



**DOĞAL TAŞ FABRİKALARINDA
ÜRETİM SÜRECİNİN KALİTE KONTROL
GRAFİKLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kadriye DAĞLI

Danışman

Doç Dr Metin ERSOY

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2019

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DOĞAL TAŞ FABRİKALARINDA ÜRETİM SÜRECİNİN KALİTE
KONTROL GRAFİKLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Kadriye DAĞLI

Danışman

Doç. Dr. Metin ERSOY

MADEN MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Haziran 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Kadriye Dağlı tarafından hazırlanan “Doğal taş fabrikalarında üretim sürecinin kalite kontrol grafikleri ile değerlendirilmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 14/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Metin ERSOY

Başkan : Prof. Dr. Raşit ALTINDAĞ
Süleyman Demirel Ün. Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Metin ERSOY
Afyon Kocatepe Ün. Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Mustafa Yavuz ÇELİK
Afyon Kocatepe Ün. Mühendislik Fakültesi

İmza



Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

14 Haziran 2019

 **İmza**
Kadriye DAĞLI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞAL TAŞ FABRİKALARINDA ÜRETİM SÜRECİNİN KALİTE KONTROL GRAFİKLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Kadriye DAĞLI

Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Metin ERSOY

Kalite, bir ürün veya hizmet ile ilgili özelliklerin, belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama derecesi olarak tanımlanır. Bir ürünün kalite düzeyi, o ürün için istenilen özellikler ve bu özellikleri karşılama düzeyidir. İstenen kalitede ürün elde edebilmek için kalite kontrol gereklidir. Kalite kontrol sadece ürünün değil, üretim sürecinin kontrol altında tutulması amacıyla uygulanmaktadır. Süreç kontrolünde, kontrol işlemi üretim boyunca sürdürülerek kalitesiz üretime sebep olabilecek faktörler önceden tespit edip ortadan kaldırılır, dolayısıyla kusurlu nihai ürün oluşmadan süreçte gerekli düzeltmeler yapılır. Böylece, üretim sürecinin kusurlu üretim yapmayacak şekilde güvence altına alınması sağlanır.

Mermer ve doğaltaş üretim sürecinde, nihai ürün olarak ürünün satış fiyatını, bir başka ifade ile kalitesini etkileyen en önemli unsurlar, üretilen levha ve plakaların boyutları, renkleri ve desenleri, yapısal kusurları ve yüzey parlaklığıdır. Bu yüzden mermer işleme tesislerinin kalite kontrol ve seleksiyon bölümlerinde kalınlık, en, boy ve parlaklık kontrolleri de yapılmaktadır.

Bu çalışmada mermer işleme tesislerinin seleksiyon bölümlerinde kalite analizinde, kalite kontrol grafiklerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla mermer üretiminde önemli olan kalınlık ve parlaklık değerlerindeki değişimler incelenmiş, sonra Shewhart, CUSUM ve EWMA yöntemleri olmak üzere üç farklı yöntemde kontrol grafikleri hazırlanmış ve analiz edilmiştir. Çalışma üç farklı mermer türü üzerinde gerçekleştirilmiş

olup her bir tür için 50 şer numune kullanılmış, her bir numunede kalınlık için 6, parlaklık için 9 farklı noktadan veri alınmış, toplam 2250 veri üzerinde çalışılmıştır. En son veriler, TS EN 1469 (2006), TS EN 1468 (2012), TS EN 12058 (2007), TS EN 12057 (2007) ve TS EN 1343 (2013) e göre de değerlendirilmiş ve kontrol grafiklerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Veriler değerlendirildiğinde, Denizli traverten kalınlık değerlerinin X-S grafiklerine göre, X için 31 inin ve S için 18 inin güven aralığı dışında olduğu görülmüştür. CUSUM grafiklerinde 40, EWMA grafiklerinde ise 33 örnek güven aralığı dışındadır. Parlaklık değerlerinde de X için 24, S için 4 örneğin kontrol dışında olduğu gözlenmiştir. CUSUM ve EWMA sonuçları da kontrol dışı 34 ve 30 örnek ile bir birine çok yakındır.

Gri emperador çalışmasında kalınlık değerlerinden X-S grafiklerinde güven aralığı dışında kalanlar 5'er adet örnektir. CUSUM grafiğinde 12, EWMA'da 19 adet örnektir. Parlaklık X-S grafikleri için 23 ve 5, CUSUM 20, EWMA 27 adet örnek güven aralığı dışındadır.

İtaly grey çalışmasında ise kalınlık değerlerinin kontrol grafikleri sonuçları; X grafiğinde 11, S grafiğinde 9 CUSUM grafiğinde 7, EWMA'da ise 17 adet örnek kontrol dışı olduğu görülmüştür. Parlaklık sonuçları için ise X'de 28, S' de 4, CUSUM 'da 27, EWMA'da 36 adet örnek süreç dışı olduğu görülmüştür.

TS EN 1468-1469-12058 e göre ise Denizli traverten örneklerinin 15'i, Gri emprador örneklerinin 2'si ve İtaly grey örneklerinin 3'ü kalınlık standartları dışındadır. TS EN 12057 ye göre de standart dışı örnek miktarları, sırasıyla ayarlı ve ayarsız modüler için, Denizli traverten için 20-31, Gri emprador için %7-23 ve İtaly grey için 6-14 adettir.

Sonuç olarak; hem kalınlık hem de parlaklık ölçülerinin değerlendirilmesinde en çok kontrol dışı kalan örneklerin Denizli traverten olduğu görülmüştür. Gri emprador ve İtaly grey örneklerinde ise kontrol dışı verilerin daha çok parlaklık ölçülerinde olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca Denizli traverten için kontrol dışı örneklerinin sayısının kalınlık ve parlaklık arasında doğrusal ilişki olduğu anlaşılmıştır. Bu bilgiler ışığında Denizli

traverten örneklerinin çok boşluklu olmasından dolayı hem ebatlama hem de parlatma işlemlerinde problem yaşandığı, diğer örneklerin ise çeşitli mineraller içermesinden dolayı hataların daha çok parlatma aşamasında gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

2019, xvi + 111 sayfa

Anahtar Kelimeler: Shewhart, Cusum, Ewma, Kalite kontrol grafikleri, Mermer



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EVALUATION OF THE PRODUCTION PROCESS IN THE NATURAL STONE PLANTS BY QUALITY CHARTS

Kadriye DAĞLI

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Mining Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Metin ERSOY

Quality can be defined as the degree to which features related to a product or service meet the specified or possible needs. The quality level of a product is the desired characteristics and the level of satisfaction for that product. Quality control is required in order to obtain the desired quality product. Quality control is applied not only to the product but also to the control of the production process. In the process control, the control process is carried on throughout the production and the factors that can cause poor quality production are determined and eliminated in advance, so the necessary corrections are made in the process before the defective final product is formed. Thus, it is ensured that the production process is secured in such a way that it does not produce imperfect production.

Marble and natural stone production process, the most important factors affecting the product sales price, the dimensions of the plates and plates produced, colors and patterns, structural defects and surface brightness. For this reason, the quality control and selection sections of marble processing plants have thickness, width, and brightness controls.

In this study, the usability of quality control charts was investigated in the selection departments of marble processing plants. For this purpose, changes in thickness and brightness values that are important in marble production were investigated, and control charts were prepared and analyzed in three different methods, which are Shewhart,

CUSUM and EWMA. The study was conducted on three different types of marble and 50 samples were used for each type, 6 for each thickness and 9 for brightness data, and total 2250 data were studied. Lastly, the data were evaluated according to TS EN 1469 (2006), TS EN 1468 (2012), TS EN 12058 (2007), TS EN 12057 (2007) and TS EN 1343 (2013) and compared with the results obtained from the control graphs.

When the data evacuated; According to X-S graphs of Denizli travertine thickness values, it was observed that 31 of X and S of 18 were outside the confidence interval. 40 of the CUSUM graphics and 33 of the EWMA graphics are outside the confidence interval. For the brightness values, 24 for X and 4 for S were observed to be out of control. The CUSUM and EWMA results are also very close to one with 34 and 30 samples.

In the grey Imperial work, the values of thickness in X-S graphics are 5 examples of those outside the range of confidence. In the cusum graph, there are 12 samples and 19 samples in EWMA. 23 and 5, CUSUM 20 for X-S graphics for brightness, and 27 EWMA are out of the range of sample trust.

In the Italian grey study, the results of the control charts of the thickness values were shown as follows: x graph 11, s graph 9 CUSUM graph 7, and EWMA 17 samples were out of control. For brightness results, there were 28 in X, 4 in S, 27 in CUSUM, 36 in EWMA.

According to TS EN 1468-1469-12058, 15 of Denizli travertine samples, 2 of gray emprador samples and 3 of Italian gray samples are out of thickness standards. According to TS EN 12057, sample quantities are 20-31 for Denizli travertine, 7-23% for gray emprador and 6-14 for Italian gray.

As a result; Denizli travertine was found to be the most uncontrolled samples in the evaluation of both thickness and brightness measurements. In gray emprador and Italian gray samples, uncontrolled data were found to be glossier. In addition, it is understood that there is a linear relationship between thickness and brightness of the number of non-control samples for Denizli travertine. In the light of this information, it was concluded

that Denizli travertine samples had problems in both sizing and polishing processes due to the fact that they were very hollow, while the other samples contained various minerals and the errors were mostly realized in the polishing stage.

2019, xvi + 111 pages

Keywords: Shewhart, Cusum, Ewma, Quality charts, Marble



TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Metin ERSOY'a, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Sevgi GÜRCAN'a her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Kadriye DAĞLI
AFYONKARAHİSAR, 2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTACT.....	iv
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
RESİMLER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR	5
2. 1. Literatür Taraması.....	5
2.2. Kalite Kavramı.....	7
2.2.1 Kalitenin Unsurları.....	8
2.3 Kalite Kontrol Anlayışı.....	9
2.4 İstatistiksel Kalite Kontrol	9
2.4.1 Tasarım Kalitesi Sınıfı.....	10
2.4.2 Uygunluk Kalitesi Sınıfı	10
2.4.3 Performans Kalitesi Sınıfı.....	11
2.5 Kalite Kontrolde İstatistiksel Proses Kontrolü.....	12
2.6 Doğal Taş Fabrikalarında Üretim Süreci ve Kalite Kontrol	12
2.6.1 Doğal taş Üretim Yöntemleri.....	15
2.6.2 Doğal Taşlarda Kalite Kontrol.....	18
2.6.3 Doğal Taşlarla İlgili Bazı Standartlar.....	20
3. MALZEME YÖNTEM	22
3.1 Alimoğlu Mermer Fabrikası ve Denizli Traverten Özellikleri.....	24
3.2 Demireller Mermer Fabrikası ve Gri Emperadorun Özellikleri.....	26
3.3 Çavdarlar Mermer Fabrikası ve Italy Grey Özellikleri.....	27
3.4 Çalışmada Kullanılan Cihazlar.....	29
3.5 Kontrol Grafikleri	31
3.5.1 Kalite Kontrol Grafiklerinde Normal Dağılım.....	32

3.5.2 Shewhart Kontrol Grafikleri	33
3.5.2.1 X-R Kontrol Grafikleri.....	34
3.5.2.2 X-S Kontrol Grafikleri	35
3.5.3 CUSUM Kontrol Grafiği	36
3.5.4 EWMA Kontrol Grafiği.....	39
4.BULGULAR ve DEĞERLENDİRMe	42
4.1 Kalınlık Ölçümleri ve Kontrol Grafikleri	42
4.1.1 Denizli Traverten için Shewhart Kontrol Grafikleri Uygulaması.....	42
4.1.1.1 X-S Kontrol Grafiğinin Uygulanması.....	42
4.1.1.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması	46
4.1.1.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması.....	49
4.1.2 Gri Emperodor İçin Kontrol Grafiklerinin Uygulanması	52
4.1.2.1 X-S Kontrol Grafiklerinin Uygulanması.....	52
4.1.2.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması	55
4.1.2.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması.....	57
4.1.3 Italy Grey İçin Kontrol Grafikleri Uygulaması.....	60
4.1.3.1 X-S Kontrol Grafikleri Uygulaması	60
4.1.3.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması	63
4.1.3.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması.....	65
4.2 Parlaklık Ölçümleri ve Kontrol Grafikleri	68
4.2.1 Denizli Traverten Kontrol Grafikleri.....	68
4.2.1.1 X-S Kontrol Grafiği Uygulaması.....	68
4.2.1.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması	72
4.2.1.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması.....	74
4.2.2 Gri Emperador Yüzey Parlaklık Ölçüm Değerleri İçin Kontrol Grafikleri.....	77
4.2.2.1 X-S Kontrol Grafiği Uygulaması.....	77
4.2.2.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması	80
4.2.2.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması.....	83
4.2.3 İtaly Grey Yüzey Parlaklık Ölçüm Değerleri Kontrol Grafikleri Uygulaması	85
4.2.3.1 X-S Kontrol Grafiği Uygulaması.....	85

4.2.3.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması	89
4.2.3.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması.....	91
4.3 Verilerin TS EN Standartlarına Göre Değerlendirilmesi.....	94
5. SONUÇLAR	96
6. KAYNAKLAR	104
EKLER.....	108
ÖZGEÇMİŞ.....	111



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

x_i	İ'inci gözlem değeri
$\bar{x}$	Ortalama
R	Değişim aralığı
p	Kusurlu örnek oranı
c	Örnekteki kusur sayısı
σ	Populasyon standart sapması
μ	Populasyon ortalaması
n	Örnek hacmi
σ_R	Değişim aralığı standart sapması
d_2	Oransal (yüzde) değişim aralığı ortalaması
d_3	Oransal değişim aralığı dağılımının standart sapması
$\bar{\bar{x}}$	Ortalama grafiğinde orta çizgi (Genel ortalama)
$\bar{R}$	Değişim aralığı grafiğinde orta çizgi
C_4	Örnek hacmine bağlı bir sabit
$\bar{S}$	Standart sapma grafiğinde orta çizgi
k	Hedeflenen değer
S_i	İ'inci birikimli değer
α	Proses ortalamasında bir kayma yok iken bir kayma nın olduğuna karar verme ihtimali
β	Gerçekte kayma varken bunu tespit edememe ihtimali
Δ	Proses ortalamasında meydana gelen kayma miktarı
A	Bir ölçek faktörüdür ve bu değer yatay eksen üzerindeki 1 birimlik uzunluğa dikey eksen üzerinde karşılık gelen değerdir.
δ	Araştırılmasına karar verilen proses seviyesindeki en küçük kayma miktarı
$\sigma_{\bar{x}}$	Örnek ortalamaları için standart hata
H	Prosedürün karar aralığı
h	Kendisiyle örnek istatistiğinin çarpılması durumunda karar aralığını veren değer
K	V maskesinin kollarının eğimi
k	Kendisiyle örnek istatistiğinin çarpılması durumunda V maskesi kollarının eğimini veren değer
d	OP uzunluğunun değeri
θ	Orta çizgi ile kol arasındaki açı
t	Zamanı
x_t	t zamanındaki gözlem değeri
z_t	t zamanındaki tahmini EWMA değeri
e_t	t zamanında gözlemden elde edilen hata
λ	En son gözleme verilecek ağırlık değeri
$\hat{\sigma}$	Populasyon standart sapmasının tahmini değeri
σ_{zt}	Tahmini EWMA değerinin standart sapması

Kısaltmalar

AKS	Alt kontrol sınırı
CUSUM	Kümülatif toplam
EWMA	Üstel ağırlıklı hareketli ortalama
OÇ	Orta çizgi
ÜKS	Üst kontrol sınırı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Entegre bir mermer işleme tesisi akım şeması	16
Şekil 3.1 Çalışmanın akış diyagramı	23
Şekil 3.2 Kontrol grafiği örneği	32
Şekil 3.3 Normal dağım eğrisi	33
Şekil 3.4 Standart bir V-Maskesi şekli	38
Şekil 4.1 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için X Ort. Grafiği	45
Şekil 4.2 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için S standart sapma grafiği.....	46
Şekil 4.3 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için CUSUM grafiği	48
Şekil 4.4 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için EWMA grafiği	52
Şekil 4.5 Gri emperador kenar kalınlık değerleri için X ortalama grafiği.....	54
Şekil 4.6 Gri emperador kenar kalınlık değerleri için S standart sapma grafiği	54
Şekil 4.7 Gri emperador kenar kalınlık değerleri CUSUM ortalama grafiği.....	57
Şekil 4.8 Gri emperador kalınlık değerleri için EWMA grafiği	59
Şekil 4.9 İtaly grey kenar kalınlık X ortalama grafiği	62
Şekil 4.10 İtaly grey kenar kalınlık S standart sapma grafiği	62
Şekil 4.11 İtaly grey kenar kalınlıkları için CUSUM kontrol grafiği.....	65
Şekil 4.12 İtaly grey kalınlıkları için EWMA kontrol grafiği.....	67
Şekil 4.13 Denizli traverten parlaklık değerleri için X kontrol grafiği	71
Şekil 4.14 Denizli traverten parlaklık değeri için S kontrol grafiği	71
Şekil 4.15 Denizli traverten parlaklık değerleri için CUSUM grafiği.....	74
Şekil 4.16 Denizli traverten parlaklık değeri için EWMA grafiği	76
Şekil 4.17 Gri emperador parlaklık değerleri için ortalama grafiği	79
Şekil 4.18 Gri emperador parlaklık değerleri için S standart sapma grafiği.....	80
Şekil 4.19 Gri emperador parlaklık değerleri için CUSUM grafiği	82
Şekil 4.20 Gri emperador parlaklık değerleri için EWMA grafiği.....	85
Şekil 4.21 İtaly grey parlaklık değerleri için Ortalama grafiği	88
Şekil 4.22 İtaly grey parlaklık değerleri için S standart sapma grafiği	89
Şekil 4.23 İtaly grey parlaklık değerleri için CUSUM grafiği.....	91
Şekil 4.24 İtaly grey parlaklık değerleri için EWMA grafiği	93

Şekil 5.1 Kalınlık nedeniyle kontrol dışında olduğu belirlenen örneklerin dağılımı	98
Şekil 5.2 Parlaklık nedeniyle kontrol dışında olduğu belirlenen örneklerin dağılımı	100
Şekil 5.3 Denizli traverten kontrol dışı parlaklık-kalınlık dağılım grafiği	102
Şekil 5.4 Gri Emprador kontrol dışı parlaklık-kalınlık dağılım grafiği	102
Şekil 5.5 İtaly grey kontrol dışı parlaklık-kalınlık dağılım grafiği	103



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Doğal taşların sınıflandırılması.....	14
Çizelge 2.2 CE markalama testleri	21
Çizelge 3.1 Denizli traverten fiziksel ve mekanik özellikleri.....	26
Çizelge 3.2 Gri Emprador fiziksel ve mekanik özellikleri	27
Çizelge 3.3 Italy Grey fiziksel ve mekanik özellikleri.....	28
Çizelge 3.4 Goloss metre özellikleri.....	31
Çizelge 4.1 Denizli traverten kalınlık (cm), X ortalama, S standart sapma ve R değeri	42
Çizelge 4.2 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri	46
Çizelge 4.3 EWMA kontrol grafiği çiziminde kullanılacak olan Denizli traverten kenar kalınlık ölçümlerine ait veriler.....	49
Çizelge 4.4 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri	50
Çizelge 4.5 Gri emperador kenar kalınlıkları(cm), X Ortalama ve S standart sapma değerleri.....	53
Çizelge 4.6 Gri emperador kenar kalınlık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri	55
Çizelge 4.7 Gri emperador kalınlık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri	58
Çizelge 4.8 İtaly grey kenar kalınlıkları(cm), ortalama ($\bar{X}$), S standart sapma ve değişim aralığı (R)değerleri.....	60
Çizelge 4.9 İtaly grey kenar kalınlıkları için CUSUM kontrol grafiği verileri.....	63
Çizelge 4.10 İtaly grey kalınlıkları için EWMA değerleri	66
Çizelge 4.11 Denizli traverten yüzey parlaklık X ortalama S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri	68
Çizelge 4.12 Denizli traverten parlaklık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri	72
Çizelge 4.13 Denizli traverten parlaklık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri	75

Çizelge 4.14 Gri emperador parlaklık, X ortalama, S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.....	77
Çizelge 4.15 Gri emperador parlaklık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri .	81
Çizelge 4.16 Gri emperador parlaklık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri...	83
Çizelge 4.17 İtaly grey parlaklık, X ortalama, S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.....	85
Çizelge 4.18 İtaly grey parlaklık, X ortalama ve Standart sapma değerleri	89
Çizelge 4.19 İtaly grey parlaklık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri	92
Çizelge 4.20 Kontrol dışı örneklerin dağılımı.....	95

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 2.1 Blok sağlamlaştırma işlemi	17
Resim 2.2 Ebatlı doğal taşların kalite kontrol ve paketlenme işlemi	20
Resim 3.1 Çalışmada kullanılan örnekler (a: İtaly grey b: Denizli traverten c: Gri emperador	22
Resim 3.2 Kalınlık ve parlaklık ölçümü	24
Resim 3.3 Seleksiyon bölümü.....	24
Resim 3.4 Plaka kalite kontrol	25
Resim 3.5 Ambalajlama.....	25
Resim 3.6 Demireller Mermer Fabrikası	26
Resim 3.7 Çavdarlar mermer fabrikası.....	28
Resim 3.8 Kumpasla kalınlık ölçümü	29
Resim 3.9 Golosmetre ve bölümleri (KDJ 2000).....	30
Resim 3.10 Glosmetre cihazı ile ölçüm görüntüsü	31

1.GİRİŞ

İnsanlığın varoluşuyla birlikte temel yaşam ihtiyaçları ortaya çıkmıştır. Bu ihtiyaçlar içinde bulunduğu dönemin etkisi altında değişim göstermiştir. İhtiyaçlar beraberinde icatları ortaya çıkarmıştır. Birçok icatla birlikte talep edilen ürünlerin çeşitliği artmıştır. Ürün çeşitliliğinin artması ile birlikte üretici ve tüketici arasındaki köprü ilişkisinde kalite kavramı önem kazanmış üretici ve tüketici memnuniyetini kapsar hale gelmiştir.

