreç çıktıları için daha elverişli olduğu belirlenmiştir. Ewma kalite kontrol grafiğinde olduğu gibi Cusum kalite kontrol grafiklerinde de küçük ve ani değişimlerin kolaylıkla belirlenebileceği ortaya çıkmıştır. Ancak Ewma kalite kontrol grafikleri ile karşılaştırıldığında, Cusum kalite kontrol grafiklerinin birbiri ile ilişkisi daha az olan çıktıları tespit etmek için uygun olacağı belirlenmiştir.

Ewma ve Cusum kalite kontrol grafiklerinin sürece sağladığı yarar önceki gözlem değerinin sonraki kontrol noktası değeri üzerinde etkili olmasıdır. Cusum kontrol grafiklerine üstünlük sağlayan durum, gözlem değerlerini toplama yöntemi ile birikimli olarak elde etmesidir. Ewma kalite kontrol grafikleri hatalı ürün derecelerini birikimli olarak ele almasının yanında önceki gözlemleri ağırlıklandırarak Cusum kalite kontrol grafiklerine göre daha üstün bir konuma gelmektedir. Ancak kullanım ve yorumlama zorluklarının yanında  $\alpha$  ve  $\beta$ 'nin tayinindeki belirsizlikler gibi sebeplerle Montgomery V maskesi yöntemine şiddetle karşı çıkmaktadır.

Sonuç olarak  $\bar{x}$ -S, Cusum ve Ewma kalite kontrol grafiklerinin seçiminde ilk başta süreç hakkında gerekli bilgilerin sağlanmasına karar verilmesi gerekmektedir. Ele alınan süreç kapsamında Ewma kalite kontrol grafiklerinin kullanılmasının maliyet ve pratik olma açısından daha elverişli olduğu görülmektedir. Ewma kalite kontrol grafiğinin seçilmesi ile işletmenin üretim sürecini uygun hata kontrol seviyesinde



değerlendirmesi mümkün olacaktır. Ölçüm değerlerinden hatalı olanların nedenlerinin araştırılması ve hatalı mamul üreten operatör için gerekli düzenlemeler yapılması sayesinde hata düzeyi düşürülebilecektir. İşletme böylece istediği düzeyde, hataların kontrolde olup olmadığını belirleyebilecektir. Hatalı üretim düzeyi için uygun olan iyileştirmelerin yapılması ile hatalı üretim seviyesinin düşürülmesi sağlanacaktır. İşletmeler kalite seviyelerini arttırabilmek için, üretimdeki süreç ve çıktıların hata seviyesi hassaslığı durumlarını göz önüne alarak en yüksek yararı sağlayabilecek kalite kontrol grafiklerini tercih etmelidirler.

Gelecek çalışmalarda, işletmenin farklı bölümleri için de kalite kontrol grafiklerinin uygulanması veya araştırılacak özelliklerin bütün işletmeyi içine alacak bir biçimde daha kapsamlı seçilmesi ile uygulama aşamasının geliştirilmesi önerilmektedir. Aynı zamanda farklı kalite kontrol grafikleri kullanılarak bu çalışmada kullanılan grafikler ile karşılaştırılması yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- ABBAS, N., RİAZ, M., DOES, R. J. M. M.: 2010, Enhancing the Performance of EWMA Charts, **Quality and Reliability Engineering International**, 27(6): 821–833.
- ABBAS, N., RİAZ, M., DOES, R. J. M. M.: 2012, Mixed Exponentially Weighted Moving Average–Cumulative Sum Charts for Process Monitoring, **Quality and Reliability Engineering International**, 29(3): 345-356.
- ABBAS, N., RİAZ, M., DOES, R. J. M. M.: 2013, CS-EWMA Chart for Monitoring Process Dispersion, **Quality and Reliability Engineering International**, 29(5): 653–663.
- ABBAS, N., RİAZ, M., DOES, R. J. M. M.: 2014, An EWMA-Type Control Chart for Monitoring the Process Mean Using Auxiliary Information. **Communication in Statistics - Theory Methods**, 43, 3485–3498.
- ABBAS, N., RİAZ, M., DOES, R. J. M. M.: 2014, Memory-type Control Charts for Monitoring the Process Dispersion, **Quality and Reliability Engineering International**, 30(5): 623–632.
- ABBASİ, S. A., RİAZ, M., MİLLER, A.: 2012, Enhancing the performance of CUSUM scale chart, **Computers & Industrial Engineering**, 63(2), 400–409.
- ABUJİYA, M. R., LEE, M. H., RİAZ, M.: 2015, Increasing the Sensitivity of Cumulative Sum Charts for Location, **Quality and Reliability Engineering International**, 31(6), 1035.
- AJADİ, J. O., RİAZ, M.: 2016, Mixed Multivariate Ewma- Cusum Control Charts for an Improved Process Monitoring, **Communications in Statistics - Theory and Methods**, Doi: 10.1080/03610926.2016.1139132.
- AJADİ, J. O., RİAZ, M., AL-GHAMDİ, K.: 2015, On increasing the sensitivity of mixed EWMA–CUSUM control charts for location parameter, **Journal of Applied Statistics**, Doi: 10.1080/02664763.2015.1094453.
- AKIN, B., ÖZTÜRK, E.: 2005, İstatistik Proses Kontrol Tekniklerinin Bilgisayar Ortamında Uygulanması, **VII. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu**.
- AKKURT, M.: 2002, **Kalite Kontrol Excel Destekli**, Birsen Yayınevi, İstanbul.

- ASLAM, M.: 2016, A Mixed EWMA–CUSUM Control Chart for Weibull-Distributed Quality Characteristics, **Quality and Reliability Engineering International**, Doi: 10.1002/qre.1982.
- BARAY, A.: 2008, **Üretimde Varyasyon: İstatistiksel Yaklaşım**, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- BAŞKAN, Ş.: 1997, İstatistiksel Kalite Kontrolü, **Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları**, No:159, İzmir.
- BROCKWELL, P. J. & DAVIS, R. A.: 1996, **Introduction to Time Series and Forecasting**, Springer Verlag, U.S.A.
- BURNAK, N.: 1997, Toplam Kalite Yönetimi-İstatistiksel Süreç Kontrolü, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Yayınları**, Eskişehir.
- BURRILL, C. W., LEDOLTER, J.: 1999, **Statistical Quality Control - Strategies and Tools for Continual Improvement**, John Wiley & Sons, New York.
- BUSABA, J., SUKPARUNGSEE, S., AREEPONG, Y., MİTİTELU, G.: 2012, Analysis of average run length for CUSUM procedure with negative exponential data. **Chiang Mai Journal of Science**, 39(2), 222–230.
- BÜKER, E.: 2007, Toplam Kalite Yönetimi Anlayışı İle Altı Sigma Kalite Yönetimi Anlayışının Karşılaştırılması, Deniz Harp Okulu, **Deniz Bilimleri Ve Mühendisliği Enstitüsü**, İstanbul.
- CASTAGLIOLA, P., CELANO, G., FİCHERA, S.: 2005, A new CUSUM- $S^2$  Control Chart for Monitoring The Process Variance, **Journal of Quality Maintenance Engineering**, 15(4): 344–357.
- CASTAGLIOLA, P.: 2005, A New  $S^2$ -EWMA Control Chart for Monitoring the Process Variance, **Quality and Reliability Engineering International**, 21: 781–794.
- CASTELLİNİ, P., CRİSTALLİ, C., FOEHR, M., LEİTAO, P., PAONE, N., SCHJOLBERG, I., TJONNAS, J., TURRİN, C., WAGNER, T.: 2011, Towards The Integration Of Process And Quality Control Using Multi-Agent Technology, **37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society**, 421 - 426, Melbourne, VIC.
- COX, M. A. A.: 2010, Average run lengths of control charts for monitoring observations from a Burr distribution, **The Journal of Risk Finance**, 11(5), 508–514.
- DEMİR, H., GÜMÜŞOĞLU, S.: 2003, **Üretim Yönetimi**, İstanbul, Beta Basım Yayın Dağıtım.