Kalitenin temeli, Dünya Savaşları sonrası Amerika'da atılmış ve Japonya'da olgunlaşmıştır. Bilgi çağında yaşadığımız şu günlerde kaliteyi etkileyen en önemli unsur teknolojidir. Bir ürünün kalitesi ya da ihtiyaç duyulan özellikleri müşteriler tarafından belirlenmektedir. Endüstride üretici ve tüketici olarak iki kavram olsa da aslında bu kavramlar bir parçanın bütünüdür. Müşteri üründen memnun olursa üreten kişide memnun olacaktır. Kalite tarifi böylece iki boyutta belirtilirse tüketicinin memnuniyeti, üreticinin ise hatasız üretimidir.

Bu iki önemli boyutu muayene edebilmek için belirli seçimler yapılarak ve bu seçimleri analiz ederek hatasız üretim ve müşteri memnuniyeti sağlanabilir. Müşteri memnuniyetinin devamlığı için üreticiler ürün kontrolünü belli aralıklarla yani istatistiksel verilerle kontrol altında tutabilirler. İstatistiksel kalite kontrol yöntemi üretim esnasında belirli zaman aralıklarında üretilen üründen alınan numunelerle toplam üretim üzerine yorum yapar.

Bir üretim de istatistiksel olarak kalite kontrol işlemi seçiminde üretimdeki unsurlar, makineler, üretilen ürünün birim değerleri, ürün çeşitliği gibi faktörlerdir. Birçok istatistiksel seçim yöntemleri vardır. Bunlardan en yaygın olanları Shewhart kontrol CUSUM, EWMA grafikleridir. 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 Shewhart kalite kontrol grafikleridir. Bu grafikler hem süreçlerin

hassasiyetini ölçmek için hem de endüstriyel süreçlerde özel nedenlerin oluşumunu belirlemek için fayda sağlamaktır (Montgomery 2009).

CUSUM (Cumulative Sum) kontrol grafiği, esas olarak zaman üzerinden yapılan ardışık işlemler serisinin sonucu ortaya çıkan değişkenin grafiksel görüntüsüdür. Cusum kalite kontrol grafiği elverişsiz üretim seviyesini belirlemeye imkân sağlamaktadır (Oktay vd. 2001). Cusum kalite kontrol grafikleri, Shewhart kalite kontrol grafiklerinin örneklem ortalamalarındaki küçük ancak sürekli kaymalara karşı duyarsızlığı nedeniyle, bu grafiklere alternatif olarak geliştirilmiştir. 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. Hareketli ortalama grafiği, hareketli ortalamanın kronolojik bir çizimidir. Hareketli ortalama hesaplanırken en eski bireysel ölçüm düşünülür ve en yeni bireysel ölçüm eklenerek ortalama değeri güncellenmektedir. 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 (Öztürk 2013).

Madencilik sektöründe üretimin her aşaması farklılık göstermektedir. Farklı çalışma alanları ve koşullarının denetlenmesi ve kontrol altında tutulması oldukça zordur. Son zamanlarda, kalite kavramı gelişme göstermesiyle birlikte madencilik sektöründe de müşteri memnuniyeti ve üretici memnuniyeti önem kazanmıştır. Bununla birlikte kalite ve kalite kontrol harcamaları artmıştır. Üretimdeki hataların belirlenmesi için, üretimin her aşamasıyla ilgili sayısal verilere ihtiyaç duyulur. Bu sayısal veriler, istatistiksel yöntemlerle yorumlanır risklerin azaltılması yönünde kullanılır. Üreticiler, müşteri isteklerini ve teknolojinin veya zamanın gerektirdiği koşulları takip etmelidir. Böylece kendi kalite kontrol sistemlerini oluşturabilirler. İşletmeler kalite yöntemlerini belirlerken uzun dönemli stratejik politikalar oluştururlar.

Çalışmanın konusu olan doğal taş fabrikalarında kalite kavramı üretilen ürünler ve üretim süreci olarak iki ana başlıkta değerlendirilebilir. Üretilen ürünlerle ilgili konular, kesilen

taşın jeolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri, fiziksel ve mekanik özellikleri renk ve dokusu gibi gruplandırılabilir. Üretim süreciyle ilgili faktörler ise ürün boyutları (en ve boy), kalınlık ve yüzey özellikleri olarak üçe ayrılabilir. Mermerin kalitesine etki eden unsurlardan yapısal özelliklerinden kaynaklanan sorunlarda üretim aşaması içerisinde dolgu ve sağlamlaştırma gibi mücadelelerle giderilebilir. Ancak renk, doku, petrografik özellikler vb. gibi unsurlar değiştirilemez. Üretim sürecinde kullanılan makine donanımının teknolojisiyle ya da üretimi yapan çalışanların göstermiş oldukları hassasiyetle ilgilidir. Makinaların yenilenmesi, makine operatörünün eğitimi yönetsel faaliyetlerdir. Buna göre doğal taş üretiminde kalitenin artırılması için yöneticilerin müşteri memnuniyetini ve dolayısıyla kaliteyi ön plana çıkarmaları yeni teknolojik makineler kullanmaları ve üretim içi eğitime ağırlık vermeleri gerektiği söylenebilir.

Doğal taş fabrikalarında kalite kontrolün yapıldığı seleksiyon bölümünde üretilen ürünlerin renk ve desenlerine göre sınıflandırmanın yanı sıra boyut kalınlık ve parlaklık kontrolü yapılır. Boyutları uygun olmayan ürünler doğrudan atık bölümüne ya da başka kullanım alanı için ayrılır. Yüzey parlaklığında istenen hedefe ulaşmayan ürünler için iyileştirme işlemleri yapılır. Doğal taş üretiminde yapılan bu ikinci işlem ek bir maliyet getirir. Bu yüzden kontrollerin belli aralıklarla yapılması ve sapmaları anında belirleyerek nedenlerinin ortadan kaldırılması gerekir.

Bu amaçla Afyon bölgesinde faaliyet gösteren üç adet doğal taş üretim fabrikasının seleksiyon bölümündeki faaliyetler incelenmiştir. Fabrikalarda dönemsel olarak farklılık gösterse de genellikle bir aya iki farklı doğal taş üretimi yapılır. Kalite kontrol işlemleri renk ve desenlerine göre sınıflandırılması kırık ve boşluk gibi kusurların belirlenmesi parlaklık kontrolü gibi işlemler yapılır.

Bu çalışmada Denizli traverten, Gri emperador ve Italy grey ticari adlarıyla pazarlanan üç adet doğal taş çeşidinin kalınlık ve parlaklık değerlerindeki sapmalar incelenmiştir. Fabrikada alınan ölçümler hafta içi 5 gün olmak üzere sabah vardiyasının 08:30, 11:30, 13:30 16:30 saatlerinde dört farklı zaman dilimi olarak gerçekleştirilmiştir. Kusurların bariz görüldüğü ve doğrudan ıskartaya atılan ürünler çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Ölçümlerde 60x60 cm ebatlarında plakalar kullanılmış olup kalınlık

ölçümlemlerinde kenarlarından 6 farklı nokta parlaklık ölçümlemlerinde ise 9 farklı bölgeden veriler alınmıştır. Ölçümlemlerde örnek sayısı 50 ye ulaştığında sonlandırılmıştır. Sonuç olarak üç farklı doğal taş türüne ait toplamda 2250 veri alınmış ve X-S, CUSUM, EWMA kontrol grafikleri kullanılarak değerlendirilmiştir.



2. LİTERATÜR

2. 1. Literatür Taraması

Kontrol grafiklerinin kullanımı ile ilgili diğer birçok çalışma kullanılmaktadır. Bu çalışmadan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Sarışık vd. (2010), mermer makinelerinde üretilen doğal taş nihai ürünlerinin kalite kontrolü ve standartlara uygunluğunu araştırmışlardır. Bloktan levha ve plaka üretiminde yaygın olarak kullanılan elmas lamalı ktraklar, geniş bant cila, dairesel testereli blok kesme makineleri, yarma hattı, dar bant cila ve mermer plaka- fayans hatlarından çıkan ürünlerde kalınlık, ebat ve gönye toleransları göz önüne alınarak istatistiksel olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen veriler, SPSS-15.0 programı kullanılarak, aritmetik ortalamaları, standart hata miktarları, minimum ve maksimum noktaları hesaplanmıştır. Çalışmaya uygun test tekniği belirlenip, normal dağılım ve kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda mermer makinelerinde levha ve plaka üretimine yönelik öneride bulunulmuştur.

Zeki (2011), çalışmasında ürün yüzey hatalarının tespiti için yetersiz aydınlatma altında alınan parke yüzey görüntüleri üzerinde uygulamalar yapılmıştır. Görüntü yayılım algoritmalarından en çok bilinen Anizotropik yayılım yaklaşımlarının karakteristiklerinin incelenmesi ve ürün yüzeylerindeki belirgin olmayan hatalarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Demir ve Mirtağioğlu (2016) tarafından yüksek lisans tez çalışmasında (Shewhart) değişken nicelikler için kontrol grafikleri, (CUSUM) birikimli toplam kontrol grafikleri ve (EWMA) üstel ağırlıklı hareketli ortalama kontrol grafikleri, süreç içerisinde hedeflenen ortalama da oluşabilecek bu kaymaları tespit etmeden önce hedeflenen ortalama ve süreç boyunca kullanılacak olan kontrol sınırları hesaplanmıştır. Bu çalışmadaki kablo çaplarına (mm) ait veriler, Gebze-organize sanayi bölgesinden alınmıştır. Veri kümesi 229 m/dk'lık hızla çalışan bir makineden belirli zaman aralıklarıyla alınan kablo dış çap (mm) ölçümlerinden oluşmaktadır. Çalışmadaki veri

kümesi, 625 dk. boyunca kablo dış çap ölçümlerine ait 125 adet ölçümü içermektedir. Buna göre veri setindeki ölçümler, 25 dk.'lık dilimler şeklinde düzenlenmiş ve 5 dk'da bir alınan ölçüm değerleri kontrol tablolarına işlenmiştir. Düzenlenen veri setine önce Shewhart, daha sonra CUSUM ve EWMA kontrol grafikleri uygulanarak süreç hakkında bilgi edinilmiş, geçici kontrol sınırları belirlenmiş, genel ortalamadan sapmalar tespit edilmiş ve üretim süreci için ileriye dönük tahminler yapılmıştır.

Kasap (2006), yüksek lisans tez çalışmanın uygulama kısmında SAMMEY A.Ş. de paketleme makinesinden 120 adet, gr. cinsinden veri almıştır. Bu veriler kullanılarak şirketin eski paketleme makinasını seri üretime geçildiğinde de kullanıp kullanamayacağını belirlemek için Shewhart, CUSUM ve EWMA kalite kontrol grafikleri çizilmiştir. Kontrol grafikleri sonucu şirket seri üretim sürecine geçtiğinde, kullanmakta olduğu paketleme makinasının paketlenen ürünler üzerinde verdiği tahribat miktarlarının göz ardı edilebilecek kadar az olduğu görülmüştür. Buna göre şirketin kullanmakta olduğu paketleme makinasını seri üretim için de kullanmaya devam edebileceği sonucuna varılmıştır.

Elevli vd. (2006), istatistik proses kontrol yöntemlerinden $\bar{X}$ ve R kontrol grafikleri ile kömür kalitesindeki değişkenlik incelenmiştir. $\bar{X}$ kontrol grafiğinde tüm noktalar alt ve üst kontrol sınırları arasında olmasına rağmen, bazı noktalar kontrol sınırlarına oldukça yaklaşmış bulunmaktadır. Ayrıca orta çizgi etrafında da düzensiz bir dağılım gözlenmektedir. Bu nedenlerden dolayı prosesin kontrol altında olmadığına karar verilmiştir. R kontrol grafiğinde ise tüm değerler kontrol sınırları içeresindedir. Ancak bazı örneklerin değişkenliğinin fazla olması, $\bar{X}$ grafiğindeki sonuçları destekleyerek prosesin kontrol altında olmadığını işaret eder.

Yaman (2015), yapmış olduğu yüksek lisans tezinde mermer fabrikalarında ürünün kalitesini görüntü analiz yöntem verilerini kullanmıştır. Çalışmaya göre doğal ortamda alınan görüntülerin kalitesi ve kolay analiz edilebilirliği, görüntü alma cihazının kapasitesinin yanında ışığın konumundan da etkilenmektedir. Bu nedenle görüntüde bulunan gölgelerin, analiz çalışmalarındaki hataları en az düzeyde etkileyecek çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca görüntüde bulunan büyüklüklerin gerçek büyüklüklere

çevrilmesinde, görüntü alma cihazlarının teknolojisi nedeniyle hatalar oluşabilmektedir. Sonuç olarak; bu hatalar en aza indirecek çalışmalar yapılmalı bunun yanında üç boyutlu analiz çalışmalarına imkân sağlayacak teknikler geliştirileceği sonucuna ulaşılmıştır.

2.2. Kalite Kavramı

Kalite insanların bir ürün veya hizmet için seçim yapmalarına neden olan kriterlerden biri 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 mükemmele ulaşma isteği sonucunda ortaya çıkmıştır. Latince nasıl oluştuğu anlamına gelen "Qualis" kelimesinden türeyerek "Qualitas" kelimesiyle ifade edilmiştir. Türetildiği anlam bakımından, temelde kalitenin üretim sürecindeki iyileştirme işlemlerine odaklandığı görülmektedir (Akkoyun 2006).

Kalite göreceli bir kavramdır ve kaliteyi çeşitli şekillerde tanımlamak mümkündür: (i) Bir ürün veya hizmetin, belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özelliklerin toplamıdır. (ii) Müşteri ihtiyaçlarının tatmini, operasyon performansının iyileştirilmesi ve maliyetlerin düşürülmesi amacıyla kullanılan stratejik bir araçtır. (iii) Bir ürünün veya hizmetin kalitesi tüketici gereksinimlerini mümkün olan en ekonomik düzeyde karşılamayı amaçlayan karakteristiklerin tümüdür(Akkoyun 2006).

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. Bir hizmet ya da malın belirtilmiş ya da potansiyel ihtiyaçları karşılamadaki başarısı, bir hizmet ya da malın hatasız olmasıdır (Akkoyun 2006).

2.2.1 Kalitenin Unsurları

Tüm değişkenlerin kontrol edilememesi ve karşılanamamasından dolayı kalitenin temel özellikleri hakkında genel kabul görmüş bazı 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.

- 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 (Ertuğrul 2015).

Bu unsurlar dışında teknolojinin gelişmesiyle birçok kavramda olduğu gibi kalite kavramının da unsurları artmaktadır. Bunlardan önemli olanları müşterinin tatmini ve üretimde hatasızlıktır. İşletmeler ürün kalite kontrol işlemi yaparken, kaliteyi oluşturan tüm unsurları dikkate almak zorundadır.

2.3 Kalite Kontrol Anlayışı

1900'lü yıllarda kalite kontrol anlayışı muayeneye dayalı bir sistemdir. Dönemin kalite yönetim uzmanlarından Taylor, Ford ve Weber gibi uzmanların bakış açıları ile kalite, muayene safhasında kontrol edilen ve muayene ile sağlanan bir işlem olarak değerlendirilmiştir. Taylor, farklı kişiler tarafından ele alınan her işin, belirli bir zaman diliminde 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. 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. 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 (Öztürk 2013).

Kalite kontrol işlemlerinde insan faktörü önemlidir. Hammaddenin işlenip paketlenme aşamasına kadar geçen süre zarfında kalite kontrol süreci devam eder. Kalite verimliliğini artırmak için fabrikalarda iş bölümü yapılırken, çalışanların teknik bilgi ve becerilerine göre uygun bölümlere yerleştirilmelidir.

2.4 İstatistiksel Kalite Kontrol

İstatistik, belirli zaman aralıklarında alınan örneklerle yapılan ölçüm işlemleri sonucu popülasyonun tamamı hakkında yorum yapmaktır. İstatistik birçok alanda kullanılır. İstatistiksel kalite kontrolün artan tüketici ihtiyaçları, genişleyen üretim hacmi vb. etkenlerden dolayı ortaya çıktığı görülmüştür. İstatistiksel kalite kontrolü ve kalite

gelişimini başlatan Walter Shewhart, kontrol grafiklerini ilk kullanan kişi olarak kabul edilmektedir. Shewhart'ın çalışmaları daha sonra Deming tarafından geliştirilmiştir. İstatistiksel kalite kontrol grafiklerinin gelişmesi üretim sektöründe rekabeti arttırmıştır. Üretici firmalar kaliteli üretim hassasiyetini korumaya çalışmışlardır. 2. Dünya Savaşı sonunda ortaya çıkan ABD ile kapitalizm doğmuştur. Kapitalizm fikrinin doğuşuyla birlikte üretimde ve tüketimde artış gerçekleşmiştir. Yeni ürünler ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda o dönemde üretilen ürünlerin tasarım ve reklamı mükemmel bir şekilde halka sunulduğu için sağlık olarak yararlı bir ürün olmaması bile satışları engelleyememiştir. Sonuç olarak bir ürünün kalitesi sadece içerikle ilgili değildir. Ürün kalite kontrol sınıflarını 3 başlık halinde ifade edebiliriz: Bunlar tasarım, performans ve uygunluktur (Patır 2009).

2.4.1 Tasarım Kalitesi Sınıfı

Tüketicinin istek ve ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yapılan çalışmalara tasarım denir. Aynı özelliklere sahip iki ürün farklı şekillerde üretilip müşterinin ilgisine sunulabilir. Günümüzde görsel unsurların ön planda olması, kalitede tasarım konusunun önemini arttırmaktadır. Süpren ticari adıyla tanınan doğal taşın 2000'li yılların başında çok yaygın kullanılması, günümüzdeki kullanımının oldukça kısıtlı olan, ürünü kullanan mimarların tasarımlarında yaptıkları değişikliklerdendir. Ayrıca gümüş renkli çok boşluklu travertenin önceleri müşteriler tarafından tercih edilmezken 2010'lu yılların başlarından itibaren talebinin artması doğal taş modasının değişmesi sonucudur. Bu durumda tasarım kalitesinin önemi, üretilen ürünler üzerinde etkisi büyüktür.

2.4.2 Uygunluk Kalitesi Sınıfı

Uygunluk kalitesi, önceden belirlenen ve açık bir şekilde ortaya konan spesifikasyonları sağlayan ürünleri üretme veya servis sunma konusunu içerir. Uygunluk kalitesini müşterinin istediği özellikler belirler. Müşterinin özel sipariş ürünü de bu sınıfa girer. Seri üretim yapılan sanayi firmalarında ise genel tüketici verilerine bakılarak bir uygunluk değeri belirlenir. Belirlenen değerlere uygunluk sağlayan ürünler kalite sınıfını geçerler. Uygunluk kalitesini artırmak için, uygunluk koruma yöntemlerini arttırmak gerekir.

Uygunluk koruma yöntemleri üretim sürecinin denetlenmesi ile mümkündür (Başkan 1997)

Doğal taşlarda uygunluk tasarımı taşın minerolojik, jeolojik, petrografik ve fiziko-mekanik özellikleri ile ilgilidir. Doğal taşlar iç ya da dış mekanlarda kullanılmaktadır. İç mekanlarda sıcaklık değişimleri fazla olsa da ıslak bölgelerde kullanılacak ürünlerin sıvılara karşı dayanımı önemlidir. Dış mekanlarda en çok yer ve duvar kaplamaları olarak kullanılır. Burada bir park yerine döşenen doğal taşın güneş ışınlarının etkisine hava şartlarına ve araçlara karşı dayanım göstermesi önemlidir. Doğal taş pazarlama departmanları açısından taşın fiziksel ve kimyasal özellikleri önem taşır.

2.4.3 Performans Kalitesi Sınıfı

Performans kalitesi, işletmenin ürünlerinin/hizmetlerinin pazardaki performans düzeylerinin müşteri araştırmaları, satış/hizmet analizleri ile belirlenmesidir. Bu çalışmalar, satış sonrası hizmet, bakım, güvenilirlik ve lojistik destek analizi ile müşterilerin neden işletmenin ürününü/hizmetlerini satın almadıklarının araştırılmasını içerir. Performans kalitesi çalışmalarında kalite kaybı, iki kaynaktan aranmalıdır. Birincisi ürünlerin veya hizmetlerin karakteristiklerinin pazarın gereksinimlerinden farklı bir şekilde üretilmesidir. Bu kayıp, pazar bölümü sayısının artırılması ve ürünün müşteri gereklerini karşılayacak şekilde düzeltilmesi ile önlenabilir. İkincisi ise kalite karakteristikleri değişiminin çok fazla olduğu ürün veya hizmet üreten süreçlerde ortaya çıkar. Bu iki kalite kaybı genişletilmiş sürecin performans aşamasında aranmalıdır. Ekip çalışması, genişletilmiş sürecin sürekli iyileştirilmesinde bir önkoşuldur. Bundan dolayı daha olumlu bir çalışma ortamının yaratılması için şu hususlara dikkat edilmelidir: (i) Ekip çalışmasının önemi vurgulanmalıdır. (ii) Hatalı ürünlerin tespit edilmesi yerine, hatalı ürüne engel olma felsefesi yerleştirilmelidir. (iii) Tüm çalışanlar için sürekli eğitim uygulanmalıdır. (iv) Çalışanlar, sürecin sürekli geliştirilmesi felsefesine katkıda bulunmak için teşvik edilmelidir. (v) İş yapan kişilere işin gerektirdiği yetki ve sorumluluk verilmelidir. (vi) Tüm çalışanlar için sağlıklı ve emniyetli bir iş ortamı temin edilmelidir. (vii) İşletme amaç ve politikası çalışanlara düzenli olarak aktarılmalı, çalışanların da sürekli katkıda bulunabilmeleri yönünde motive edilmelidir (İnt.Kyn.2).

2.5 Kalite Kontrolde İstatistiksel Proses Kontrolü

İstatistiksel kalite kontrol en az maliyetle zamanında ve doğru veri üretmektir. Yöntemleri ise istatistiksel proses kontrolü ve ürün kontrolüdür. İstatistiksel proses kontrol, sürecin kalitesini ölçmek amacıyla yapılır ve sürecin kontrol dışına çıktığı belirlenirse, düzeltilmesine yönelik önlemler alınır. Ürün Kontrolü ise bir örnek tasarıma göre kabul veya ret kararının verilmesidir. İstatistiksel proses kontrol de ürünün muayenesi önemi büyüktür, muayene herhangi bir ürünün veya hizmetin ölçü, nitelik veya performansının önceden belirlenmesi işlemidir. Prosesi kontrol dışı bırakan başka bir durum ise, proses sırasındaki değişkenliktir. Değişken birimin sahip olduğu ve bir diğerinden ayırt edilmesine yarayan özelliktir. Değişkenlik ikiye ayrılır. Nitel değişkenler kelimelerle ifade edilebilen değişkenler ve Nicel Değişkenler: Sayılarla ifade edilebilen değişkenlerdir. Prosesteeki değişkenlik nedenleri: Genel Nedenler, her zaman ortaya çıkabilen önceden tahmin edilebilen, birbirinden bağımsız değişkenliklerdir. (Ör: titreşim, nem, sıcaklık, gerilim dalgalanması...) Özel Nedenler, üretim faktörlerinin bir kısmında olan, tek başlarına önemli derecede etkileri olan, az sayıda ortaya çıkan giderilmesi mümkün olan nedenlerdir. (Ör: Makine aşınması, makine boşlukları, vasıfsız elemanlar, çalışanların dikkatsizliği...) İstatistiksel proses kontrolü, kaliteye yönelik faaliyetlerinin verimliliğini olumlu yönde etkilediği bir gerçektir. Üretim ve diğer destek kadroların katılımıyla istatistiksel proses kontrolü ve kalite bilinci bilgilerle desteklenmelidir. Ancak bu bilgiler ışığında prosesteeki problemlerin neler olduğu ve çözüm yolları bulunabilir (Gümüsoğlu 2000).

2.6 Doğal Taş Fabrikalarında Üretim Süreci ve Kalite Kontrol

Doğal taş, iki şekilde tanımlanabilir. Öncelikle petrografik tanıma göre kireçtaşı (kalker), dolomitik, kalker veya bunların değişik oranlarından oluşan karbonatlı kayaçların değişik sıcaklık ve basınçta metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristalleşmesi sonucu oluşan yeni doku ve yapıya sahip metamorfik (başkalaşım) kalsitkristallerinden oluşan kayaçlara doğal taş denir. Diğer bir tanımı olan endüstriyel anlamda doğal taş tanımı ise: ekonomik olarak uygun boyutlarda blok şeklinde kesilip çıkarılabilen, istenen ebatlarda kesilip, talebe göre cilalanıp parlatılabilen ekonomik değere sahip kayaçlardır. Doğal taşların

sınıflandırılması da bu iki tanımdan yararlanılarak gerçekleştirilir (Çizelge 2.1) (Kulaksız 2007).

Doğal taşların birçok çeşitliliğinin olması, kullanım alanlarını arttırmaktadır. Doğal taşların en büyük kullanım alanı inşaat sektörüdür. Binaların özellikle taban kaplamalarında, iç ve dış cephe kaplama malzemesi olarak, merdiven basamakları, sütunlar, mutfak tezgâhları, korkuluklar, şömineler gibi alanlarda mermer hem koruma hem de dekoratif amaçlı olarak kullanılmaktadır. Doğal taş üretiminin yaklaşık %57'si inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak Türkiye'de ya da dünyada inşaat sektörünün canlı olduğu dönemlerde de mermer pazarında canlılık görülebilmektedir. Dünya doğal taş pazarı incelendiğinde; her üretilen ürün türünün bir kullanım alanı olduğu, dolayısıyla her kalitede ürüne talebin olduğu görülebilmektedir (Çonkar vd 2010).

Çizelge 2.1 Doğal taşların sınıflandırılması (Kulaksız 2007).

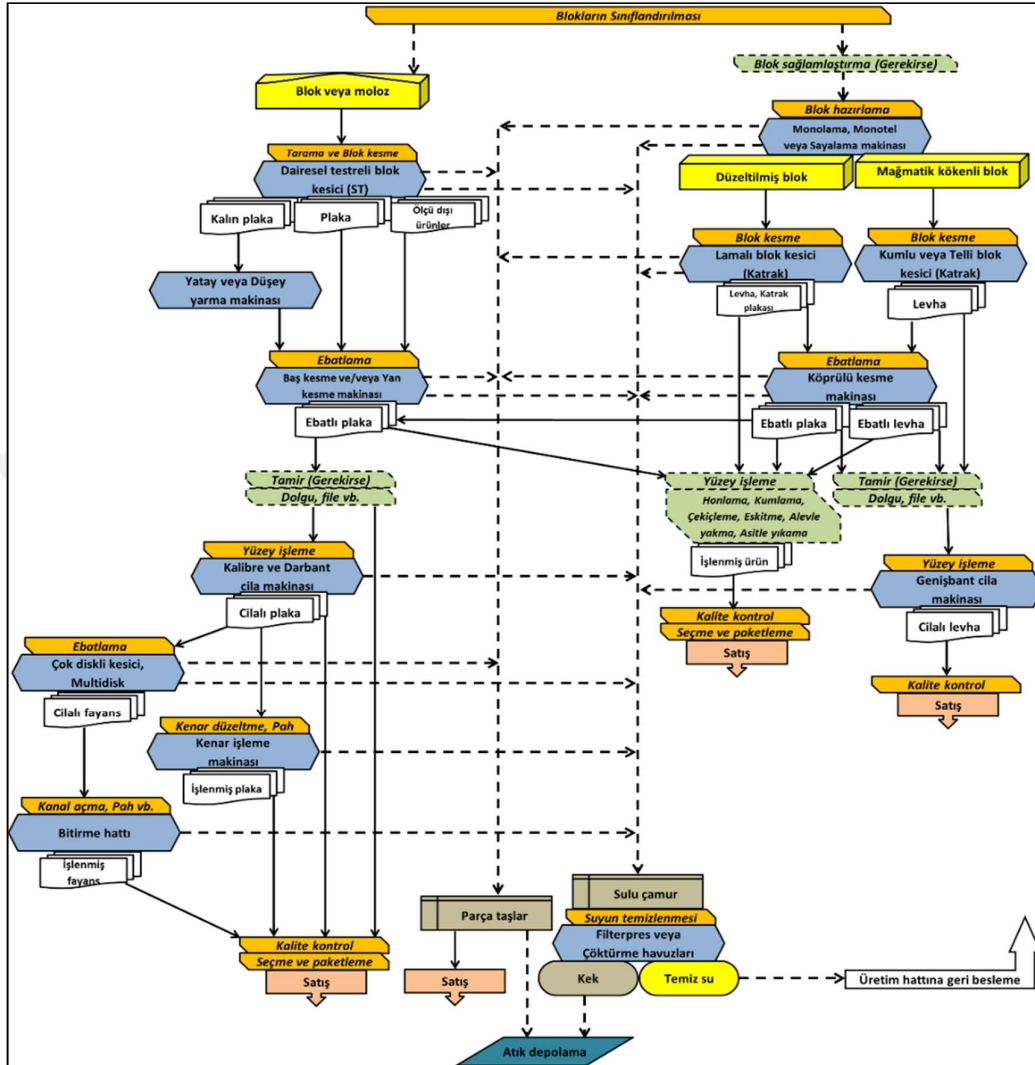
<i>Ticari Adlandırma</i>		<i>Hâkim Bileşenler</i>	<i>Petrografik (Kaya Bilimi) Adlandırma</i>		
			Magmatik Kayaçlar		Metamorfik kayaçlar
			Plutonik	Volkanik	Sedimanter Kayaçlar
Sert Taş (Granit)	Granit, Granitoyid, Kumtaşı, Grovak, Grabro, Norit, Andezit, Bazalt, Kuvarsit, Şistler, Gnayslar, Yeşil Kayaçlar, Bazik vb.	Silis ve/veya silikatlı Mineraller İçerenler veya kayaç kırıntılan ve matriks/çimento	Monzonit-Diyorit		Gnayslar, leptinitler
			Granit ve granit ailesi kayaçlar	Fonolitler	
			Siyanit ve siyanit ailesi kayaçlar	Foyoidler	Şistler ve kalsilikatlı şistler
			Gabro ve gabro ailesi	Bazalt, andazit, dasit	Konglemera, kumtaşı
Mermer	Kireçtaşı, Mermer ve Traverten Grubu	Karbonat, dolomit ve/veya çimento matriks içerenler	Ultra bazik kayaçlar, yeşil kayaçlar		Kuvarsit ve sileyt
					Serpantinit, Amfibolit Şist/ Hornfels
					Mermer ve dolomitik mermerler
Diğer	Alabatr Pumis Grubu	Diğer			Kireçtaşı Dolomit breşler
					Traverten
				Anglomer a, Pumis, volkanik tüfler	Jips, Alabatr

2.6.1 Doğal taş Üretim Yöntemleri

Entegre bir doğal taş fabrikasında plaka hattı levha hattı ve fayans hattı olmak üzere üç ana üretim hattı bulunur (Şekil 2.1). Plaka hatlarında 2x30x30 cm, 3x30x30 cm, 2x30x60 vb. boyutlarında levhalar üretilirken fayans hattında ise kalınlık 1 veya 1,5 cm'dir. Levha hatlarında ise 2x50x100 cm, 3x120x220 cm, gibi daha büyük ebatlı ürünler elde edilir.

Ocaklarda blok olarak üretilen doğal taşlar fabrikaya getirilir boyut ve şekline göre sınıflandırılarak stoklanır. Sınıflandırmada büyük ve düzgün prizma şeklinde olanlar “standart blok” düzgün prizma şeklinde fakat boyut olarak ortalama 1m³ün altında olanlara ise standart “blok altı” ve düzgün prizma şeklinde olmayan doğal taş kütlelerine “moloz” şeklinde sınıflandırılır. Ayrıca fabrikanın iş plan doğrultusunda üretildiği ocağa ve doğal taşın üzerindeki süreksizlik ve renk olarak da sınıflandırılır.

Büyük blokların üzerinde kırık çatlak yoksa direk olarak levha hattı için ayrılır ve monolama ya da monotel yardımıyla katrak makinesine uygun boyutlara getirilir. Blokların çok çatlaklı ya da boşluklu olanları sağlamlaştırma işlemi için epoksi ve diğer kimyasallar yardımıyla gerçekleştirilir (Resim 2.1).



Şekil 2.1 Entegre bir mermer işleme tesisi akım şeması (Kurt vd.2016).



Resim 2.1 Blok sağlamlaştırma işlemleri.

Standart altı bloklarla moloz bloklar plaka veya fayans hatlarında değerdendirilir. Levha hatlarında ktrak, köprü kesme, epoksi fırın, geniş bant silim makinesi bulunur. Kenarları düzgün standart blok öncelikle 35-80 lamalı ktrak makinesine genellikle lama aralıkları 2.2 cm veya 3.2 cm olmaktadır. Ktrak makinesinde kesilen levhalar gerekli ise epoksi fırın hattına daha sonra kenar düzeltilmesi için köprü kesme ve geniş bant silim hattından sonra levhalar paketlenir. Levha türündeki ürünler genellikle özel projeler için ya da nihai müşteri için ek işlem atölyeler için üretilir.

Fayans hatları, S/T (dairesele testereli blok kesici), baş kesme, yan kesme, yatay ya da dikey yarma, kalibre dar bant silim, multi-disk (çoklu kesim), pah bölümlerinden oluşur. S/T makinesine yerleştirilen bloklar önce üst yüzeyinin düzeltilmesi amacıyla tarama işleminden geçirilir. Sonra sipariş ve bloğun durumuna göre 15, 30, 45 ve 60 cm gibi eninde genellikle 2,5 ve 3 cm kalınlığında plakalara ayrılır. Bu plakalar baş kesme ve yan kesme makinelerinde düzeltildikten sonra yarma makinesi yardımıyla yüzeyi boyunca ikiye ayrılarak 1 cm'den daha kalın plakalar elde edilir. Daha sonra plakaların kalınlıkları kalibre makinası ile istenen düzeye indirilir ve parlatılır. Fayans üretiminde son işlem parlatılmış plakaları multi-disk ile istenen boyutlarda kesilmesi kenar pahlarının

yapılması alt kısımlarına oluklarının açılmasıdır. Tüm işlemler tamamlandıktan sonra kalite kontrol Seleksiyon ve paketleme işlemleri yapılır.

Entegre mermer fabrikalarındaki 3 hat plaka adlarıdır. Plaka hatları S/T de blokların kesilmesi baş kesme ve yan kesme ile S/T atlanması ve dar bant silim makinesi ile parlatılır. İsteğe göre kenar pah, pah cila da yapılabilir. Her üç yöntemde de üretilen doğal taş ürünleri gerekli ise dolgu fileleme ve benzeri işlemlerden geçirilerek sağlamlaştırılır bilinir.

2.6.2 Doğal Taşlarda Kalite Kontrol

Doğal taşlarda kalite kontrol ocaklarda ham blokların seçilmesi ile başlar. Bazı firmalar kendi ocaklarına sahip iken kimileri de başkalarına ait olan ocaklardan blok satın alma yoluna giderek ham blok tedarik ederler. Her iki durumda da blokların secimi üretimin diğer aşamaları için hayati önem taşımaktadır çünkü seçilen blokların ürün kalitesi ile ilgili olumlu ya da olumsuz özelliklerini bu aşamadan sonra değiştirmek çok daha zor olacaktır. Dolayısıyla doğal taş üretiminde kalite kontrol ocak öncesi başlayan ve doğal taşın kullanım alanına monte edilmesine kadar devam eden süreçtir (Büyüksağis vd. 2001).

Bir İşlemden etkili bir kalite kontrol uygulandığı zaman gerçekleşmesi umulan amaçlar şöyle sıralanabilir; Mamul kalitesini yükseltmek, mamul dizaynını geliştirmek, işletme maliyetlerinde azalma, ıskarta, işçilik ve malzeme kayıplarında azalma, üretim hattındaki dar boğazlarda azalma, personelin moralini yükseltmek, tüketicinin parasının karşılığını görerek memnun olmasının sağlanması, ülke ekonomisine olumlu katkıların sağlanması, işletme prestijinin artması, işçi ve işveren arasındaki ilişkilerde olumlu yönde düzenleme sağlamadır. Kalite kontrol sisteminin uygulanmasında etkili ve başarılı olmak için, işletmenin tüm organizasyon yapısı içinde bir yerleştirme yapmak ve orada insani ilişkiler kurmak gerekir. Bir işletmede Kalite kontrol organizasyonunun hatalı olduğunu gösteren belirtiler şunlardır: Kalite kontrolün amaçları ve prensipleri belirlenmemiştir, kalite kontrolün sadece muayene ve testlerden ibaret olduğu inancı yaygındır, kalite kontrolün tüm faaliyetleri bir laboratuvarın içinde gelişmektedir, kalite kontrolde doğrudan görevli

kişiler kontrol zihniyeti ile çalışmaktadır, kalite kontrol ile imalatta görevli kişiler arasında devamlı sürtüşme çıkmaktadır, kalite kontrol departmanı imalat içinde bir ünite olarak düşünülmüştür, tepe yönetimi kaliteye önem vermemektedir, işletmenin bazı bölümlerinde kalite kontrol hiç yer almamıştır, üniteler arasında haberleşme ve koordinasyon zayıftır. Bu hatalardan sadece birkaçının mevcut olması dahi, işletmede kalite kontrol sisteminin etkinliğini önemli derecede düşürür. Dolayısıyla organizasyona girerken, sorunu bütün üniteleri ilgilendiren geniş kapsamlı proje olarak ele almak zorunludur (Büyüksağis vd. 2001).

Kalite ile ilgili çalışmaların özeti, müşterinin ne istediğinin tespit edilmesi, talepler doğrultusunda ürün özelliklerinin belirlenmesi, bu özelliklere ulaşmak için gerekli olan üretim standartlarının belirlenmesi, ortaya çıkan standartların hedefe konularak üretime geçilmesi, üretim süreci sırasında da müşteri talepleri ve üretim sistemindeki değişimlerin takip edilmesi. Bu anlamda kalite denildiğinde ilk akla gelen tanımlamalar, standart ve hedefler ile bu hedeflere uygunluğu ölçmeye yarayan istatistiksel araçlardır (Akkoyun vd. 2010).

Standardizasyon; belirli bir faaliyetle ilgili olarak ekonomik fayda sağlamak üzere bütün ilgili tarafların yardım ve iş birliği ile belirli kurallar koyma ve bu kuralları uygulama işlemidir. Standardizasyon esas itibarıyla mal ve hizmet üretiminde aranacak özellikleri ortaya koymakla beraber, diğer alanlarda (hukuk, yöntem vb.) da zaman zaman kullanılabilir. Standardizasyonun üreticiye faydaları, üretimin belirli plan ve programlara göre yapılması, uygun kalite ve seri imalata imkân sağlanması, kayıp ve artıkların en az seviyeye inmesi, verimliliğin ve hasılanın artması, depolamayı ve taşımayı kolaylaştırması, stokların azalması, maliyeti düşürmesi şeklinde sıralanabilir. Standardizasyonun tüketiciye faydaları ise, can ve mal güvenliğini korunması, karşılaştırma ve seçim kolaylığı sağlaması, fiyat ve kalite yönünden aldanmaları önlemesi, ucuzluğa yol açması, ruh sağlığını koruması, stresi önlemesi, tüketicinin bilinçlenmesinde etkin rol oynaması şeklindedir. Standardizasyonun ekonomiye faydaları da, kaliteyi teşvik etmesi, kalite seviyesi düşük üretimle meydana gelecek emek, zaman ve hammadde israfını ortadan kaldırması, sanayii belirli hedeflere yöneltmesi, üretimde kalitenin gelişmesine yardımcı olması, ekonomide arz ve talebin dengelenmesine

yardımcı olması, yanlış anlamaları ve anlaşmazlıkları ortadan kaldırması, ihracatta ve ithalatta üstünlük sağlaması, yan sanayi dallarının kurulması ve gelişmesini sağlaması, rekabeti geliştirmesi, kötü malı piyasadan kovmasıdır. Tüm dünyada doğal taşlarda standardizasyon çalışmaları son yıllarda yükselen bir trende girmiştir. Standart ürün, bir ürünün kalite özellikleriyle ilgili ürün tasarımı, üretim ve ölçme vb. konularda karışıklıktan kurtulmak ve belirli bir düzen kurmak amacıyla “önceden belirlenmiş kurallar” olarak tanımlanabilir. Ülkeler bu konuda ciddi çalışmalar içerisine girmişler ve uluslararası standardizasyonlara göre ulusal standartlarını uyumlu hale getirme çalışmalarına hız vermişlerdir (Büyüksağis vd. 2001).

2.6.3 Doğal Taşlarla İlgili Bazı Standartlar

Doğal taşın ürün kalitesi bakımından uluslararası bazı spesifikasyonlara sahip olması ve uygun belgelerle bunun kanıtlanması gerekmektedir. Bu konuda ülkemizde TS standartları kullanılmaktadır. Uluslararası standartlar ise Avrupa ve Amerika da farklı olarak sunulmaktadır. Piyasaya sunulan mermerlerin cilasındaki kalite, ölçü ve gönyelerindeki kusursuzluk, pahlamanın düzgünlüğü, renk ve desenindeki homojenlik, fiziksel arıza içermeyecek şekilde sınıflandırılmasının, doğal taş ticaretinde ve özellikle ihracat da önemi büyüktür. Tüm bu özelliklerin sağlanması ocakta üretilen doğal taş bloklarından son ürün olan levha ve ebatlı doğal taşların paketleme işlemi kalite kontrolü yapılmalıdır (Resim 2.2). Mermer işleme tesislerinde hızla yaygınlaşan uluslararası kalite yönetim sistemi anlayışı (ISO) ile de ürün bazında kalite ve verim artışı da sağlanmaktadır (Onargan vd. 2006).



Resim 2.2 Ebatlı doğal taşların kalite kontrol ve paketleme işlemi.

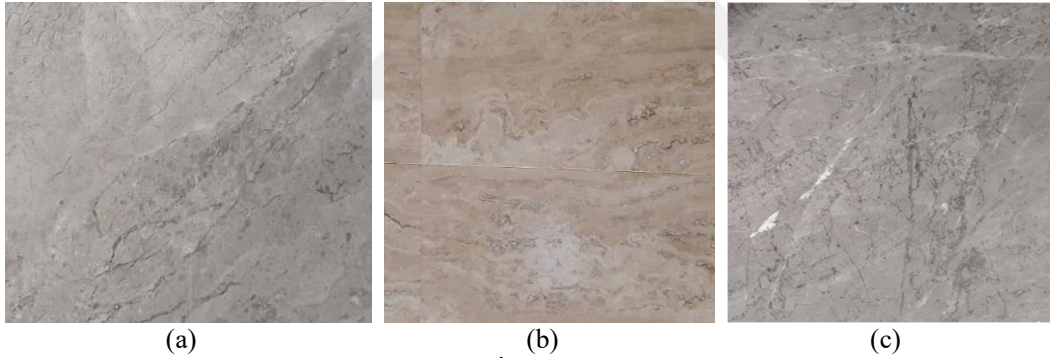
Ülkemizde doğal taş sektörü, dünyanın birçok bölgesine ihracat yapan bir sektördür. Dolayısıyla müşteri konumundaki ülkelerin belirlediği standartlarda üretim yapmak bir zorunluluktur. Ayrıca Avrupa Birliği'ne aday ülke olmamız nedeniyle, yapılan üretimin öncelikle CE standartlarına uygun olması gerekir. CE standartlarına göre doğal taşlarda yapılması gereken test ve deneyler çizelgede belirtilmiştir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2 CE markalama testleri (CE 2008).