- DEMİR Y., MİRİTAGİOĞLU H.: 2016, Shewart CUSUM ve EWMA Kontrol Grafiklerinin Makine Sanayine Uygulanması, **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 26(2), 254-265.
- DÜLGEROĞLU KISAOĞLU, Ö.: 2010, Orta Büyüklükte Bir Dokuma İşletmesinde İstatistiksel Proses Kontrol Sistemi: I. Kumaş Hatalarının Kontrolü, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt:16, Sayı:3: 292-293.
- ERSOY, M. S., ERSOY, A.: 2011, **Kalite Yönetimi (Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Denetimi)**, İmaj Yayınevi, Ankara.
- ERTUĞRUL, İ.: 2004, **Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri**, Bursa, Ekin Kitabevi.
- ERTUĞRUL, İ., ÖZÇİL, A.: 2015, Kalite Kontrol Grafiklerinden “Shewart, Cusum ve Ewma” nın Bir Üretim İşletmesinde Uygulanması, **KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi**, 17(28), 14-26.
- FIRAT, S. Ü. O.: 2001, Çok Değişkenli Süreçler İçin İstatistiksel Kontrol Araçları, **II.Üretim Araştırmaları Sempozyumu**, 8-9 Kasım, 59-63, Maçka-İstanbul.
- FIRAT, S. Ü. O., ARICIGİL, Ç.: 2000, Multivarite Quality Control: A Historical Perspective, **First International Joint Symposium on Business Administration**, Gökçeda, Çanakkale, 1-3 Haziran.
- GOEL, A. L.: 2011, Cumulative Sum Control Charts, **In Handbook of Methods and Applications of Statistics: Engineering, Quality Control and Physical Sciences**, 120–129. New York: John Wiley & Sons.
- GÜMÜŞOĞLU, Ş.: 2000, **İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları**, Beta Yayınevi, İstanbul.
- HAN, D., TSUNG, F, Lİ, Y.: 2007, A CUSUM Chart With Local Signal Amplification for Detecting A Range of Unknown Shifts, **International Journal of Reliability and Quality Engineering**, 14(2): 81–97.
- HENNING, E., SAMOBYL, R. W., WALTER, O. M. F. C., KONRATH, A. C.: 2015, Performance of a Combined Cusum-Shewhart Chart for Binomial Data for Large Shifts in the Process Mean, **International Journal of Engineering Research and Application**, 5(8), 235–243.
- HUWANG, L., HUANG, C.J., WANG, Y.T.: 2010, New EWMA Control Charts for Monitoring Process Dispersion, **Computational Statistics and Data Analysis**, 54(10): 2328–2342.
- İŞİĞİÇOK, E.: 2012, **Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol**, Ezgi Kitabevi, 2. Baskı, Bursa.

- JAMALİ, A. S., JİNLİN, L., DURAD, M. H.: 2006, Average Run Length Performance of Shewhart Control Charts With Interpretation Rules, **4th IEEE International Conference on Industrial Informatics**, Singapore, s.1329–1333.
- KANO, M., HASEBE, S., HASHİMOTO, I., OHNO, H.: 2004, Evaluation of Multivariate Statistical Process Control: Application of Independent Component Analysis and External Analysis, **Computers and Chemical Engineering**, 28: 1157-1166.
- KHOO, M.: 2004, An Extension for The Univariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart, **Journal: Matematika**, ISSN; 20, 43-48.
- KHOO, M. B. C.: 2009, A Study on the Effects of Trends due to Inertia on EWMA and CUSUM Charts, **Journal of Quality Measurement and Analysis**, 5 (2): 73–80.
- KOBU, B.: 1987, **Endüstriyel Kalite Kontrolü**, İkinci Baskı, İ.Ü. Yayın No. 3475.
- KÜÇÜK, O.: 2012, **Kalite Kontrol ve Kalite Güvence Sistemleri**, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- LİN, Y. C., CHOU, C. Y.: 2005, On the Design of Variable Sample Size and Sampling Intervals X Charts under Non-Normality, **International Journal of Production Economics**, 96, 249–261.
- LİNK, S., NAVEH, E.: 2006, Standardization And Discretion: Does The Environmental Standard ISO 14001 Lead To Performance Benefits?, **IEEE Transactions on Engineering Management**, Volume: 53, Issue: 4: 508 - 519.
- LOWRY, C. A., MONTGOMERY, D. C.: 1995, **Review of Multivariate Control Charts**, IIE Transactions, 27, 800-810.
- LOWRY, C. A., WOODALL, W. H., CHAMP, C. W., RİGDON, S. E.: 1992, Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart, **Technometrics**, 34, 46-53.
- MITRA, A.: 2016, **Fundamentals of Quality Control and Improvement**, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc., United States of America, 978-1-118-70514-8.
- MONTGOMERY, D. C.: 2009, **Introduction To Statistical Quality Control**, Sixth Edition, John Wiley And Sons Inc., United States of America.
- MOTORCU, A. R., GÜLLÜ, A.: 2006, Statistical Process Control In Machining, A Case Study For Machine Tool Capability And Process Capability, **Materials & Design**, Volume: 27, Issue: 5, 364–372.