<i>Referans standart: EN 1469 Özellikler</i>	<i>Test Metodu</i>
<i>Ateşle reaksiyonu</i>	Test etmeden bakarak karar verme 96/603
Eğilme dayanımı	EN 12372
Tespit primi deliğindeki kırılma yükü	EN 13364
Su buharı geçirgenliği	EN ISO 12573 veya EN 12524
Görünür yoğunluk	EN 1936
<i>Dış kaplama, taş levha için CE markalama testleri</i>	
<i>Referans standart: EN 12058</i>	<i>Test Metodu</i>
<i>Özellikler</i>	Test etmeden bakarak karar verme 96/603
Ateşle reaksiyonu	EN 12372
Eğilme dayanımı	EN 13364
Tespit primi deliğindeki kırılma yükü	EN ISO 12573 veya EN 12524
Su buharı geçirgenliği	EN 1936
Görünür yoğunluk	EN 140666
Termik şok direnci	EN 12371
Donma direnci	
<i>Merdiven basamağı ve zeminde sleytin CE markala Testleri (İç mekân)</i>	
<i>Referans Standart: EN 12058</i>	<i>Test Metodu</i>
<i>Özellikler</i>	Test etmeden bakarak karar verme 96/603
Ateşle reaksiyonu	EN 12372
Eğilme dayanımı	EN14231
Kayma direnci	Görsel kontrol
Dokunulma	EN 1936
Görünür yoğunluk	
<i>Merdiven basamağı ve döşeme için taş levhanın CE markalama testleri (Dış mekân)</i>	
<i>Referans Standart: EN 12058</i>	<i>Test Metodu</i>
<i>Özellikler</i>	EN 12372
Eğilme dayanımı	EN 14231
Kayma direnci	Görsel kontrol
Dokunulma	EN 12371
Donma direnci	EN 14066
Termik şok direnci	
<i>İç mekân kaplama, modüler karoların CE markalama test metotları</i>	
<i>Referans: EN 12057</i>	<i>Test Metodu</i>
<i>Özellikler</i>	Test etmeden bakarak karar verme 96/603
Ateşle reaksiyonu	EN 12372
Eğilme dayanımı	EN ISO 12573 veya EN 12524
Su buharı geçirgenliği	EN 1936
Görünür yoğunluk	
<i>Dış kaplama, modüler karoların CE markalama test metotları</i>	
<i>Referans: EN 12057 Özellikler</i>	<i>Test metodu</i>
Ateşle reaksiyonu	Test etmeden bakarak karar verme 96/603
Eğilme dayanımı	EN 12372
Donma Direnci	EN 12371
Su buharı geçirgenliği	EN ISO 12573 veya EN 12524
Termik şok direnci	EN 14066
Görünür yoğunluk	EN 1936

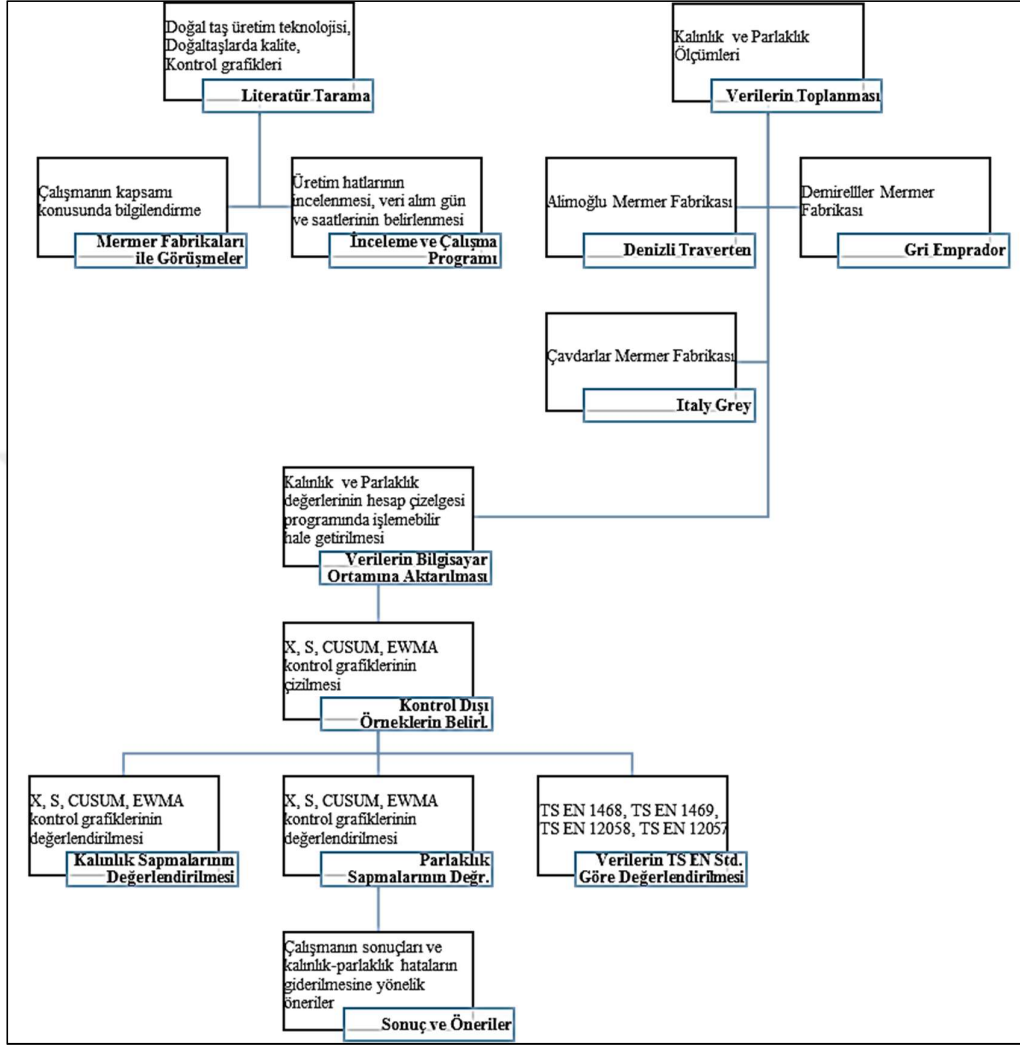
3. MALZEME VE YÖNTEM

Çalışma altı aşamada gerçekleştirilmiş olup ilk aşamada doğal taşların üretim yöntemleri, kalite, kalite kontrol kavramları ve kalite kontrol grafikleri ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. İkinci aşamada çalışmanın yapıldığı doğal taş fabrikalarıyla temasa geçilmiştir. Afyonkarahisar’ da faaliyet gösteren Alimoğlu Madencilik San. ve Tic. A.Ş., Demireller Mermer Sanayi Ticaret A.Ş. ve Çavdarlar Mermer Sanayi Ticaret AŞ’den gerekli izinler alınmıştır. Üçüncü aşamada mermer fabrikaları tek tek ziyaret edilerek, fabrikalardaki üretim hatları, kalite kontrol, seleksiyon bölümleri incelenmiş, veriler alınarak gün ve saatler konusunda bir program hazırlanmıştır. Dördüncü aşamada ise fabrikalarda program dâhilinde kalınlık ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler fabrikada o anki üretimi yapılan ticari isimleriyle bilinen Denizli traverten, Italy grey, Gri emperador olan doğal taşlar üzerinde yapılmıştır (Resim 3.1).



Resim 3.1 Çalışmada kullanılan örnekler (a: İtaly grey; b: Denizli traverten; c: Gri emperador).

Beşinci aşamada elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılmış, kalite kontrol grafikleri çizilmiştir. Son aşama olan altıncı aşamada çizilen kontrol grafiklerindeki sapmalar ve bu sapmaların nedenleri belirlenerek ürün kalitesinin artırılması için öneriler sunulmuştur. Çalışma kapsamında yapılan faaliyetler şemada gösterilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Çalışmanın akış diyagramı

Ölçümler fabrikaların seleksiyon, paketleme bölümünde 60x60 cm boyutlarındaki plakalar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kalınlık ölçümleri her bir örneğin kenarlarının 6 farklı noktasından, parlaklık ölçümleri ise örneğin yüzeyi boyunca 9 farklı noktadan yapılmıştır. Ölçümü yapılan birinci örnekler sabah vardiyası başlangıcından itibaren seleksiyon bölümüne gelen ilk üretimlerden, ikinci örnekler öğle paydosu öncesi, üçüncü örnekler öğleden sonra, dördüncü örnek vardiya sonu alınmıştır (Resim 3.2).



Resim 3.2 Kalınlık ve parlaklık ölçümü.

Böylece bir yönde bir günde dört örneğe ait kalınlık ve parlaklık verileri elde edilmiştir. Ölçü alımına hafta içi çalışma saatleri boyunca devam edilmiş, örnek sayısı 50 ye ulaşıldığında durdurulmuştur (Resim 3.3). Sonuç olarak üç doğal taş üretim fabrikasında 1,5 aylık çalışma sonucunda 2250 veri elde edilmiştir.



Resim 3.3 Seleksiyon bölümü.

Çalışmada kalınlık ölçümlerinde verniyerli kumpas, parlaklık ölçümlerinde ise novo goloss marka gloss metre kullanılmıştır. Elde edilen veriler bilgisayara aktarılmış ve literatürde yaygın olarak görülen X, S, CUSUM, ve EWMA kontrol grafikleri çizilmiş, sonuçlar yorumlanmıştır.

3.1 Alimoğlu Mermer Fabrikası ve Denizli Traverten Özellikleri

Çalışmanın yapıldığı Alimoğlu Mermer fabrikası, Afyonkarahisar ili organize sanayi bölgesinde 5490 m²'lik kapalı alanda faaliyetlerini sürdürmektedir (Resim 3.4, 3.5).



Resim 3.4 Plaka kalite kontrol.



Resim 3.5 Ambalajlama.

Fabrikanın makine parkında altı adet 65 cm'lik testereye sahip S/T makinesi, 100 lamalı 1 adet katarak, 80 lamalı 1 adet katarak, 40 lamalı 2 adet katarak, 3 adet köprü kesme, 1 adet geniş bant silim, 5 adet dar bant silim, 7 adet baş kesme, 1 adet yan kesme, 1 adet dolgu makinesi, Polyester hattı, 4 adet trimming, 2 adet 5 kafalı çoklu ebatlama, 3 adet yarma makinesi, 1 adet kumlama, 3 adet pah makinesi mevcuttur.

Denizli travertenin petrografik tanımı kayaç, mikritik kalsit dokudan oluşan boşluklu kireçtaşı ve çatlakları boyunca ince taneli kalsitler gelmiştir. Denizli traverten Alimoğlu Madencilik Şirketi'nin Denizli mevkinde bulunan doğal taş ocağından çıkarılmaktadır. Denizli travertenin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiş olup deneyler firma tarafından Süleyman Demirel Üniversitesi Doğal taş teknoloji laboratuvarında yaptırılmıştır.

Çizelge 3.1 Denizli traverten fiziksel ve mekanik özellikleri.

Özellik	Birim	Değer	Standart
Atmosfer basıncında su emme	%	3,19±0,19	TS EN 13755
Kılcal etkisiyle bağlı su emme katsayısı	g/m ² .s ^{0.5}	26,98±3,85	TS EN 1925
Görünür yoğunluk	kg/m ³	2299±27,9	TS EN 1936
Açık gözeneklilik	%	7,32±0,36	TS EN 1936
Yoğun yük altında bükülme dayanımı	MPa	7,02±0,6	TS EN 12372
Dona dayanım	%	17,71	TS EN 12371
Isıl şok direnci	Kütle değişimi	0,245	TSEN 14066
	Elastiklik modül değişimi	20,59	
Su buharı direnci (kuru)	μ değeri	178	TS EN 12524
Isı iletkenliği	w/m.K	1,93	TS EN 12524
Aşınma dayanımı	cm ³ /50 cm ²	19,68±2,26	TS EN 14157
P-dalgı hızı	m/s	5070±138	TS EN 14579

3.2 Demireller Mermer Fabrikası ve Gri Emperadorun Özellikleri

Demmer Demireller Mermer Sanayi Ticaret A.Ş. Afyonkarahisar- Ankara karayolunun 22. km'sinde Türkiye mermerlerinin kalbi olarak bilinen İscehisar Mermer Sanayi Bölgesinde 80.000 m² alan üzerine kurulmuş olup 20.000 m² kapalı alana sahiptir (Resim 3.6).



Resim 3.6 Demireller Mermer Fabrikası.

Demmer doğal taş üretim fabrikasının makine parkındaki makineler firmanın kendi üretimidir. Fabrikada sekiz adet 65 cm'lik testereye sahip S/T makinesi, 100 lamalı 2 adet katrak, 80 lamalı 4 adet katrak, 4 adet köprü kesme, 1 adet geniş bant silim, 5 adet dar bant silim, 8 adet baş kesme, 2 adet yan kesme, 1 adet dolgu makinesi, Polyester hattı, 5 adet trimming, 3 adet 6 kafalı çoklu ebatlama, 3 adet yarma makinesi, 1 adet kumlama, 3 adet pah makinesi, 3 adet eskitme tamburu bulunmaktadır. Fabrikada üretimi yapılan Gri emperador doğal taşın petrografik tanımı, ince ve orta taneli çoğunlukla öz şekilli dolomit kristallerinden ve mikritik olarak karbonat çamurundan oluşmakta ve dolomit olarak tanımlanmaktadır. Gri Emperador doğal taşının mekanik ve fiziksel testleri firma tarafından Süleyman Demirel Üniversitesi Doğal taş analiz laboratuvarında yaptırılmış olup Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Gri Emprador fiziksel ve mekanik özellikleri.

<i>Özellik</i>	<i>Birim</i>	<i>Değer</i>	<i>Standart</i>
Atmosfer basıncında su emme	%	0,30±0,04	TS EN 13755
Kılcal etkisiyle bağlı su emme katsayısı	g/m ² .s ^{0,5}	2,06±0,72	TS EN 1925
Görünür yoğunluk	kg/m ³	2677±2,4	TS EN 1936
Açık gözeneklilik	%	0,80±0,1	TS EN 1936
Yoğun yük altında bükülme dayanımı	MPa	14,91±1,9	TS EN 12372
Dona dayanım (-)	%	14,85	TS EN 12371
Isıl şok direnci	Kütlece	%	0,120
Elastiklik modülü değişimi	%	36,88	TS EN 14066
Su buharı direnci	μ değeri	272	TS EN 12524
Isı iletkenliği	w/m.K	2,5	TS EN 12524
Aşınma dayanımı	cm ³ /50 cm ²	11,01±0,05	TS EN 14157
P-dalga hızı	m/s	6050±249	TS EN 14579

3.3 Çavdarlar Mermer Fabrikası ve Italy Grey Özellikleri

Çavdarlar Mermer Sanayi Ticaret A.Ş. Afyonkarahisar- Ankara karayolunun 10. Km'sinde Türkiye mermerlerinin kalbi olarak bilinen İscehisar Mermer Sanayi Bölgesinde 65.000 m² alan üzerine kurulmuş olup 15.000 m² kapalı alana sahiptir (Resim 3.7). Firmanın doğal taş fabrikasında bulunan makine ve ekipmanları, beş adet 65 cm'lik testereye sahip S/T makinesi, 80 lamalı 4 adet katrak, 4 adet köprü kesme, 1 adet geniş bant silim, 5 adet dar bant silim, 7 adet baş kesme, 2 adet yan kesme, 1 adet dolgu makinesi, Polyester hattı, 5 adet trimming, 3 adet, çoklu ebatlama 2 adet, 3 adet yarma makinesi, 1 adet kumlama, 2 adet pah makinesi, 1 adet eskitme tamburu bulunmaktadır.



Resim 3.7 Cavadarlar mermer fabrikası.

Firmanın kendi bünyesinde olan Afyon Şuhut bölgesinde faaliyet gösteren Italy Grey ocağı bulunmaktadır. Italy Grey doğal taşının fiziksel ve mekanik testleri firma tarafından Afyon Kocatepe Üniversitesi doğal taş analiz laboratuvarında yaptırılmıştır (Çizelge 3.3).

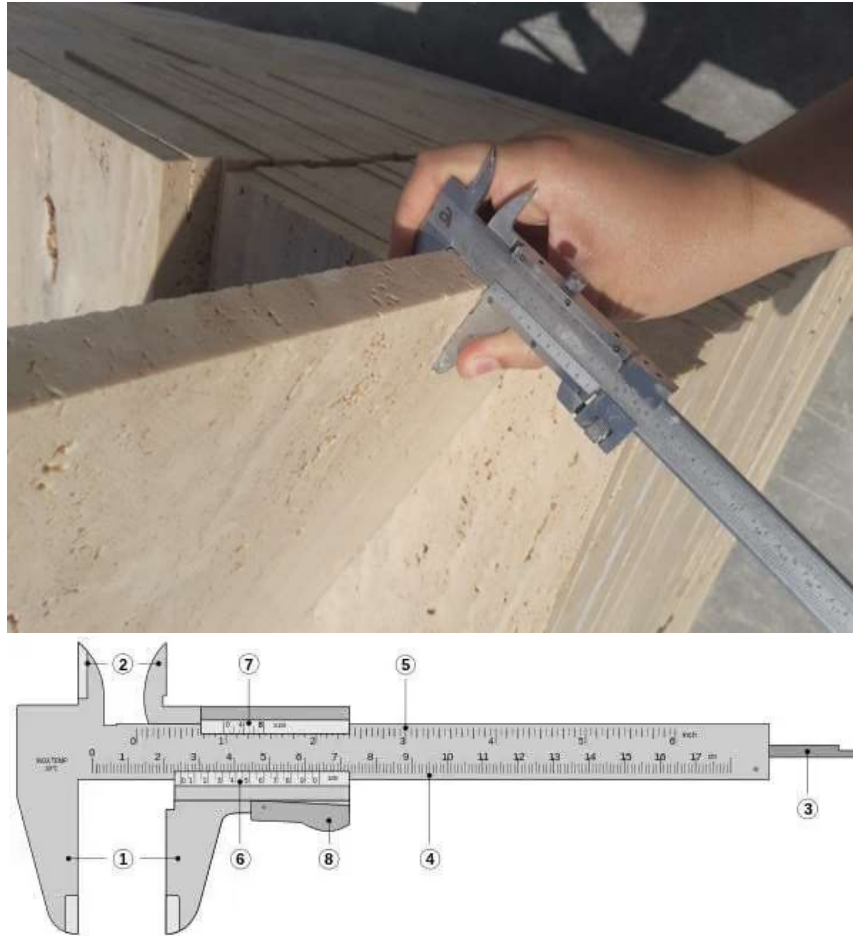
Çizelge 3.3 Italy Grey fiziksel ve mekanik özellikleri.

<i>Özellik</i>		<i>Birim</i>	<i>Değer</i>	<i>Standart</i>
Saplama deliğinde kırılma yükü		N	1831±225	TS EN 13364
Tuz kristallenmesine direnci, ortalama kütle değişimi		%	0,092±0,034	TS EN 12370
Açık gözeneklilik		%	1,72±0,28	TS EN 1936
Su buharının aktarımının özellikleri	Su buharı akış hızı	mg/saat	46,32±7,93	TS EN ISO 12572
	Su buharı geçirgenliği	mg/m ² .Pa	74,85±12,82	
Don tesirlerine dayanıklılık	Ortalama eğilme dayanımı	MPa	7±2,8	TS EN 12371
	Ortalama kütle değişimi	%	0,3	
Gaz piknometresi ile özgül ağırlık		kg/m ³	2718±1	ASTM D-5550-06
Sabit monent altında eğilme dayanımı		MPa	7,8±2,0	TS EN 13161
Aşınma dayanımı		Mm	16,1±0,3	TS EN 14157
Yoğunluk	Gerçek yoğunluk	kg/m ³	2718	TS EN 1936
	Görünür yoğunluk	kg/m ³	2604	
Basınç dayanımı		MPa	118±21	TS EN 1926

3.4 Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Çalışmada örneklerin kenar kalınlık ölçmelerinde kumpas, yüzey parlaklığı ölçümlerinde ise gloss metre kullanılmıştır.

Kumpas; boy, uzunluk, kalınlık, çap ölçüleri ve derinliklerin ölçüsünün alınmasında kullanılır. Metrik ve inç sistemlerine göre üretilmiştir. Cetvel üzerindeki 1 mm'lik bir kısım arasında kalan ölçüleri verniyer adındaki cetvel kısım ile 1/10, 1/20, 1/50 mm hassasiyetinde okunabilir. Kumpasların temel parçaları aşağıda verilmiştir (Resim 3.8).



Resim 3.8 Kumpasla kalınlık ölçümü

Resim 3.8'de 1 numaralı bölüm dış çap ölçme çeneleri, 2 numaralı bölüm iç çap ölçme bölümleri, 3 numaralı bölüm kılıç, 4 numaralı bölüm mm taksimatı, 5 numaralı bölüm

parmak taksimatı, 6 numaralı bölüm verniyer taksimatı, 7 numaralı bölüm verniyer taksimatı (parmak) ve 8 numaralı bölüm ise sıkma mandalıdır (İnt.Kyn.1).

Gloss metre; yüzey parlaklık ölçümü için kullanılan bir cihaz olup 20^0 , 60^0 ve 85^0 olmak üzere üç farklı açıda ölçüm yapılabilir. Cihaz, kırılma indisi 1,56 olan siyah camın parlaklığını referans (100 gloss) olarak ölçüm yapar. Başka bir ifade ile yüzeye belli bir açıda ışın gönderir ve alır, gelen-giden ışın farkını referans yüzeyi ile karşılaştırır. Bu çalışmada Novo MG268-F2 marka gloss metre kullanılmış olup 60 derece üzerinden okunan parlaklık değerleri esas alınmıştır (Resim 3.9). Kullanılan gloss metrenin teknik özellikleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.



Resim 3.9 Glosmetre ve bölümleri (KDJ 2000)

Çizelge 3.4 Gloss metre özellikleri (KDJ 2000).

Özellikler	Birim	MG268-F2
Depolama sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$	-10 ~ +60
Bağıl nem		Operasyon için %85' e kadar nem yoğunlaşması yok
Ölçüm noktası	mm^2	Gs (20 $^{\circ}$): 9x10 Gs (60 $^{\circ}$): 9x16 Gs (85 $^{\circ}$): 5x391
Güç kaynağı		Bir adet AA boyutlu pil, 1,2V, 1,5V, şarj edilebilir veya alkalın
Tüketim		Bir alkalın pil ortalama 20000 ölçüm
Hacim	mm^3	155x48x75
Ağırlık	g	400

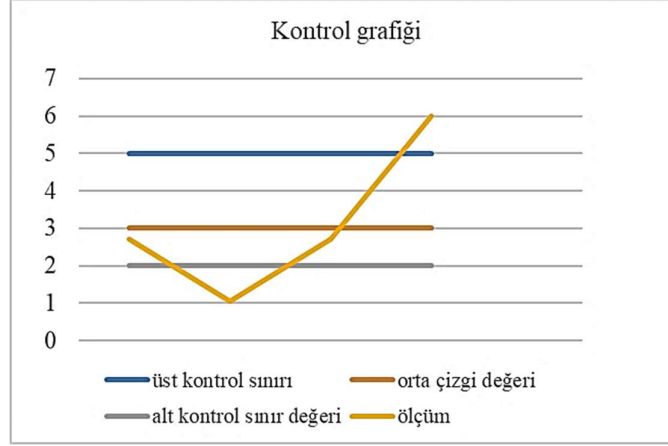
MG268-F2 model glosmetre, bir defada 3 farklı açıdan ölçüm yaparak hafızasına kaydedebilir (10000 ölçüm) ve kalibrasyonu otomatik gerçekleştirebilir (Resim 3.10).