- NOOROSSANA, R., VAGHEFI, S. J. M.: 2006, Effect of Autocorrelation on Performance of The M-Cusum Control Chart, **Quality And Reliability Engineering International**, Volume: 22, 191-197.
- OKTAY, E., ÖZÇOMAK, M. S.: 2001, CUSUM Kontrol Grafikleri ve Bir Uygulama, **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 15(1-2): 361-387.
- OU, Y. J., WU, Z., TSUNG, F.: 2012, A Comparison Study of Effectiveness and Robustness of Control Charts for Monitoring Process Mean, **International Journal of Production Economics**, 135(1): 479-490.
- ÖZKALE, M. R.: 2004, **İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemleri ve Uygulamalar**, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- ÖZTÜRK, A.: 2013, **Kalite Yönetimi ve Planlaması**, Ekin Kitabevi, 2. Baskı, Bursa.
- PAGE, E. S.: 1951, Cumulative Sum Charts, **Technometrics**, 3(1): 1-9.
- PAGE, E. S.: 1963, Controlling the Standard Deviations by Cusum and Warning Lines, **Technometrics**, 5: 307-315.
- PALİSKA, G., PAVLETIĆ, D., SOKOVIĆ, M.: 2007, Quality Tools – Systematic Use In Process Industry, **Journal Of Achievements In Materials And Manufacturing Engineering**, Volume: 25, Issue: 1: 79-82.
- PATIR, S.: 2009, İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri ve Kontrol Grafiklerinin Malatya'daki Bir Tekstil (İplik Dokuma) İşletmesinde Bobin Sarım Kontrolüne Uygulanması, **SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi**, s.238.
- REYNOLDS, M. R., ARNOLD, J. C.: 2001, EWMA Control Charts with Variable Sample Sizes and Variable Sampling Intervals, **IIE Transactions**, 33: 511-530.
- RİAZ, M., ABBAS, N., DOES, R. J. M. M.: 2011, Improving the Performance of CUSUM Charts, **Quality and Reliability Engineering International**, 27(4): 415-424.
- ROWLANDS, H., WANG, L. R.: 2000, An Approach of Fuzzy Logic Evaluation and Control in SPC, **Quality and Reliability Engineering International**, 16: 91-98.
- RUSSO, S. L., CAMARGO, M. E., FABRİS, J. P.: 2012, **Practical Concepts of Quality Control**, Edited by Mohammed Saber Fallah Nezhad, Intech, Rijeka, Croatia.

- RYU, J. H., WAN, H., KİM, S.: 2010, Optimal Design of a CUSUM Chart for A Mean Shift of Unknown Size, **Journal of Quality Technology**, 42(3): 311–326.
- SANUSİ, R. A., RİAZ, M., ABBAS, N.: 2017, Combined Shewhart CUSUM charts using auxiliary variable, **Computers and Industrial Engineering**, 105: 329–337.
- SHEWHART, W. A.: 1924, Some Applications of Statistical Methods to the analysis of physical and engineering data, **Bell System Technical Journal**, 3(1): 43–87.
- SHU, L., JİANG, W.: 2008, A New EWMA Chart for Monitoring Process Dispersion, **Journal of Quality Technology**, (40): 319–331.
- SMETİ, E. M., THANASOULİAS, N. C., KOUSOURİS, L. P., TZOUMERKAS, P. C.: 2007, An Approach For the Application of Statistical Process Control Techniques for Quality Improvement of Treated Water, **Desalination**, Volume: 213, Issue: 1-3: 273-281.
- SOKOVİC, M., JOVANOVIĆ, J., KRİVOKAPİC, Z., VUJOVIĆ, A.: 2009, Basic Quality Tools in Continuous Improvement Process, **Journal of Mechanical Engineering**, Volume:55, Issue:5: 1-9.
- STEVENSON, W. (1993). **Production / Operations Management**, USA, Irwin Inc.
- SUN, R. J., KALBFLEİSCH, J. D.: 2013, A Risk-Adjusted O–E Cusum with Monitoring Bands For Monitoring Medical Outcomes, **Biometrics**, Volume: 69, Issue: 1: 62 - 69.
- ŞENOL, Ş.: 2012, **İstatistiksel Kalite Kontrol**, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- ŞİMŞEK, M.: 2000, **Sorularla Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemleri**, Alfa/Aktüel Kitabevi, Bursa.
- TOP, A.: 2001, **Üretim Sistemleri, Analizi, Planlama ve Kontrolü**, İstanbul, Alfa Yayınları.
- WOODALL, W. H.: 1985, The Statistical Design of Quality Control Charts, **The Statistician**, 34: 155-160.
- WOODALL, W. H.: 2006, The Use of Control Charts in Health-Care and Public-Health Surveillance, **Journal of Quality Technology**, Volume: 38, No: 2: 89 – 104.
- WU, Z., JİAO, J., YANG, M., LİU, Y., WANG, Z.: 2009, An Enhanced Adaptive Cusum Control Chart, **IIE Transactions**, 41: 642–653.