Resim 3.10 Glosmetre cihazı ile ölçüm görüntüsü.

3.5 Kontrol Grafikleri

Üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerin gösterildiği grafiklere “kontrol grafikleri” denir. Bir kontrol grafiği esas olarak üç çizgi ihtiva eder. Bunlar: “Orta Çizgi”, “Üst Kontrol Sınırı” ve “Alt Kontrol Sınırı” dır. Merkez Çizgi; kalite özelliğinin ortalama değeridir (Şekil 3.2) (İnt.Kyn.2).



Şekil 3.2 Kontrol grafiği örneği.

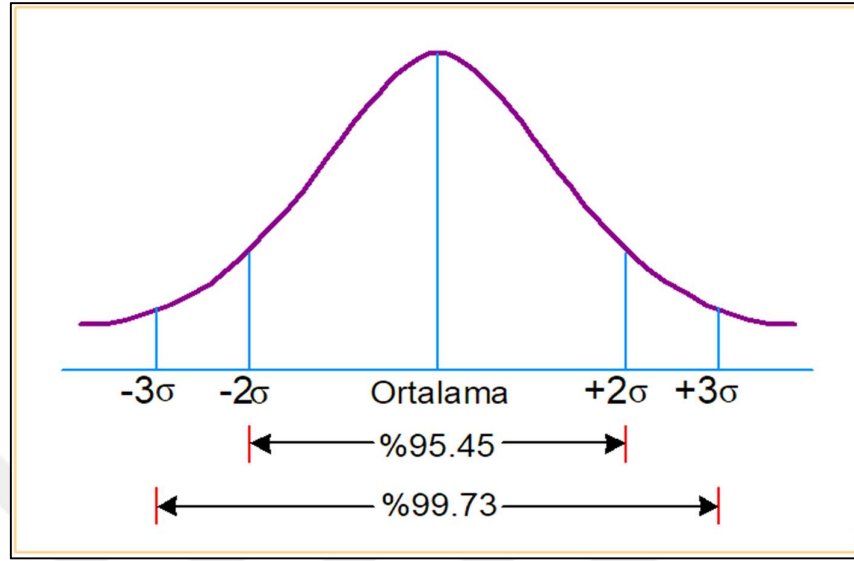
Kontrol grafikleri, zaman içerisinde proses çıktısındaki varyasyonu göstermek ve kontrol altına almak, proses değişikliği olduğunda bunu tanımlamak, varyasyondaki rasgele etkileri özel etkilerden ayırmak, varyasyon sebeplerini atamada yardımcı olmak, devam eden esasa göre proses problemlerini tanımlamak, operatöre ne zaman harekete geçmeyeceğini ve sistemi çalışmaya bırakacağını söylemek, ürünün üretilmesine katkıda bulunan prosesleri kontrol etmek, proses varyasyonunu azaltmak ve hatalı ürün üretilmesini engellemek, artıktan kurtulmak ve kaybı azaltmak amacıyla kullanılır (İnt.Kyn.2).

3.5.1 Kalite Kontrol Grafiklerinde Normal Dağılım

Shewhart tarafından geliştirilen kontrol grafiklerinin temel yapısı normal dağılıma dayanır. Normal dağılım; normal dağılım eğrisi (normaly distribution curve) ile kavramlaştırılan hipotetik bir evren dağılımıdır. “Gauss dağılımı” ya da “Gauss eğrisi” olarak da bilinen normal dağılım eğrisi, sürekli ve olasılıklı bir fonksiyon eğrisidir. Normal dağılım eğrisinin fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Eşitlik 3.1) (İnt.Kyn.2).

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma} \quad (3.1)$$

Eşitlikteki kullanılan μ evren ortalaması σ ise normal dağılımın standart sapmasıdır. Değişken değerlerinin; $\pm 2\sigma$ ’lık alanda bulunması olasılığı %95,45, $\pm 3\sigma$ ’lık alanda bulunması olasılığı %99,73’tür. Seçilen herhangi bir birimin $\pm 3\sigma$ ’lık alının dışında kalması olasılığı $(1-0,9973) = 0,0027$ ’dir (İnt.Kyn.2).



Şekil 3.3 Normal dağım eğrisi

İstatistiksel kontrol işlemi yapılırken yanılma yani hata oranı belirlenir. İstatistiksel çalışma yapan araştırmacı tarafından belirlenen hata genellikle alfa (α) olarak tanımlanır. Burada oluşturulan alfa değeri yanılma düzeyi olarak 0.001, 0.01, 0.05 gibi değerler alınır çünkü süreç kontrol altında iken özel bir sebep arayıp düzeltme yoluna gidilir. Diğer ikinci bir hata ise beta (β)'dır. Beta hatası süreç kontrol dışı iken kontrol altına almak için özel sebebi ortadan kaldırılmasıdır. Beta değeri de minimum değerler alır 0.1 ya da 0'dır. (İnt.Kyn.2).

3.5.2 Shewhart Kontrol Grafikleri

Shewhart kontrol grafiği ile hem örnek ortalamasının dağılımı hem de standart sapma veya değişim aralığına ait dağılımlar izlenir. Ortalama ($\bar{x}$) kontrol grafikleri; örnek ortalamalarının istenilen ortalamaya ya da genel ortalamaya göre nasıl karşılaştırılacağını gösterir. Değişim aralığı (R) kontrol grafikleri; örnek içindeki bireysel gözlemlerin farklılığını belirler. Standart sapma (S) kontrol grafikleri; örnek standart sapmalarının ortalamaları ile ilişkili olduğu için alt grup dağılımlarının değişimini belirler. Shewhart kontrol grafiklerinde ($\bar{x}$)-(R) veya ($\bar{x}$)-(S) kontrol grafiği kullanılır (Burrill and Ledolter 1999).

3.5.2.1 X-R Kontrol Grafikleri

Bir üretim sürecinde örnek hacimleri 1'den büyük, 10'dan küçük olduğu ve oto korelasyonun olmadığı durumlarda $\bar{x}$ grafiği ile R grafiği kullanılır. $\bar{x}$ - R grafik çifti istatistik kontrol durumunu ve süreçte meydana gelebilecek kaymanın büyüklüğünü belirlemek için kullanılabilir. Bu grafiklerin tasarımında maliyeti azaltmak için üretimden gelen tüm ürünlerin kontrolü yerine, belirli bir üretim miktarına ulaşıldıktan sonra belli bir miktar örnek alınmasına göre veya belirli zaman aralıklarında belli bir miktar örnek alınmasına göre yapılır. Üretimin kontrol durumunu koruyabilmesi için; örnek ortalamasının kabul edilir bir seviyede ve değişimin de uygun bir aralıkta olması gerekir. 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,

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m} \quad (3.2)$$

şeklinde hesaplanır ve bu değer $\bar{x}$ grafiğinin orta çizgisini oluşturur (İpek vd. 1999).

Değişim aralığı, (Eşitlik 3.3)

$$R = R_{\max} - R_{\min} \quad (3.3)$$

ile ve m adet örneğin ($R_1, R_2, \dots, R_m$) ortalama değişim aralığı ise 3.4 eşitliği ile hesaplanır (Coleman 1962).

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (3.4)$$

Ortalama değişim aralığı kullanılarak σ 'nın tahmin değeri (Eşitlik 3.5),

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (3.5)$$

ile hesaplanır (Champ and Jones 2004).

μ 'nın ve α 'nın yerine tahmin edicileri kullanılarak, $\bar{x}$ kontrol grafiğinin kontrol sınırları, Eşitlik 3.6, 3.7 ve 3.8 deki gibi düzenlenir (Burliskowska 2005).

$$\text{Üst kontrol sınırı (ÜKS)} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (3.6)$$

$$\text{Orta çizgi (OÇ)} = \bar{\bar{x}} \quad (3.7)$$

$$\text{Alt kontrol sınırı (AKS)} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad (3.8)$$

$A_2, \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$ 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 grafiğinin kontrol sınırları Eşitlik 3.9, 3.10 ve 3.11’de verilmiştir.

$$\bar{U}KS = \bar{R}D_4 \quad (3.9)$$

$$OÇ = \bar{R} \quad (3.10)$$

$$AKS = \bar{R}D_3 \quad (3.11)$$

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 gösterir (Demir 2016).

3.5.2.2 X-S Kontrol Grafikleri

$\bar{x}$ ve R kontrol grafikleri en çok kullanılan kontrol grafikleridir. Ancak, örnek sayısı $n \geq 10$ olduğu durumda değişim aralığının etkinliği ve güvenilirliği azaldığından dolayı R kontrol grafiği yerine S kontrol grafiği kullanılır. S kontrol grafiği, $n < 10$ olduğu durumda da kullanılabilir. Ancak hesaplama kolaylığı bakımından R grafiği tercih edilmektedir (Kartal 1999).

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 eşitliği 3.12

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_m}{m} \quad (3.12)$$

ile ve örnek standart sapmaları eşitliği ise 3.13

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.13)$$

ile ifade edilir (Champ and Jones 2004).

Buna göre S grafiğinin kontrol sınırları eşitlikleri 3.14, 3.15, 3.16,

$$\bar{U}KS = B_4 \bar{S} \quad (3.14)$$

$$OÇ = \bar{S} \quad (3.15)$$

$$AKS = B_3 \bar{S} \quad (3.16)$$

şeklinde düzenlenir (Kartal 1999). B_3 ve B_4 katsayıları örnek hacimlerine göre değişim göstermektedir, Eşitlik 3.17 ve 3.18 ile hesaplanmaktadır.

$$B_3 = 1 - \frac{3}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2} \quad (3.17)$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2} \quad (3.18)$$

Örnek hacimlerine göre değer alan C_4 özellikler örnek hacmi >25 olduğu zaman $\frac{4(n-1)}{4n-3}$ eşitliği ile hesaplanmaktadır. Ayrıca $\bar{x}$ grafiğinin kontrol sınırları eşitlikleri 3.19, 3.20, 3.21

$$\bar{U}KS = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{S} \quad (3.19)$$

$$OÇ = \bar{\bar{x}} \quad (3.20)$$

$$AKS = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{S} \quad (3.21)$$

şekline dönüşür (May and Spanos 2006). A_3 'ün alacağı değer $\frac{3}{C_4 \sqrt{n}}$ eşitliği ile hesaplanmaktadır.

3.5.3 CUSUM Kontrol Grafiği

Bir süreçte hedeflenen belli bir değerden pozitif ve negatif yönde kaymalar meydana gelebilmektedir. CUSUM kontrol grafiğine göre süreç ortalamasında meydana gelebilecek kaymaların kontrol dışı olup olmadığının tespiti için “ V maskesi” ismi verilen yöntem kullanılır.

CUSUM kontrol grafiği parametreleri; S_i =i'nci birikimli değer, $\bar{x}_j = j$ 'inci örneğin aritmetik ortalaması ve k = hedeflenen değer olarak alınırsa Eşitlik 3.22

$$S_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - k) \quad (3.22)$$

olarak hesaplanır (Goel and Wu). Bu değeri, Cusum grafiklerinde kullanmak için Cusum eşitliği 3.23

$$S_i = (x_i - k) + S_{i-1} \quad (3.23)$$

şekline dönüştürülmektedir (Osaniye and Talabi 1989). Çoğu kez, k yerine μ_0 alınır (Kartal 1999).

Şekil 3.3'de tipik bir V maskesi gösterilmiştir. θ açısı ve d uzunluğunun bilinmesi durumunda V maskesi oluşturulabilir. Son S_i değerinin bulunduğu noktadan yatay eksene paralel d uzunluğunda bir çizgi çizilir. Çizginin P noktası CUSUM kontrol grafiği kontrol sınırlarının yani V maskesi kollarının birleştiği noktayı oluşturur. P noktasından önceki bütün noktalar V maskesinin kolları arasına düşmesi durumunda sürecin kontrol altında olduğu yönünde karar verilir. Ancak herhangi bir noktanın V maskesi kolları dışına çıkması durumunda ise sürecin kontrol altında olmadığı yönünde karar verilir (Svolba and Bauer 1999).

$\bar{x}_i$ 'nin standart sapması $\sigma_{\bar{x}}$ ile gösterilir, α ve β 'nin da kabul edilir bir seviyede tutulması gerektiği düşünülürse V maskesi parametrelerinin eşitlikleri 3.24, 3.25, 3.26

$$d = \left(\frac{2}{\delta^2} \right) \ln \left(\frac{1 - \beta}{\alpha} \right) \quad (3.24)$$

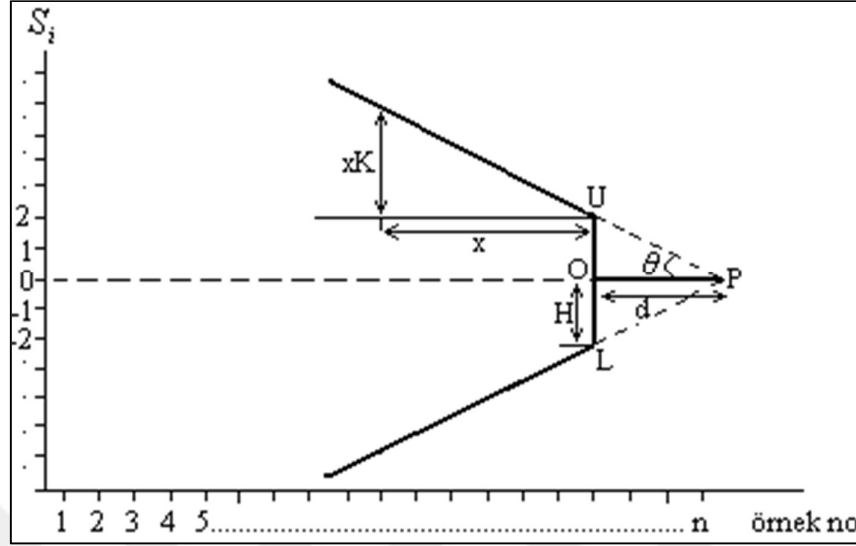
$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) \quad (3.25)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \quad (3.26)$$

ile hesaplanır (Chang and Samuel1998). Eğer β değeri ihmal edilecek kadar küçük ise,

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} \quad (3.27)$$

şeklinde yeniden düzenlenir (Çınar ve Undey 1999).



Şekil 3.4 Standart bir V-Maskesi şekli (Svolba and Bauer 1999).

Eldeki bilgiler ile Eşitlik 3.28,

$$\tan \theta = \frac{\Delta}{2A} = \frac{\delta \sigma_{\bar{x}}}{2(2\sigma_{\bar{x}})} = \frac{\delta}{4} \quad (3.28)$$

şeklinde veya K değerinin örnek aralık başına V maskesi kollarının eğimini vermesi ve A 'nın CUSUM ölçeğinde bir örnek aralığına eşit olması nedeniyle Eşitlik 3.29,

$$\tan \theta = \frac{K}{A} = \frac{k \sigma_{\bar{x}}}{2\sigma_{\bar{x}}} = \frac{k}{2} \quad (3.29)$$

şeklinde de yazılabilir. Eşitlik 3.28 ve 3.29 birbirine eşitlenirse, Eşitlik 3.30 ve 3.31,

$$\frac{k}{2} = \frac{\delta}{4} \Rightarrow k = \frac{\delta}{2} \quad (3.30)$$

$$K = k \sigma_{\bar{x}} = \frac{\delta}{2} \sigma_{\bar{x}} = \frac{\Delta}{2} \quad (3.31)$$

elde edilir (Ncube and Woodall 1984). Ayrıca açı hesaplamasında Eşitlik 3.32,

$$\tan \theta = \frac{H}{A.d} = \frac{h \sigma_{\bar{x}}}{(2\sigma_{\bar{x}})d} = \frac{h}{2d} \quad (3.32)$$

yazılabilir (Cavill and Ricketts 1974).

Yukarıdaki eşitliklerde

α : Süreç ortalamasında bir kayma yok iken bir kaymanın olduğuna karar verme ihtimalini

β : Gerçekte kayma var iken bunu tespit edememe ihtimalini

Δ : Süreç ortalamasında meydana gelen kayma miktarını

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

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

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

H : Prosedürün karar aralığı, 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

θ : Orta çizgi ile kol arasındaki açıyı verir (Kartal 1999).

3.5.4 EWMA Kontrol Grafiği

EWMA bir kalite kontrol grafiğinin adıdır. EWMA kontrol grafiği proses seviyesinde ortaya çıkan küçük çaptaki kaymaların tespitinde etkilidir. Bu tip hatalın tespitinin yanı sıra ileride olabilecek hatalara dair bize ipucu verir. Morgan tarafından bulunmuştur. Diğer modellere göre daha az veriye ihtiyaç duyar. Lambda değeri gelişmiş ülkelerde 0.94 gelişmekte olan ülkelere ise 0,97 olarak alınır. Bu da gelişmekte olan ülkelere volatilitenin tarihsel olarak yakın veriye daha duyarlı olduğunu gösterir (Park 2005).

EWMA tahmin değerini hesaplamada;

t : Zamanı,

x_t : t zamandaki gözlem değerini,

z_t : t zamandaki tahmini EWMA değerini,

λ : En son gözleme verilecek ağırlığı belirtmek üzere; t ve $t-1$ zamanlarında EWMA'nın tahmini değeri eşitlikleri 3.23 ve 3.34

$$z_t = \lambda \bar{x}_t + (1 - \lambda)z_{t-1} \quad (3.33)$$

$$z_{t-1} = \lambda \bar{x}_{t-1} + (1 - \lambda)z_{t-2} \quad (3.34)$$

ile hesaplanır (Park 2005). λ sabiti EWMA istatistiğinin gücünü göstermekte ve bu değer sıfır ile bir arasında değişmektedir. Ayrıca $\lambda=0.2$ değeri en küçük hata kareler toplamını verir.

$t=1$ zamanında EWMA'nin tahmin değeri $z_0 = \bar{x}$ olarak alınır. EWMA grafiğindeki ilk değer orta çizgi üzerinde bulunur. EWMA grafiklerinde örnek hacmi 1 olduğundan her bir gözlem örnek ortalaması gibi işlem görür yani $\bar{x}_i = x_i$ olur (De Vargan vd. 2004).

Eşitlik 3.34 'de ki değer Eşitlik 3.34 yerine yazılırsa Eşitlik 3.35

$$z_t = \lambda \bar{x}_t + \lambda(1 - \lambda)\bar{x}_{t-1} + (1 - \lambda)^2 z_{t-2} \quad (3.35)$$

olur (Park 2005). Bu da z_t değerinin EWMA 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 Eşitlik 3.36

$$z_t = \lambda \sum_{j=1}^{t-1} (1 - \lambda)^j \bar{x}_{t-j} + (1 - \lambda)^t z_0 \quad (3.36)$$

olur (Oktay 1998).

Varyansı $\frac{\sigma^2}{n}$ olan $\bar{x}_t$ tesadüf değişken olarak alınır, z_t 'nin varyansı eşitliği 3.37

$$\sigma_{z_t}^2 = \frac{\sigma^2}{n} \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) \left[1 - (1 - \lambda)^{2t} \right] \quad (3.37)$$

olur (Neubauer 1997). Bu eşitlikte her iki tarafın karekökü alınır, z_t 'nin standart sapması hesaplanmış olur. Ancak EWMA grafiği kontrol sınırlarını hesaplamada kullanılan standart sapma değerleri belli bir t değerine kadar artar daha sonra sabit kalır. t değeri yeterli büyüklüğe (10) ulaştığı zaman Eşitlik 3.38

$$\sigma_{z_t} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda}} \quad (3.38)$$

gibi daha basit bir hale dönüşür (Maravelakis vd. 2004). Genel bir ifade ile EWMA kontrol grafiğinin kontrol sınırları Eşitlik 3.39 ve 3.40

$$\bar{U}KS = \bar{\bar{x}} + 3\sigma_{z_t} \quad (3.39)$$

$$AKS = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{z_i} \quad (3.40)$$

olarak hesaplanır (Demir ve Mirtağioğlu 2016).



4. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

Çalışmanın bu bölümünde doğal taş fabrikalarında hafta içi 08:30, 11:30, 13:30 ve 16:00 saatlerinde alınan kalınlık ve parlaklık verileri incelenmiştir. Öncelikle kalınlık verilerine ait bulgular sonra parlaklık verilerine ait bulgular, Denizli traverten Gri emperador ve Italy grey sıralamasıyla verilmiştir. Her bir konu içinde Shewhart X-S, CUSUM ve EWMA kontrol grafikleri yorumlanmıştır.

4.1 Kalınlık Ölçümleri ve Kontrol Grafikleri

4.1.1 Denizli Traverten İçin Shewhart Kontrol Grafikleri Uygulaması

4.1.1.1 X-S Kontrol Grafiğinin Uygulanması

Denizli travertene ait veriler çizelgede belirtilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Denizli traverten kalınlık (cm), X ortalama, S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.

<i>n</i>	<i>Ölçüm Zamanı</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>	<i>X6</i>	<i>Xi</i>	<i>Ri</i>	<i>Si</i>	<i>X kontrol dışı</i>	<i>S kontrol dışı</i>
1	Pt-08:30	2,4 0	2,5 0	2,1 0	2,3 0	2,3 0	2,3 0	2,3 2	0,4 0	0,1 3	Kontrol dışı	--
2	Pt-11:30	2,5 0	2,4 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,1 5	0,5 0	0,2 3	--	Kontrol dışı
3	Pt-13:30	2,0 0	2,5 0	2,3 0	2,6 0	2,5 0	2,5 0	2,4 0	0,6 0	0,2 2	Kontrol dışı	Kontrol dışı
4	Pt-16:30	2,6 0	2,5 0	2,5 0	2,5 0	2,4 0	2,4 0	2,4 8	0,2 0	0,0 8	Kontrol dışı	--
5	Sl-08:30	2,4 5	2,4 0	2,5 0	2,3 0	2,0 0	2,0 0	2,2 8	0,5 0	0,2 2	Kontrol dışı	Kontrol dışı
6	Sl-11:30	2,6 0	2,0 0	2,4 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,1 7	0,6 0	0,2 7	--	Kontrol dışı
7	Sl-13:30	2,4 0	2,4 0	2,4 0	2,6 0	2,5 0	2,5 0	2,4 7	0,2 0	0,0 8	Kontrol dışı	--
8	Sl-16:30	2,5 0	2,3 0	2,6 0	2,0 0	2,6 0	2,6 0	2,4 3	0,6 0	0,2 4	Kontrol dışı	Kontrol dışı
9	Çş-08:30	2,3 0	2,3 0	2,4 0	2,3 0	2,3 0	2,3 0	2,3 2	0,1 0	0,0 4	Kontrol dışı	--
10	Çş-11:30	2,0 0	2,5 0	2,3 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,1 3	0,5 0	0,2 2	--	Kontrol dışı
11	Çş-13:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,2 0	2,0 3	0,2 0	0,0 8	Kontrol dışı	--
12	Çş-16:30	2,0 0	2,0 0	2,2 0	2,3 0	2,0 0	2,0 0	2,0 8	0,3 0	0,1 3	--	--

Çizelge 4.1 (Devam) Denizli traverten kalınlık (cm), X ortalama, S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.

<i>n</i>	<i>Ölçüm Zamanı</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>	<i>X6</i>	<i>Xi</i>	<i>Ri</i>	<i>Si</i>	<i>X kontrol dışı</i>	<i>S kontrol dışı</i>
13	Pş-08:30	2,3 0	2,0 0	2,3 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,1 0	0,3 0	0,1 5	--	--
14	Pş-11:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,1 0	2,0 2	0,1 0	0,0 4	Kontrol dışı	--
15	Pş-13:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	0,0 0	0,0 0	Kontrol dışı	Kontrol dışı
16	Pş-16:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,2 0	2,2 0	2,2 0	2,1 0	0,2 0	0,1 1	--	--
17	Cu-08:30	2,0 0	2,2 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,2 0	2,0 7	0,2 0	0,1 0	--	--
18	Cu-11:30	2,0 0	2,0 0	2,2 0	2,2 0	2,2 0	2,2 0	2,1 3	0,2 0	0,1 0	--	--
19	Cu-13:30	2,0 0	2,2 0	2,2 0	2,2 0	2,3 0	2,3 0	2,2 0	0,3 0	0,1 1	--	--
20	Cu-16:30	2,0 0	2,0 0	2,3 0	2,0 0	2,4 0	2,4 0	2,1 8	0,4 0	0,2 0	--	Kontrol dışı
21	Pt-08:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	0,0 0	0,0 0	Kontrol dışı	Kontrol dışı
22	Pt-11:30	2,0 0	2,0 0	2,2 0	2,2 0	2,0 0	2,0 0	2,0 7	0,2 0	0,1 0	--	--
23	Pt-13:30	2,0 0	2,0 0	2,2 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 3	0,2 0	0,0 8	Kontrol dışı	--
24	Pt-16:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	0,0 0	0,0 0	Kontrol dışı	Kontrol dışı
25	Sl-08:30	2,2 0	2,2 0	2,0 0	2,2 0	2,3 0	2,3 0	2,2 0	0,3 0	0,1 1	--	--
26	Sl-11:30	2,3 0	2,0 0	2,0 0	2,2 0	2,4 0	2,4 0	2,2 2	0,4 0	0,1 8	--	--
27	Sl-13:30	2,0 0	2,2 0	2,2 0	2,3 0	2,0 0	2,0 0	2,1 2	0,3 0	0,1 3	--	--
28	Sl-16:30	2,1 0	2,2 0	2,3 0	2,2 0	2,0 0	2,0 0	2,1 3	0,3 0	0,1 2	--	--
29	Çş-08:30	2,2 0	2,3 0	2,1 0	2,2 0	2,1 0	2,3 0	2,2 0	0,2 0	0,0 9	--	--
30	Çş-11:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,4 0	2,0 0	2,2 0	2,1 0	0,4 0	0,1 7	--	--
31	Çş-13:30	2,1 0	2,2 0	2,3 0	2,4 0	2,5 0	2,5 0	2,3 3	0,4 0	0,1 6	Kontrol dışı	--
32	Çş-16:30	2,3 0	2,2 0	2,5 0	2,5 0	2,5 0	2,5 0	2,4 2	0,3 0	0,1 3	Kontrol dışı	--
33	Pş-08:30	2,1 0	2,3 0	2,2 0	2,6 0	2,4 0	2,4 0	2,3 3	0,5 0	0,1 8	Kontrol dışı	--
34	Pş-11:30	2,2 0	2,2 0	2,3 0	2,2 0	2,2 0	2,3 0	2,2 3	0,1 0	0,0 5	--	--
35	Pş-13:30	2,1 0	2,2 0	2,2 0	2,2 0	2,4 0	2,2 0	2,2 2	0,3 0	0,1 0	--	--
36	Pş-16:30	2,2 0	2,4 0	2,3 0	2,2 0	2,4 0	2,3 0	2,3 0	0,2 0	0,0 9	Kontrol dışı	--
37	Cu-08:30	2,4 0	2,4 0	2,5 0	2,3 0	2,0 0	2,0 0	2,2 7	0,5 0	0,2 2	Kontrol dışı	Kontrol dışı
38	Cu-11:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	0,0 0	0,0 0	Kontrol dışı	Kontrol dışı
39	Cu-13:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	0,0 0	0,0 0	Kontrol dışı	Kontrol dışı

Çizelge 4.1 (Devam) Denizli traverten kalınlık (cm), X ortalama, S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.

<i>n</i>	<i>Ölçüm Zamanı</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>	<i>X6</i>	<i>Xi</i>	<i>Ri</i>	<i>Si</i>	<i>X kontrol dışı</i>	<i>S kontrol dışı</i>
40	Cu-16:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	0,0 0	0,0 0	Kontrol dışı	Kontrol dışı
41	Pt-08:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	0,0 0	0,0 0	Kontrol dışı	Kontrol dışı
42	Pt-11:30	2,1 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 2	0,1 0	0,0 4	Kontrol dışı	--
43	Pt-13:30	2,1 0	2,1 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 3	0,1 0	0,0 5	Kontrol dışı	--
44	Pt-16:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,1 0	2,0 2	0,1 0	0,0 4	Kontrol dışı	--
45	Sl-08:30	2,0 0	2,0 0	2,2 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 3	0,2 0	0,0 8	Kontrol dışı	--
46	Sl-11:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	0,0 0	0,0 0	Kontrol dışı	Kontrol dışı
47	Sl-13:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	0,0 0	0,0 0	Kontrol dışı	Kontrol dışı
48	Sl-16:30	2,1 0	2,1 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 3	0,1 0	0,0 5	Kontrol dışı	--
49	Çş-08:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,1 0	2,0 0	2,0 0	2,0 2	0,1 0	0,0 4	Kontrol dışı	--
50	Çş-11:30	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	2,0 0	0,0 0	0,0 0	Kontrol dışı	Kontrol dışı

X-S kalite kontrol grafiklerinin oluşturulabilmesi için öncelikle kontrol sınırlarının hesaplanması gerekir. Genel standart sapma ortalaması Eşitlik 3.12 ile hesaplanır.

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i = \frac{4,994}{50} = 0,099 \text{ cm}$$

Üst kontrol değerinin hesaplanması için de Ek 3 de verilen tablolardan yararlanılır. Bu tablodan, örneklem sayısı 6 olduğu için $B_3=0,03$ ve $B_4=1,97$ değerleri alınmıştır. Buna göre standart sapma kontrol grafiğinin sınır değerleri;

$$\bar{U}KS=B_4S=1,97*0,0099=0,196 \text{ cm (Eşitlik 3.14)}$$

$$OÇ=S=0,099 \text{ cm (Eşitlik 3.15)}$$

$$AKS=B_3S=0,03*0,099=0,002 \text{ cm (Eşitlik 3.16) değeri elde edilir.}$$

Böylece S grafiği için üst, alt ve orta çizgi sınır değerleri belirlenmiş oldu. X-S grafik çizimi için $\bar{X}$ ortalama sınır değerleri hesaplanır. $\bar{X}$ ortalama değerlerinde $\bar{X}$ in genel ortalaması orta çizgi değerine eşittir.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{107,37}{50} = 2,15 \text{ cm (Eşitlik 3.20)}$$

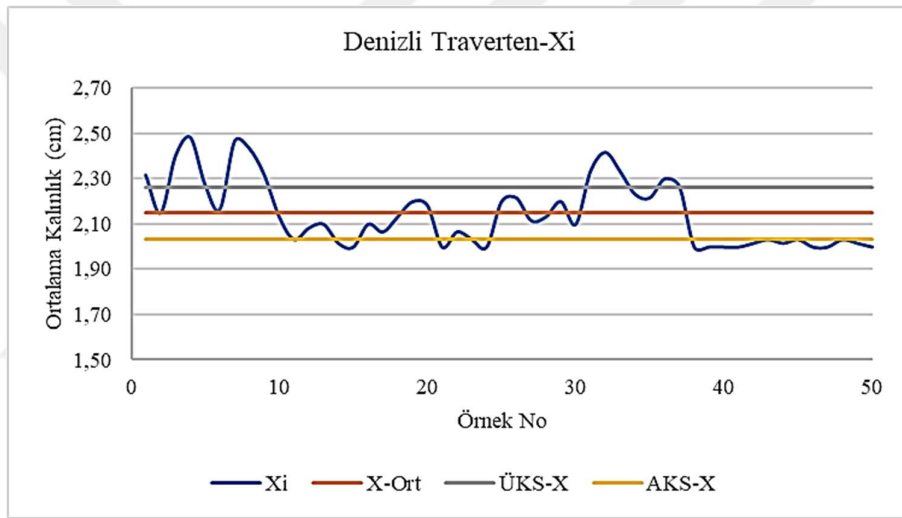
$\bar{X}$ 'in alt ve üst sınır değerleri için Ek-1'e göre, örneklem hacmi 6 olduğu için $A_3=1,29$ değeri kullanılır. Buna göre $\bar{X}$ 'in kontrol sınır değerleri,

$$\bar{U}KS = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s} = 2,15 + 1,29 \cdot 0,099 = 2,277 \text{ cm (Eşitlik 3.19)}$$

$$OÇ = \bar{\bar{x}} = 2,15 \text{ cm (Eşitlik 3.20)}$$

$$AKS = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s} = 2,15 - 1,29 \cdot 0,099 = 2,022 \text{ cm (Eşitlik 3.21) olarak hesaplanır.}$$

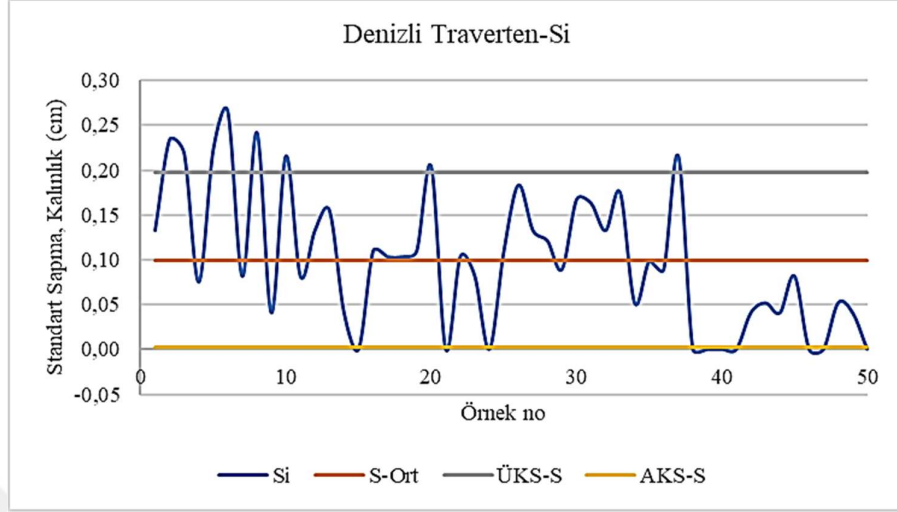
Hesaplanan $\bar{X}$ ortalama verileri dikey eksende yatay eksen ise örnek numaraları verilmiş ve sınır değerler çizilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için $\bar{X}$ Ort. Grafiği.

Hesaplanan veriler ışığında, çizilen $\bar{X}$ ortalama kontrol grafiği Şekil 4.1'de verilmiştir. Kontrol limit hesaplamaları 3 standart sapmalı ayrılışlar için yapılmış olup 31 adet noktanın kontrol dışı olduğu gözlemlenmiştir

Denizli traverten verilerine ait olan kalınlık değerleri standart sapma değerleri dikey eksen, örnek numaraları ise yatay eksen belirtilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için S standart sapma grafiği.

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi sınır değerlerini 18 adet örnek sınır değerlerini aşmış olduğu gözlemlenmiştir. Burada ilk 10 örnek üst kontrol sınırını büyük oranda aşmaktadır.

4.1.1.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması

Denizli traverten kalınlık değerlerinin CUSUM (Birikimli toplam) kontrol grafiğinde belirtmek için gerekli verilerin hesaplanmalıdır. Çizelge 4.2’de kenar kalınlık verileri, kalınlık ortalamaları, kalınlık ortalamaları ile genel ortalama arasındaki kayma değerleri ve bu kayma değerlerinin birikimli toplanması ile CUSUM (S_i) değerleri hesaplanmış, üretimde kalınlığı hatalı olan örneklerin tespiti yapılmıştır.

Çizelge 4.2 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri.

Örnek No	X_i (cm)	$X_{i-2,15}$ (cm)	S_i	S_i kontrol dışı
1	2,32	0,17	0,17	--
2	2,15	0,00	0,17	--
3	2,40	0,25	0,42	--
4	2,48	0,34	0,76	--
5	2,28	0,13	0,89	--
6	2,17	0,02	0,91	--
7	2,47	0,32	1,23	Kontrol dışı
8	2,43	0,29	1,51	Kontrol dışı
9	2,32	0,17	1,68	Kontrol dışı
10	2,13	-0,01	1,67	Kontrol dışı
11	2,03	-0,11	1,55	Kontrol dışı
12	2,08	-0,06	1,49	Kontrol dışı

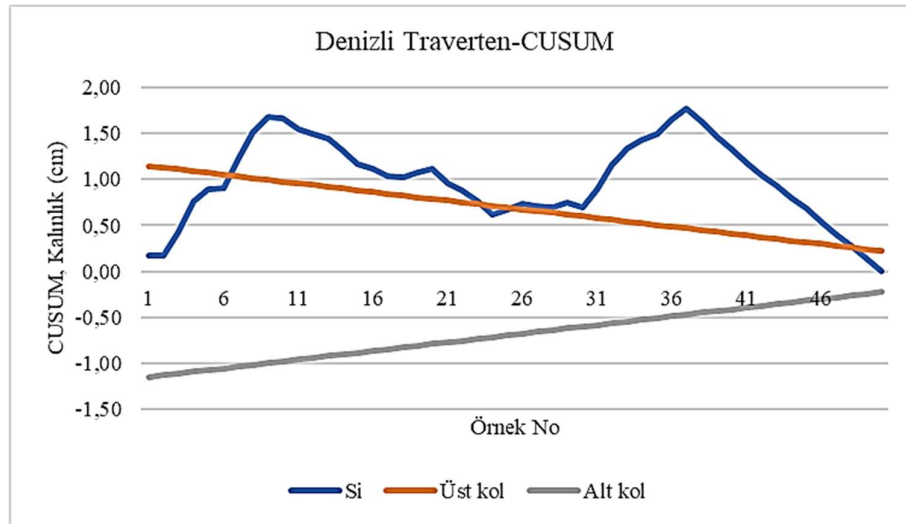
Çizelge 4.2 (Devam) Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri.

Örnek No	X_i (cm)	$X_i - 2,15$ (cm)	S_i	S_i kontrol dışı
13	2,10	-0,05	1,44	Kontrol dışı
14	2,02	-0,13	1,31	Kontrol dışı
15	2,00	-0,15	1,16	Kontrol dışı
16	2,10	-0,05	1,12	Kontrol dışı
17	2,07	-0,08	1,03	Kontrol dışı
18	2,13	-0,01	1,02	Kontrol dışı
19	2,20	0,05	1,07	Kontrol dışı
20	2,18	0,04	1,11	Kontrol dışı
21	2,00	-0,15	0,96	Kontrol dışı
22	2,07	-0,08	0,88	Kontrol dışı
23	2,03	-0,11	0,77	Kontrol dışı
24	2,00	-0,15	0,62	--
25	2,20	0,05	0,67	--
26	2,22	0,07	0,74	Kontrol dışı
27	2,12	-0,03	0,71	Kontrol dışı
28	2,13	-0,01	0,70	Kontrol dışı
29	2,20	0,05	0,75	Kontrol dışı
30	2,10	-0,05	0,70	Kontrol dışı
31	2,33	0,19	0,89	Kontrol dışı
32	2,42	0,27	1,16	Kontrol dışı
33	2,33	0,19	1,34	Kontrol dışı
34	2,23	0,09	1,43	Kontrol dışı
35	2,22	0,07	1,50	Kontrol dışı
36	2,30	0,15	1,65	Kontrol dışı
37	2,27	0,12	1,77	Kontrol dışı
38	2,00	-0,15	1,62	Kontrol dışı
39	2,00	-0,15	1,47	Kontrol dışı
40	2,00	-0,15	1,33	Kontrol dışı
41	2,00	-0,15	1,18	Kontrol dışı
42	2,02	-0,13	1,05	Kontrol dışı
43	2,03	-0,11	0,93	Kontrol dışı
44	2,02	-0,13	0,80	Kontrol dışı
45	2,03	-0,11	0,69	Kontrol dışı
46	2,00	-0,15	0,54	Kontrol dışı
47	2,00	-0,15	0,39	Kontrol dışı
48	2,03	-0,11	0,28	Kontrol dışı
49	2,02	-0,13	0,15	--
50	2,00	-0,15	0,00	--

$\bar{x}_i$ 'nin standart sapması $\sigma\bar{x}$ ile gösterilmektedir. CUSUM grafiği üzerine çizilecek olan V maskesi hesaplamalarında $\alpha=0,01$ ve $\beta=0$ değerleri kabul edilmektedir maskesinin standart sapma hesaplamasında kullanılan d_2 Ek-2'den alınır. Bu çalışmada örneklem

sayısına karşılık gelen d2 değeri 2,534 tür. Burada öncelikle değişim aralığı olan R değerlerinin ortalaması hesaplanır.

Eşitlik 3.4 ile ortalama değişim aralığı $\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} = 0,2340$ dır. CUSUM V maskesi oluşturmak için gerekli olan d uzunluğu ve θ açısı için parametreleri düzenlendiğinde $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,0923$ (Eşitlik 3.5) dur. Süreç ortalamasında meydana gelen kayma miktarı delta hesaplanması $\Delta = k\sigma = 0,0923$ (Eşitlik 3.31) olarak elde edilir. Örnek hacim için standart hata $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = 0,0131$ 'dir. Süreç ortalamasındaki en küçük kayma miktarı ise $\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}}\right)^2 = 49,64$ (Eşitlik 3.26) olarak hesaplanır. Standart V maskesi şeklindeki OP uzunlu olan $d = -2 \frac{\ln 0,01}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0,01}{49,64} = 0,1855$ cm (Eşitlik 3.27) dir. Yatay eksen üzerindeki 1 birimlik uzunluğa dikey eksen üzerinde karşılık gelen değer $A = 2\sigma_{\bar{x}} = 0,0262$ birimdir. $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0,0923}{2*0,0262}\right) = 60,39^\circ$ orta çizgi ile kol arasındaki açıdır. Bu hesaplamalara göre σ 'lık ayrılışların tespiti için çizilen standart V maskeli CUSUM grafiği Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için CUSUM grafiği.

Şekil 4.3'deki CUSUM grafiğinde 50. numune üzerine standart V maskesi uygulanmıştır. CUSUM grafiğinin üst kol değerleri dışında toplamda 40 adet numune olduğu

görülmüştür. CUSUM grafiğinde σ 'lık ayrılışlarla hesaplanan V maskesi değeri Denizli traverten için uygun değildir. Üretim sürecinde blok takibi yapılmalıdır. Makine ve işçi hatası varsa düzeltilmelidir. Hassas değer aralığı belirlediğimiz 1σ 'lük kayma yerine kayma miktarı 3σ olur ise birçok değer kontrol altına alınmış olacaktır.

4.1.1.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması

Üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiği çiziminde kullanılan Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için gerekli olan $\bar{x}$ ortalama değerleri verilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 EWMA kontrol grafiği çiziminde kullanılacak olan Denizli traverten kenar kalınlık ölçümlerine ait veriler.

Örnek no	X_i (cm)	Örnek no	X_i (cm)	Örnek no	X_i (cm)	Örnek no	X_i (cm)	Örnek no	X_i (cm)
1	2,32	11	2,03	21	2,00	31	2,33	41	2,00
2	2,15	12	2,08	22	2,07	32	2,42	42	2,02
3	2,40	13	2,10	23	2,03	33	2,33	43	2,03
4	2,48	14	2,02	24	2,00	34	2,23	44	2,02
5	2,28	15	2,00	25	2,20	35	2,22	45	2,03
6	2,17	16	2,10	26	2,22	36	2,30	46	2,00
7	2,47	17	2,07	27	2,12	37	2,27	47	2,00
8	2,43	18	2,13	28	2,13	38	2,00	48	2,03
9	2,32	19	2,20	29	2,20	39	2,00	49	2,02
10	2,13	20	2,18	30	2,10	40	2,00	50	2,00

Bir numuneden alınan ölçüm sayısı n , bir numuneden alınan kalınlık değerlerinin ortalaması $\bar{x}_j$ olmak üzere t döneminin üstel ağırlıklı hareketli ortalama değerleri, üretim süresinde küçük kaymaların aynı oranda bulmaya olanak sağlamaktır. Bu sebepten dolayı katsayısı $\lambda=0,2$ olarak alınır. İlk örnek ortalaması 2,32 için EWMA değeri;

$z_1 = \lambda \bar{x}_1 + (1 - \lambda)z_0 = 2,18$ (Eşitlik 3.33) İlk EWMA değeri $t=1$ için $Z_0 = \bar{x}$ olarak alınmıştır (Eşitlik 3.34).

$$z_2 = \lambda \bar{x}_2 + (1 - \lambda)z_1 = 2,175$$

$$z_3 = \lambda \bar{x}_3 + (1 - \lambda)z_2 = 2,220$$

...

$$z_{50} = \lambda \bar{x}_{50} + (1 - \lambda)z_{49} = 2,025$$

Tüm EWMA değerleri bulunduktan Eşitlik 3.5 yardımıyla $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,0923$ değeri bulunur.