- WU, Z., YANG, M., JIANG, W., KHOO, M. B. C.: 2008, Optimization Designs of The Combined Shewhart-Cusum Control Charts, **Computational Statistics & Data Analysis**, 53(2): 496–506.
- YANG, K. ve TREWN, J.: 2004, **Multivariate Statistical Methods in Quality Management**, McGraw-Hill.
- YATKIN, A.: 2003, **Toplam Kalite Yönetimi**, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.
- ZAMAN, B., RIAZ M., ABBAS, N., DOES R. J. M. M.: 2014, Mixed Cumulative Sum–Exponentially Weighted Moving Average Control Charts: An Efficient Way of Monitoring Process Location, **Quality and Reliability Engineering International**, Doi: 10.1002/qre.1678.
- ZAMAN, B., ABBAS, N., RIAZ, M., LEE, M. H.: 2016, Mixed CUSUM-EWMA Chart for Monitoring Process Dispersion, **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Doi: 10.1007/s00170-016-8411-0.
- ZHANG, J., LI, Z., WANG, Z.: 2010, A Multivariate Control Chart for Simultaneously Monitoring Process Mean and Variability, **Computational Statistics and Data Analysis**, 54: 2244-2252.
- ZHANG, C. W., XIE, M., JIN, T.: 2012, An Improved Self-starting Cumulative Count of Conforming Chart for Monitoring High-quality Processes Under Group Inspection, **International Journal of Production Research**, 50: 7026–7043.
- ZHAO, Y., TSUN, F., WANG, Z.: 2005, Dual CUSUM Control Schemes for Detecting a Range of Mean Shifts, **IIE Transactions**, 37(11): 1047–1057.



## EKLER

### EK-1. Seramik Karo Ağırlık Değerleri (Kale Seramik)

Örneklem Numaraları	1.Ürün (gram)	2.Ürün (gram)	3.Ürün (gram)	4.Ürün (gram)	5.Ürün (gram)	6.Ürün (gram)	7.Ürün (gram)	8.Ürün (gram)	9.Ürün (gram)	10.Ürün (gram)
1	3023	3001	3066	3003	3070	3055	3023	3010	3053	3071
2	3090	3072	3025	3026	3057	3017	3015	3074	3040	3052
3	3085	3081	3088	3061	3024	3023	3016	3023	3001	3057
4	3091	3059	3017	3038	3086	3007	3077	3029	3090	3063
5	3047	3087	3008	3015	3066	3064	3080	3060	3066	3034
6	3099	3085	3035	3088	3068	3015	3091	3074	3036	3007
7	3026	3030	3050	3040	3066	3092	3054	3025	3100	3024
8	3097	3060	3009	3005	3012	3091	3012	3061	3016	3016
9	3003	3029	3030	3009	3011	3089	3012	3098	3031	3070
10	3033	3097	3066	3016	3075	3081	3065	3075	3017	3090
11	3067	3070	3094	3032	3037	3041	3097	3078	3030	3064
12	3086	3030	3046	3100	3060	3049	3055	3002	3059	3027
13	3077	3012	3099	3081	3012	3060	3077	3053	3046	3016
14	3051	3006	3092	3098	3055	3010	3040	3038	3089	3053
15	3020	3058	3050	3058	3010	3027	3059	3010	3017	3061
16	3073	3003	3012	3083	3098	3083	3061	3038	3005	3006
17	3069	3051	3093	3082	3096	3075	3005	3026	3061	3038
18	3045	3087	3029	3041	3027	3052	3043	3021	3096	3020
19	3042	3051	3095	3003	3012	3024	3052	3047	3087	3072
20	3075	3100	3076	3068	3040	3084	3029	3052	3098	3075
21	3024	3007	3051	3044	3066	3063	3035	3051	3001	3060
22	3046	3026	3033	3030	3082	3064	3002	3075	3032	3093
23	3069	3071	3016	3026	3016	3067	3012	3022	3041	3034
24	3031	3080	3027	3080	3094	3072	3061	3056	3073	3064
25	3067	3065	3076	3048	3032	3095	3092	3093	3088	3019