Birinci örneğe ait kontrol sınırlarını bulmak için t=1 alınır. Birinci örneğe ait alt ve üst kontrol sınırı,

$$AKS = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{z_t} = 2,15 - 3 * \frac{0,0923}{\sqrt{6}} \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2} [1 - (1 - 0,2^{2 \times 1})]} = 2,124$$

ÜKS = $\bar{\bar{x}} + 3\sigma_{z_t} = 2,170$ olarak hesaplanır. Onuncu örneğe kadar EWMA grafiğinin alt ve üst kontrol sınırlarını hesapları sabit değer aldı. Bu sebeple σ_{z_t} hesaplanmasında Eşitlik 3.38 kullanılır.

On birinci örnek için: ÜKS = $\bar{\bar{x}} + 3\sigma_{z_t} = 2,15 + 3 * \frac{0,0923}{\sqrt{6}} \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} = 2,185$ ve diğer sınır değer AKS = $\bar{\bar{x}} - 3\sigma_{z_t} = 2,109$ değerleri bulunur.

Çizelge 4.4 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri.

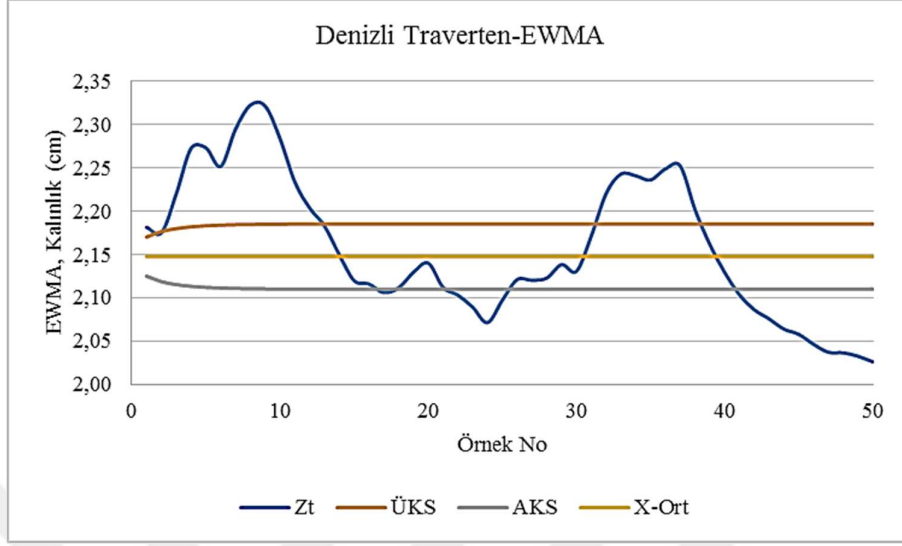
Örnek no	X_i	Z_t	ÜKS	AKS	EWMA kontrol dışı
1	2,32	2,18	2,17	2,12	Kontrol dışı
2	2,15	2,18	2,18	2,12	--
3	2,40	2,22	2,18	2,12	Kontrol dışı
4	2,48	2,27	2,18	2,11	Kontrol dışı
5	2,28	2,27	2,18	2,11	Kontrol dışı
6	2,17	2,25	2,18	2,11	Kontrol dışı
7	2,47	2,29	2,18	2,11	Kontrol dışı
8	2,43	2,32	2,18	2,11	Kontrol dışı
9	2,32	2,32	2,18	2,11	Kontrol dışı
10	2,13	2,28	2,18	2,11	Kontrol dışı
11	2,03	2,23	2,19	2,11	Kontrol dışı
12	2,08	2,20	2,19	2,11	Kontrol dışı
13	2,10	2,18	2,19	2,11	--
14	2,02	2,15	2,19	2,11	--
15	2,00	2,12	2,19	2,11	--
16	2,10	2,12	2,19	2,11	--
17	2,07	2,11	2,19	2,11	Kontrol dışı
18	2,13	2,11	2,19	2,11	--
19	2,20	2,13	2,19	2,11	--
20	2,18	2,14	2,19	2,11	--
21	2,00	2,11	2,19	2,11	--
22	2,07	2,10	2,19	2,11	Kontrol dışı
23	2,03	2,09	2,19	2,11	Kontrol dışı
24	2,00	2,07	2,19	2,11	Kontrol dışı
25	2,20	2,10	2,19	2,11	Kontrol dışı

Çizelge 4.4 (Devam) Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	Z_t	ÜKS	AKS	EWMA kontrol dışı
26	2,22	2,12	2,19	2,11	--
27	2,12	2,12	2,19	2,11	--
28	2,13	2,12	2,19	2,11	--
29	2,20	2,14	2,19	2,11	--
30	2,10	2,13	2,19	2,11	--
31	2,33	2,17	2,19	2,11	--
32	2,42	2,22	2,19	2,11	Kontrol dışı
33	2,33	2,24	2,19	2,11	Kontrol dışı
34	2,23	2,24	2,19	2,11	Kontrol dışı
35	2,22	2,24	2,19	2,11	Kontrol dışı
36	2,30	2,25	2,19	2,11	Kontrol dışı
37	2,27	2,25	2,19	2,11	Kontrol dışı
38	2,00	2,20	2,19	2,11	Kontrol dışı
39	2,00	2,16	2,19	2,11	--
40	2,00	2,13	2,19	2,11	--
41	2,00	2,10	2,19	2,11	Kontrol dışı
42	2,02	2,09	2,19	2,11	Kontrol dışı
43	2,03	2,08	2,19	2,11	Kontrol dışı
44	2,02	2,06	2,19	2,11	Kontrol dışı
45	2,03	2,06	2,19	2,11	Kontrol dışı
46	2,00	2,05	2,19	2,11	Kontrol dışı
47	2,00	2,04	2,19	2,11	Kontrol dışı
48	2,03	2,04	2,19	2,11	Kontrol dışı
49	2,02	2,03	2,19	2,11	Kontrol dışı
50	2,00	2,03	2,19	2,11	Kontrol dışı

Şekil 4.5’de Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için EWMA grafiği verilmiştir. Grafikte kalınlık ölçümlerine ait üstel ağırlıklı hareketli ortalama değerleri dikey eksen ve örnek alma zamanları da yatay eksen üzerinde gösterilmiştir.

EWMA kontrol grafiği incelendiğinde kontrol sınırlarının 10. örneğe kadar genişleme ve 11.örnekten sonra sabit kalarak, EWMA kontrol grafiği kontrol sınırlarının ulaştığı maksimum ve minimum değerleri aldığı görülür. Kontrol sınırları ve grafik üzerinde işaretlenen noktalar göz önüne alındığında, 33 adet örnek kontrol sınırlarını geçtiği ve prosesin kontrol dışı olduğu görülür.



Şekil 4.4 Denizli traverten kenar kalınlık değerleri için EWMA grafiği.

4.1.2 Gri Emperodor İçin Kontrol Grafiklerinin Uygulanması

4.1.2.1 X-S Kontrol Grafiklerinin Uygulanması

Çizelge 4.5’de Gri emperador doğal taş numunelerine ait kalınlık ölçüm değerleri, kalınlık ortalamaları ($\bar{x}_i$), standart sapama değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.5’de verilen standart sapma kenar kalınlık ölçümleri için sınır değerler Eşitlik 3.2, 3.12, 3.14, 3.16 ifadeleriyle hesaplanmıştır. Ortalama $\bar{x}_i$ grafiğinin orta çizgisi 2,08 olarak bulunmuştur (Eşitlik 3.2). S grafiği için standart sapmaların ortalaması 0,073 birim bulunur (Eşitlik 14). Eşitlik 3.14 ve 3.16 ‘de kullanılacak olan B_3 , B_4 değerleri 6 farklı gözlem noktası olduğundan $B_3 = 0,03$ ve $B_4 = 1,97$ olarak EK-3 nolu tablodan alınır. S grafiğinin kontrol sınırları;

$$\bar{ÜKS} = B_4 \bar{S} = 0,144$$

$$OÇ = \bar{S} = 0,073$$

$$AKS = B_3 \bar{S} = 0,002 \text{ olarak bulunur.}$$

X grafiğinin kontrol sınırları ise örnek hacmi 6 olduğu için $A_3 = 1,29$ (Tablo EK-1) alınır.

$$\bar{ÜKS} = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{S} = 2,16$$

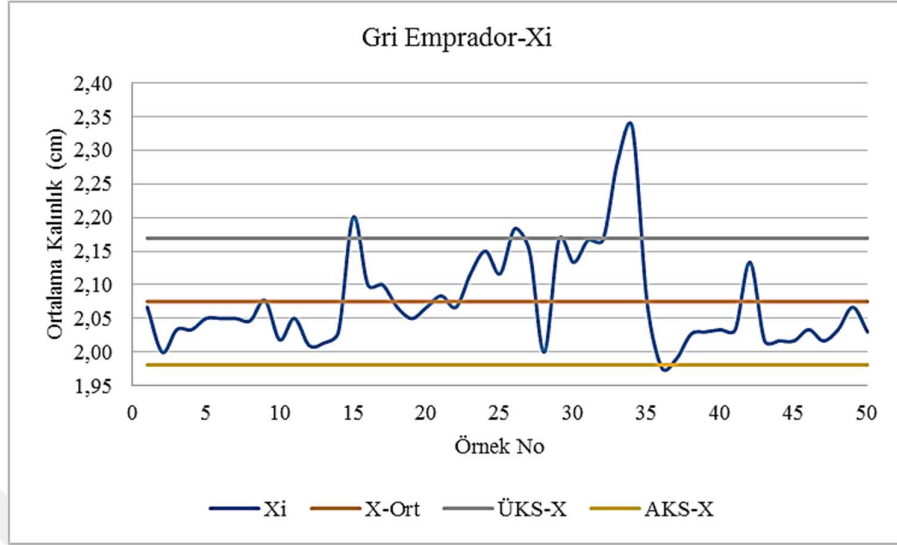
$$OÇ = \bar{\bar{x}} = 2,08$$

$AKS = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{S} = 1,98$ değerleri hesaplanmıştır.

Hesaplanan X değerleri genel kalınlık değerleri olup dikey ekseninde, örnek numaraları ise yatay ekseninde belirtilmiştir. Süreç içindeki sapmalar gözlemlenmiştir (Şekil 4.5).

Çizelge 4.5 Gri emperador kenar kalınlıkları(cm), X Ortalama ve S standart sapma değerleri.

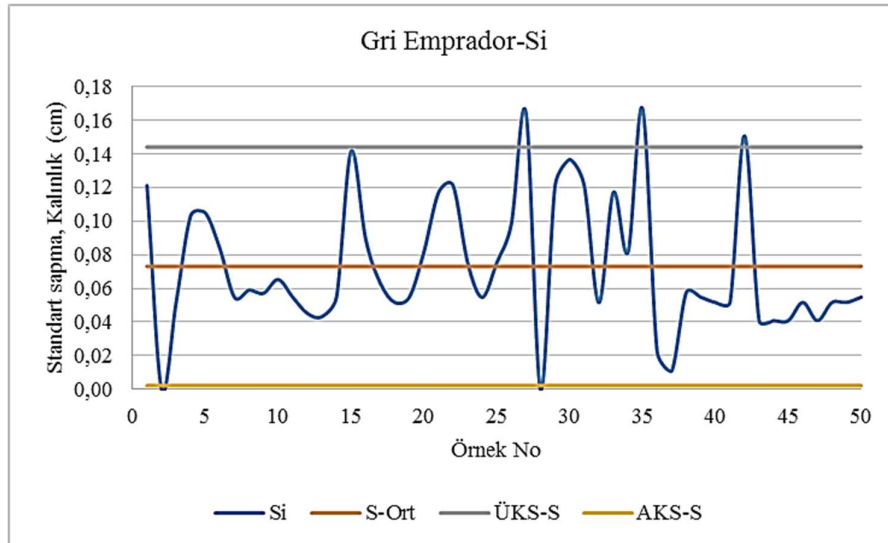
Örnek no	Ölçüm zamanı	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Xi	Ri	Si	x kontrol dışı	Si kontrol dışı
1	Pt-08:30	2,00	2,30	2,00	2,10	2,00	2,00	2,07	0,30	0,12	--	--
2	Pt-11:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	--	Kontrol dışı
3	Pt-13:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	2,10	2,03	0,10	0,05	--	--
4	Pt-16:30	2,00	1,90	2,00	2,00	2,10	2,20	2,03	0,30	0,10	--	--
5	Sl-08:30	1,90	2,00	2,00	2,10	2,20	2,10	2,05	0,30	0,10	--	--
6	Sl-11:30	2,00	2,00	2,10	2,20	2,00	2,00	2,05	0,20	0,08	--	--
7	Sl-13:30	2,10	2,10	2,00	2,00	2,10	2,00	2,05	0,10	0,05	--	--
8	Sl-16:30	2,10	1,98	2,00	2,10	2,10	2,00	2,05	0,12	0,06	--	--
9	Çş-08:30	1,96	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,08	0,14	0,06	--	--
10	Çş-11:30	2,10	2,00	1,98	1,98	1,95	2,10	2,02	0,15	0,07	--	--
11	Çş-13:30	2,10	2,10	2,00	2,10	2,00	2,00	2,05	0,10	0,05	--	--
12	Çş-16:30	2,10	2,00	2,00	1,98	1,98	2,00	2,01	0,12	0,05	--	--
13	Pş-08:30	2,00	2,00	1,98	2,00	2,00	2,10	2,01	0,12	0,04	--	--
14	Pş-11:30	2,00	2,00	2,00	1,98	2,10	2,10	2,03	0,12	0,05	--	--
15	Pş-13:30	2,00	2,40	2,30	2,20	2,20	2,10	2,20	0,40	0,14	Kontrol dışı	--
16	Pş-16:30	2,00	2,00	2,10	2,10	2,20	2,20	2,10	0,20	0,09	--	--
17	Cu-08:30	2,00	2,10	2,10	2,10	2,10	2,20	2,10	0,20	0,06	--	--
18	Cu-11:30	2,10	2,10	2,00	2,00	2,10	2,10	2,07	0,10	0,05	--	--
19	Cu-13:30	2,10	2,00	2,10	2,00	2,00	2,10	2,05	0,10	0,05	--	--
20	Cu-16:30	2,00	2,10	2,00	2,00	2,10	2,20	2,07	0,20	0,08	--	--
21	Pt-08:30	2,00	2,30	2,10	2,00	2,00	2,10	2,08	0,30	0,12	--	--
22	Pt-11:30	2,30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	2,07	0,30	0,12	--	--
23	Pt-13:30	2,00	2,10	2,20	2,20	2,10	2,10	2,12	0,20	0,08	--	--
24	Pt-16:30	2,10	2,10	2,20	2,20	2,20	2,10	2,15	0,10	0,05	--	--
25	Sl-08:30	2,00	2,20	2,10	2,10	2,20	2,10	2,12	0,20	0,08	--	--
26	Sl-11:30	2,10	2,20	2,10	2,10	2,30	2,30	2,18	0,20	0,10	Kontrol dışı	--
27	Sl-13:30	2,10	2,00	2,00	2,10	2,40	2,30	2,15	0,40	0,16	--	Kontrol dışı
28	Sl-16:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	--	Kontrol dışı
29	Çş-08:30	2,00	2,30	2,30	2,20	2,10	2,10	2,17	0,30	0,12	--	--
30	Çş-11:30	2,40	2,10	2,10	2,10	2,10	2,00	2,13	0,40	0,14	--	--
31	Çş-13:30	2,10	2,40	2,20	2,10	2,10	2,10	2,17	0,30	0,12	--	--
32	Çş-16:30	2,10	2,20	2,20	2,20	2,10	2,20	2,17	0,10	0,05	--	--
33	Pş-08:30	2,10	2,40	2,30	2,20	2,40	2,30	2,28	0,30	0,12	Kontrol dışı	--
34	Pş-11:30	2,40	2,30	2,40	2,40	2,30	2,20	2,33	0,20	0,08	Kontrol dışı	--
35	Pş-13:30	2,40	1,98	1,98	1,98	2,00	2,10	2,07	0,42	0,17	--	Kontrol dışı
36	Pş-16:30	1,98	1,98	1,95	1,95	2,00	2,00	1,98	0,05	0,02	Kontrol dışı	--
37	Cu-08:30	1,98	1,98	1,98	2,00	2,00	2,00	1,99	0,02	0,01	--	--
38	Cu-11:30	1,98	1,98	2,00	2,10	2,10	2,00	2,03	0,12	0,06	--	--
39	Cu-13:30	1,98	2,00	2,10	2,00	2,00	2,10	2,03	0,12	0,05	--	--
40	Cu-16:30	2,00	2,00	2,00	2,10	2,10	2,00	2,03	0,10	0,05	--	--
41	Pt-08:30	2,10	2,00	2,10	2,00	2,00	2,00	2,03	0,10	0,05	--	--
42	Pt-11:30	2,00	2,00	2,30	2,30	2,20	2,00	2,13	0,30	0,15	--	Kontrol dışı
43	Pt-13:30	2,10	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,02	0,10	0,04	--	--
44	Pt-16:30	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00	2,00	2,02	0,10	0,04	--	--
45	Sl-08:30	2,00	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00	2,02	0,10	0,04	--	--
46	Sl-11:30	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00	2,10	2,03	0,10	0,05	--	--
47	Sl-13:30	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00	2,00	2,02	0,10	0,04	--	--
48	Sl-16:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	2,10	2,03	0,10	0,05	--	--
49	Çş-08:30	2,00	2,00	2,10	2,10	2,10	2,10	2,07	0,10	0,05	--	--
50	Çş-11:30	2,00	2,10	2,10	2,00	2,00	1,98	2,03	0,12	0,05	--	--



Şekil 4.5 Gri emperador kenar kalınlık değerleri için $\bar{X}$ ortalama grafiği.

$\bar{X}$ ortalama grafiğinde 5 adet örnek süreç dışı olduğu tespit edildi.

Hesaplanan standart sapma değerleri Gri emperadorun kalınlık değerlerindeki kabul edilebilir sapma miktarları dikey eksende yatay eksen ise örnek numaraları verilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Gri emperador kenar kalınlık değerleri için S standart sapma grafiği.

Standart sapma grafiğinde 5 adet örnek kontrol sınır değerlerinin güven aralığı dışındadır.

4.1.2.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması

Kenar kalınlık ortalamaları ve genel ortalama arasındaki fark ile kayma, kayma değerlerinin birikimli toplamı ile CUSUM (S_i) değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Gri emperador kenar kalınlık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri.

Örnek no	$\bar{X}_i - 2,08$	S_i	S_i kontrol dışı
1	-0,01	-0,01	--
2	-0,08	-0,08	--
3	-0,04	-0,13	--
4	-0,04	-0,17	--
5	-0,03	-0,19	--
6	-0,03	-0,22	--
7	-0,03	-0,24	--
8	-0,03	-0,27	--
9	0,00	-0,27	--
10	-0,06	-0,33	--
11	-0,03	-0,35	--
12	-0,07	-0,42	--
13	-0,06	-0,48	--
14	-0,05	-0,52	--
15	0,12	-0,40	--
16	0,02	-0,37	--
17	0,02	-0,35	--
18	-0,01	-0,36	--
19	-0,03	-0,38	--
20	-0,01	-0,39	--
21	0,01	-0,38	--
22	-0,01	-0,39	--
23	0,04	-0,35	--
24	0,07	-0,27	--
25	0,04	-0,23	--
26	0,11	-0,12	--
27	0,07	-0,05	--
28	-0,08	-0,12	--
29	0,09	-0,03	--
30	0,06	0,03	--
31	0,09	0,12	--
32	0,09	0,21	--
33	0,21	0,42	Kontrol dışı
34	0,26	0,67	Kontrol dışı
35	0,00	0,67	Kontrol dışı
36	-0,10	0,57	Kontrol dışı
37	-0,09	0,49	Kontrol dışı
38	-0,05	0,44	Kontrol dışı

Çizelge 4.6 (Devam) Gri emperador kenar kalınlık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri.

Örnek no	$Xi-2,08$	Si	Si kontrol dışı
39	-0,05	0,40	Kontrol dışı
40	-0,04	0,35	Kontrol dışı
41	-0,04	0,31	Kontrol dışı
42	0,06	0,37	Kontrol dışı
43	-0,06	0,31	Kontrol dışı
44	-0,06	0,25	Kontrol dışı
45	-0,06	0,20	--
46	-0,04	0,15	--
47	-0,06	0,10	--
48	-0,04	0,05	--
49	-0,01	0,05	--
50	-0,05	0,00	--

$\alpha=0.01$ ve $\beta=0$ gibi kabul edilir bir seviyede tutulmuş, $d_2=2.326$ olarak Ek-1 tablodan alınmış ve kenar kalınlık ölçümlerindeki σ' lık ayrılışlar için CUSUM grafiği parametreleri Eşitlik 3.4, 3.5, 3.31, 3.26, 3.27 kullanılarak elde edilir.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,174$$

$$\Delta = k\sigma = \sigma = 0,174$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = 0,009$$

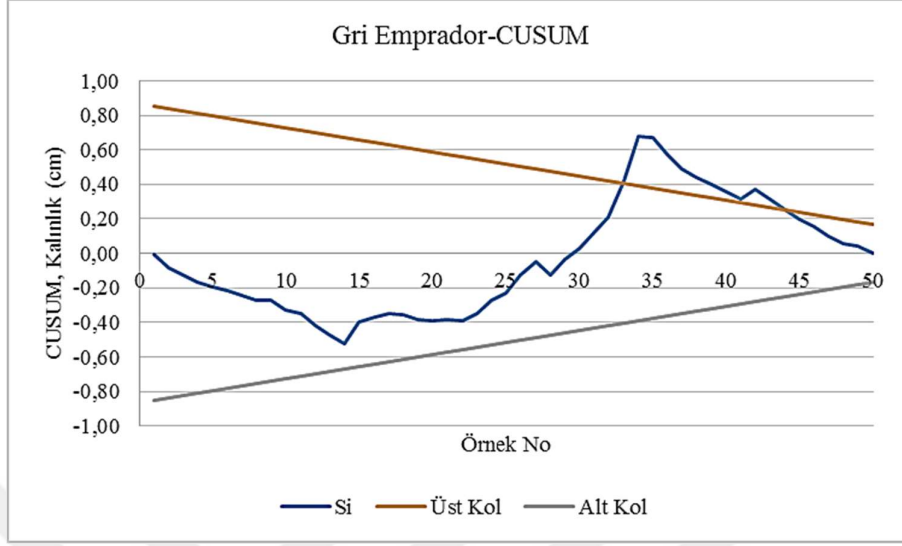
$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}}\right)^2 = 57$$

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{48} = 0.137$$

$$A = 2\sigma_{\bar{x}} = 0,018$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0,174}{2 * 0.018}\right) = 60.94^0$$

Bu hesaplamalara göre σ' lık ayrılışların tespiti için standart V maskeli CUSUM grafiği (Şekil 4.7) verilmiştir.