**EK-2. Kalite Kontrol Grafikleri Değişkenliklerinin Çiziminde Kullanılan Değerler**

<b>n</b>	<b>A</b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>4</sub></b>	<b>B<sub>5</sub></b>	<b>B<sub>6</sub></b>	<b>D<sub>1</sub></b>	<b>D<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>3</sub></b>	<b>D<sub>4</sub></b>	<b>C<sub>4</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>
2	2.121	1.880	2.659	0.000	3.267	0.000	2.606	0.000	3.686	0.000	3.267	0.7979	1.128
3	1.732	1.023	1.194	0.000	2.568	0.000	2.276	0.000	4.358	0.000	2.575	0.8862	1.693
4	1.500	0.729	1.628	0.000	2.266	0.000	2.088	0.000	4.698	0.000	2.282	0.9213	2.059
5	1.342	0.577	1.427	0.000	2.089	0.000	1.964	0.000	4.918	0.000	2.115	0.9400	2.326
6	1.225	0.483	1.287	0.030	1.970	0.029	1.874	0.000	5.078	0.000	2.004	0.9515	2.534
7	1.134	0.419	1.187	0.118	1.882	0.113	1.806	0.204	5.204	0.076	1.924	0.9594	2.704
8	1.061	0.373	1.099	0.185	1.815	0.179	1.751	0.388	5.306	0.136	1.864	0.9650	2.847
9	1.000	0.337	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	0.547	5.393	0.184	1.816	0.9693	2.970
10	0.949	0.308	0.975	0.284	1.716	0.276	1.669	0.687	5.469	0.223	1.777	0.9727	3.078
11	0.905	0.285	0.927	0.321	1.679	0.313	1.637	0.811	5.535	0.256	1.744	0.9754	3.173
12	0.866	0.266	0.886	0.354	1.646	0.346	1.610	0.922	5.594	0.283	1.717	0.9776	3.258
13	0.832	0.249	0.850	0.382	1.618	0.374	1.585	1.025	5.647	0.307	1.693	0.9794	3.336
14	0.802	0.235	0.817	0.406	1.594	0.399	1.563	1.118	5.696	0.328	1.672	0.9810	3.407
15	0.775	0.223	0.789	0.428	1.572	0.421	1.544	1.203	5.741	0.347	1.653	0.9823	3.472
16	0.750	0.212	0.763	0.448	1.552	0.440	1.526	1.282	5.782	0.363	1.637	0.9835	3.532
17	0.728	0.203	0.739	0.466	1.534	0.458	1.511	1.356	5.820	0.378	1.622	0.9845	3.588
18	0.707	0.194	0.718	0.482	1.518	0.475	1.496	1.424	5.856	0.391	1.608	0.9854	3.640
19	0.688	0.187	0.698	0.497	1.503	0.490	1.483	1.487	5.891	0.403	1.597	0.9862	3.689
20	0.671	0.180	0.680	0.510	1.490	0.504	1.470	1.549	5.921	0.415	1.585	0.9869	3.735
21	0.655	0.173	0.663	0.523	1.477	0.516	1.459	1.605	5.951	0.425	1.575	0.9876	3.778
22	0.640	0.167	0.647	0.534	1.466	0.528	1.448	1.659	5.979	0.434	1.566	0.9882	3.819
23	0.626	0.162	0.633	0.545	1.455	0.539	1.438	1.710	6.006	0.443	1.557	0.9887	3.858
24	0.612	0.157	0.619	0.555	1.445	0.549	1.429	1.759	6.031	0.451	1.548	0.9892	3.895
25	0.600	0.153	0.606	0.565	1.435	0.559	1.420	1.806	6.056	0.459	1.541	0.9896	3.931