Şekil 4.7 Gri emperador kenar kalınlık değerleri CUSUM ortalama grafiği.

Şekil 4.7 'deki CUSUM grafiğinde 50. örnek üzerine standart V maskesi uygulanmıştır. Burada 32. ve 43. Örnekler arasındaki Si değerleri kontrol dışıdır. Üretim hatasının işçilikten kaynaklanma olasılığı yüksektir.

4.1.2.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması

EWMA kontrol grafiği çiziminde kullanılacak olan gri emperador kalınlık ölçümlerine ait veriler, EWMA değerleri ve kontrol sınırları verilmiştir (Çizelge 4.7). EWMA parametrelerinin hesaplanmasında Eşitlik 3.33, 3.34, 3.35, 3.37, 3.38, 3.39, 3.40 formüllerinden yararlanılmıştır.

İlk örnek ortalaması 2,06 için EWMA değeri

$$z_1 = \lambda \bar{x}_1 + (1 - \lambda)z_0 = 2,073 \text{ 'dür.}$$

İkinci örnek ortalaması 2,00 için EWMA değeri ise,

$$z_2 = \lambda \bar{x}_2 + (1 - \lambda)z_1 = 2,05 \text{ olarak bulunur.}$$

Tüm EWMA değerleri benzer şekilde hesaplanmıştır (Çizelge 4.7)

$$\hat{\sigma} = 0.068$$

birinci örneğe ait kontrol sınırı;

$$AKS = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{z_t} = 2,058$$

$$\bar{ÜKS} = \bar{\bar{x}} + 3\sigma_{z_t} = 2,0919$$

olarak hesaplanır ve benzer şekilde tüm örnekler için EWMA değerlerine ait kontrol sınırları hesaplanır. $\lambda = 0.2$ en küçük hata kareler toplamını verdiği için EWMA grafiğinin alt ve üst kontrol sınırlarının belirlenmesinde kullanılmış ve kontrol sınırları 11. noktadan itibaren sabit bir değer almıştır. 10. örneğe kadar hesaplanan σ_{z_t} (Eşitlik 3.37) değeri 11. örnekten sonra Eşitlik 3.38 ile hesaplanır.

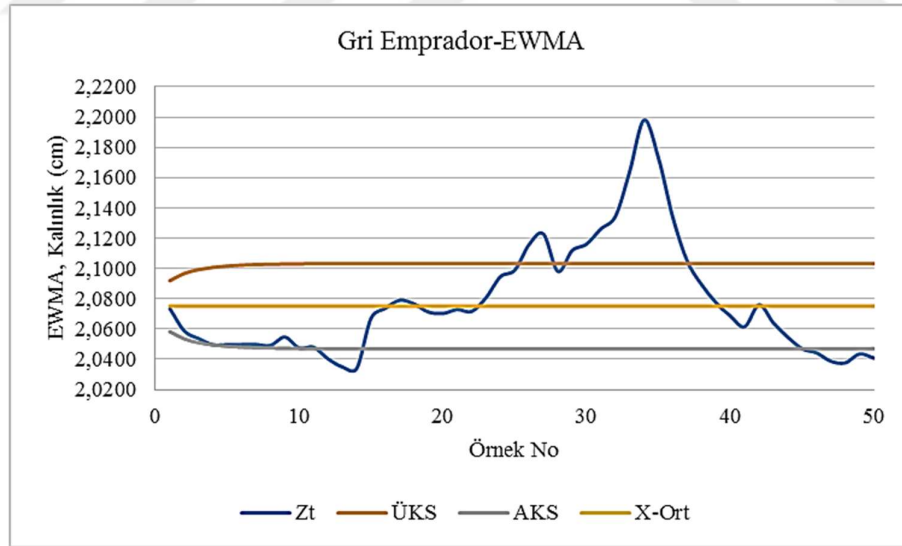
Çizelge 4.7 Gri emperador kenar kalınlık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	Z_t	$\bar{ÜKS}$	AKS	<i>EWMA Kontrol dışı</i>
1	2,07	2,07	2,09	2,06	--
2	2,07	2,06	2,10	2,05	--
3	2,07	2,05	2,10	2,05	--
4	2,07	2,05	2,10	2,05	--
5	2,07	2,05	2,10	2,05	--
6	2,07	2,05	2,10	2,05	--
7	2,07	2,05	2,10	2,05	--
8	2,07	2,05	2,10	2,05	--
9	2,07	2,05	2,10	2,05	--
10	2,07	2,05	2,10	2,05	--
11	2,07	2,05	2,10	2,05	--
12	2,07	2,04	2,10	2,05	Kontrol dışı
13	2,07	2,03	2,10	2,05	Kontrol dışı
14	2,07	2,03	2,10	2,05	Kontrol dışı
15	2,07	2,07	2,10	2,05	--
16	2,07	2,07	2,10	2,05	--
17	2,07	2,08	2,10	2,05	--
18	2,07	2,08	2,10	2,05	--
19	2,07	2,07	2,10	2,05	--
20	2,07	2,07	2,10	2,05	--
21	2,07	2,07	2,10	2,05	--
22	2,07	2,07	2,10	2,05	--
23	2,07	2,08	2,10	2,05	--
24	2,07	2,09	2,10	2,05	--
25	2,07	2,10	2,10	2,05	--
26	2,07	2,12	2,10	2,05	Kontrol dışı
27	2,07	2,12	2,10	2,05	Kontrol dışı
28	2,07	2,10	2,10	2,05	--
29	2,07	2,11	2,10	2,05	Kontrol dışı
30	2,07	2,12	2,10	2,05	Kontrol dışı
31	2,07	2,13	2,10	2,05	Kontrol dışı
32	2,07	2,13	2,10	2,05	Kontrol dışı
33	2,07	2,16	2,10	2,05	Kontrol dışı
34	2,07	2,20	2,10	2,05	Kontrol dışı

Çizelge 4.7 (Devam) Gri emperador kenar kalınlık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	Z_t	ÜKS	AKS	EWMA Kontrol dışı
35	2,07	2,17	2,10	2,05	Kontrol dışı
36	2,07	2,13	2,10	2,05	Kontrol dışı
37	2,07	2,11	2,10	2,05	Kontrol dışı
38	2,07	2,09	2,10	2,05	--
39	2,07	2,08	2,10	2,05	--
40	2,07	2,07	2,10	2,05	--
41	2,07	2,06	2,10	2,05	--
42	2,07	2,08	2,10	2,05	--
43	2,07	2,06	2,10	2,05	--
44	2,07	2,05	2,10	2,05	--
45	2,07	2,05	2,10	2,05	--
46	2,07	2,04	2,10	2,05	Kontrol dışı
47	2,07	2,04	2,10	2,05	Kontrol dışı
48	2,07	2,04	2,10	2,05	Kontrol dışı
49	2,07	2,04	2,10	2,05	Kontrol dışı
50	2,07	2,04	2,10	2,05	Kontrol dışı

Hesaplanan EWMA (z_t) değerleri dikeyde, t zamanda alınan örnek numaraları ise yatay eksende gösterilmiştir. Sürecin kontrol alanı gösterilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Gri emperador kenar kalınlık değerleri için EWMA grafiği.

Gri emperador kenar kalınlık ölçüm değerlerine ait EWMA değerleri ve kontrol sınırları gösterilmiştir (Şekil 4.8). EWMA grafiğine göre kontrol sınırları 11. örneğe kadar maksimum değer almış ve 11. örnekten itibaren sabit kalarak, maksimum ve minimum

değerini almıştır.19 tane örnek kontrol sınırını aşması da sürecin kontrol altında olmadığını göstermiştir.

4.1.3 İtaly Grey İçin Kontrol Grafikleri Uygulaması

4.1.3.1 X-S Kontrol Grafikleri Uygulaması

Kalınlıklarına ait (cm) ortalama $\bar{X}$, değişim aralığı R ve standart sapma S kontrol grafiklerine ait hesaplamalar verilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 İtaly grey kenar kalınlıkları(cm), ortalama ($\bar{X}_i$), S standart sapma ve değişim aralığı (R)değerleri.

Örnek no	Ölçüm zamanı	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	$\bar{X}_i$	R_i	S_i	$\bar{X}_i$ kontrol dışı	S_i kontrol dışı
1	Pt-08:30	2,00	2,00	2,10	2,00	2,10	2,00	2,03	0,10	0,05	--	--
2	Pt-11:30	2,00	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00	2,02	0,10	0,04	--	--
3	Pt-13:30	2,10	2,20	2,00	2,00	2,00	2,00	2,05	0,20	0,08	--	--
4	Pt-16:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,10	2,05	0,20	0,08	--	--
5	Sl-08:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,10	2,05	0,20	0,08	--	--
6	Sl-11:30	2,00	2,10	2,00	2,20	2,00	2,00	2,05	0,20	0,08	--	--
7	Sl-13:30	2,30	2,30	2,10	2,00	2,00	2,00	2,12	0,30	0,15	--	Kontrol dışı
8	Sl-16:30	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00	2,00	2,02	0,10	0,04	--	--
9	Çş-08:30	2,10	2,00	2,10	2,00	2,00	2,00	2,03	0,10	0,05	--	--
10	Çş-11:30	2,00	2,00	2,00	2,10	2,10	2,10	2,05	0,10	0,05	--	--
11	Çş-13:30	2,20	2,20	2,30	2,40	2,10	2,00	2,20	0,40	0,14	Kontrol dışı	Kontrol dışı
12	Çş-16:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	2,02	0,10	0,04	--	--
13	Pş-08:30	2,10	2,10	2,00	2,00	2,00	2,00	2,03	0,10	0,05	--	--
14	Pş-11:30	2,10	2,10	2,10	2,00	2,10	2,10	2,08	0,10	0,04	--	--
15	Pş-13:30	2,10	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,02	0,10	0,04	--	--
16	Pş-16:30	2,10	2,10	2,00	2,00	2,10	2,00	2,05	0,10	0,05	--	--
17	Cu-08:30	2,20	2,20	2,10	2,20	2,20	2,10	2,17	0,10	0,05	Kontrol dışı	--
18	Cu-11:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	2,02	0,10	0,04	--	--
19	Cu-13:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	--	Kontrol dışı
20	Cu-16:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	2,00	2,02	0,10	0,04	--	--
21	Pt-08:30	2,00	2,00	2,00	2,10	2,40	2,00	2,08	0,40	0,16	--	Kontrol dışı
22	Pt-11:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	2,02	0,10	0,04	--	--
23	Pt-13:30	2,00	2,00	2,10	2,00	2,10	2,20	2,07	0,20	0,08	--	--
24	Pt-16:30	2,00	2,00	2,10	2,10	2,00	2,20	2,07	0,20	0,08	--	--
25	Sl-08:30	2,10	2,00	2,00	2,00	2,10	2,10	2,05	0,10	0,05	--	--
26	Sl-11:30	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00	2,10	2,03	0,10	0,05	--	--
27	Sl-13:30	2,00	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00	2,02	0,10	0,04	--	--
28	Sl-16:30	2,00	2,00	2,00	2,10	2,00	2,10	2,03	0,10	0,05	--	--
29	Çş-08:30	2,20	2,20	2,00	2,00	2,00	2,00	2,07	0,20	0,10	--	--
30	Çş-11:30	2,30	2,30	2,30	2,10	2,00	2,00	2,17	0,30	0,15	Kontrol dışı	Kontrol dışı
31	Çş-13:30	2,20	2,20	2,20	2,20	2,30	2,30	2,23	0,10	0,05	Kontrol dışı	--
32	Çş-16:30	2,00	2,20	2,30	2,30	2,30	2,30	2,23	0,30	0,12	Kontrol dışı	Kontrol dışı
33	Pş-08:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	--	Kontrol dışı
34	Pş-11:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,03	0,20	0,08	--	--
35	Pş-13:30	2,10	2,10	2,20	2,00	2,00	2,00	2,07	0,20	0,08	--	--
36	Pş-16:30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	--	Kontrol dışı
37	Cu-08:30	2,00	2,00	1,98	1,98	1,98	1,95	1,98	0,05	0,02	--	--
38	Cu-11:30	2,00	2,00	1,95	1,98	1,98	1,95	1,98	0,05	0,02	--	--
39	Cu-13:30	2,00	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	0,02	0,01	--	--
40	Cu-16:30	1,98	1,95	1,95	1,98	1,98	1,98	1,97	0,03	0,02	Kontrol dışı	--
41	Pt-08:30	2,00	1,95	1,98	1,95	1,95	1,95	1,96	0,05	0,02	Kontrol dışı	--

Çizelge 4.8 (Devam) İtaly grey kenar kalınlıkları(cm), ortalama ($\bar{X}_i$), S standart sapma ve değişim aralığı (R)değerleri.

Örnek no	Ölçüm zamanı	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	$\bar{X}_i$	R_i	S_i	$\bar{X}_i$ kontrol dışı	S_i kontrol dışı
42	Pt-11:30	1,95	2,00	2,00	1,98	2,00	2,00	1,99	0,05	0,02	--	--
43	Pt-13:30	1,95	2,00	2,10	2,20	2,00	2,00	2,04	0,25	0,09	--	--
44	Pt-16:30	1,95	1,95	1,98	1,98	2,00	2,00	1,98	0,05	0,02	--	--
45	Sl-08:30	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	0,00	0,00	Kontrol dışı	Kontrol dışı
46	Sl-11:30	2,00	2,00	1,95	1,95	1,95	1,95	1,97	0,05	0,03	Kontrol dışı	--
47	Sl-13:30	1,98	1,98	1,95	2,00	1,95	1,95	1,97	0,05	0,02	Kontrol dışı	--
48	Sl-16:30	2,20	1,95	2,00	2,00	2,00	2,00	2,03	0,25	0,09	--	--
49	Çş-08:30	2,20	2,30	2,20	2,30	2,40	2,40	2,30	0,20	0,09	Kontrol dışı	--
50	Çş-11:30	2,00	1,98	2,00	2,20	2,20	2,20	2,10	0,22	0,11	--	--

Kontrol grafiklerine ait hesaplamaları $\bar{X}$ ortalama veriler 50 adet örnek ve 6 adet ölçüm değerleri sebebiyle $A_3=1.29$ değeri EK-1’den alınır. Ortalama grafiğinin üst kontrol sınırı için Eşitlik 3.18, alt kontrol sınır değeri için Eşitlik 3.21’den yararlanılır.

$$\bar{ÜKS} = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{S}=2,124$$

$$OÇ = \bar{\bar{x}}=2,05$$

$$\bar{ÜKS} = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{S}=1,972 \text{ Değerleri elde edilir.}$$

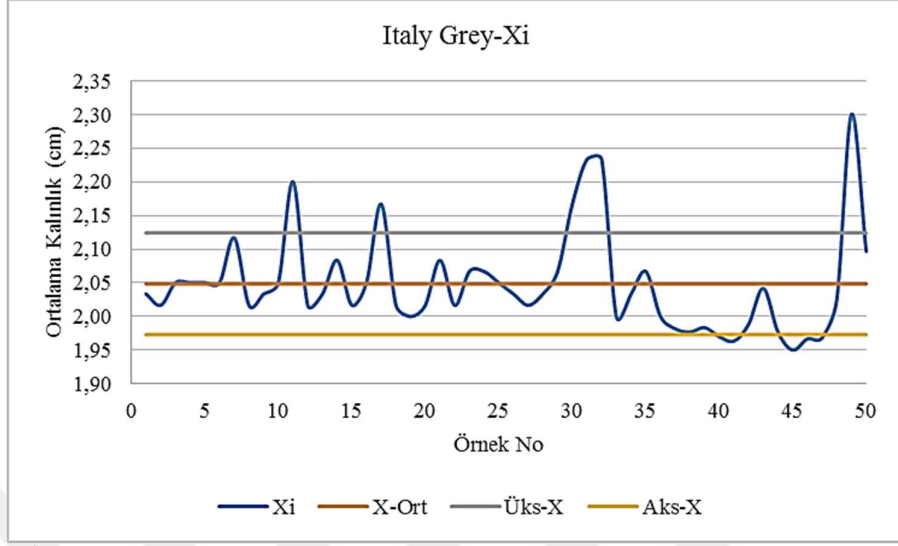
Standart sapma için sınır değerler ise Eşitlik 13,3.14 ve 3.15 kullanılır.

$$\bar{ÜKS} = B_4\bar{S} = 0,115$$

$$OÇ = \bar{S} = 0.05$$

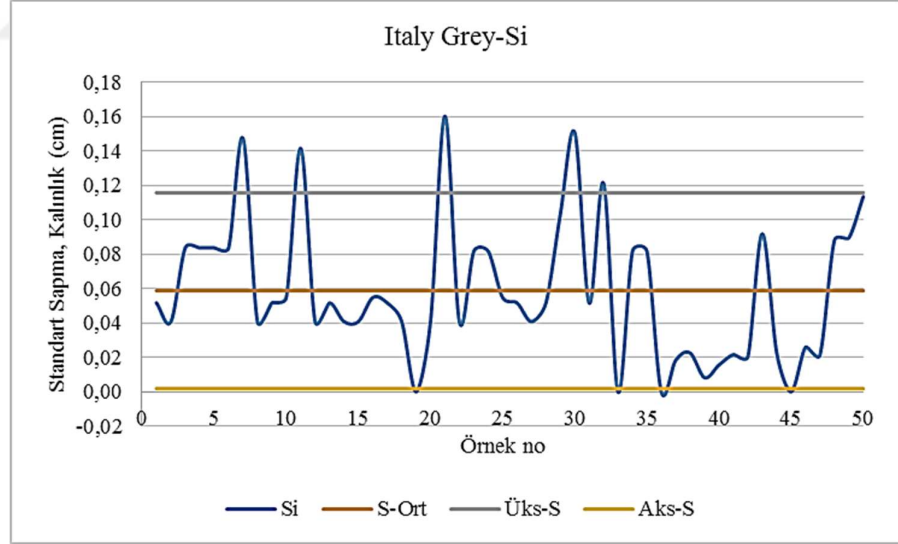
$$AKS = B_3\bar{S} = 0,001$$

Hesaplanan X-S ortalama grafikleri için sınır değerler belirlendikten sonra Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 İtaly grey kenar kalınlık X ortalama grafiği.

Şekil 4.9 3 sigma değerleri dikkate alınarak hesaplanmış sınır değerinde 11 noktanın kontrol dışı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10 İtaly grey kenar kalınlık S standart sapma grafiği.

İtaly grey kenar kalınlıkları için oluşturulan standart sapma grafiğinde 11 tane örnek kontrol dışıdır.

4.1.3.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması

CUSUM kontrol grafiği kenar kalınlık ölçüm değerlerine uyarlanmış ve örnek ortalamaları, örnek ortalamaları ile genel ortalama arasındaki kayma ve bu değerlere göre hesaplanmış CUSUM değerleri verilmiştir. (Çizelge 4.9)

Çizelge 4.9 İtaly grey kenar kalınlıkları için CUSUM kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	$X_i - 2,05$	S_i	S_i kontrol dışı
1	2,03	-0,02	-0,02	--
2	2,02	-0,03	-0,05	--
3	2,05	0,00	-0,05	--
4	2,05	0,00	-0,04	--
5	2,05	0,00	-0,04	--
6	2,05	0,00	-0,04	--
7	2,12	0,07	0,03	--
8	2,02	-0,03	0,00	--
9	2,03	-0,02	-0,02	--
10	2,05	0,00	-0,02	--
11	2,20	0,15	0,13	--
12	2,02	-0,03	0,10	--
13	2,03	-0,02	0,09	--
14	2,08	0,03	0,12	--
15	2,02	-0,03	0,09	--
16	2,05	0,00	0,09	--
17	2,17	0,12	0,21	--
18	2,02	-0,03	0,18	--
19	2,00	-0,05	0,13	--
20	2,02	-0,03	0,10	--
21	2,08	0,03	0,13	--
22	2,02	-0,03	0,10	--
23	2,07	0,02	0,12	--
24	2,07	0,02	0,14	--
25	2,05	0,00	0,14	--
26	2,03	-0,02	0,12	--
27	2,02	-0,03	0,09	--
28	2,03	-0,02	0,08	--
29	2,07	0,02	0,10	--
30	2,17	0,12	0,21	--
31	2,23	0,18	0,40	--
32	2,23	0,18	0,58	Kontrol dışı
33	2,00	-0,05	0,54	Kontrol dışı
34	2,03	-0,02	0,52	Kontrol dışı
35	2,07	0,02	0,54	Kontrol dışı
36	2,00	-0,05	0,49	Kontrol dışı
37	1,98	-0,07	0,42	Kontrol dışı

Çizelge 4.9 (Devam) İtaly grey kenar kalınlıkları için CUSUM kontrol grafiği verileri

Örnek no	X_i	$X_i - 2,05$	S_i	S_i kontrol dışı
38	1,98	-0,07	0,35	--
39	1,98	-0,07	0,29	--
40	1,97	-0,08	0,21	--
41	1,96	-0,09	0,12	--
42	1,99	-0,06	0,06	--
43	2,04	-0,01	0,06	--
44	1,98	-0,07	-0,02	--
45	1,95	-0,10	-0,11	--
46	1,97	-0,08	-0,20	--
47	1,97	-0,08	-0,28	--
48	2,03	-0,02	-0,30	Kontrol dışı
49	2,30	0,25	-0,05	--
50	2,10	0,05	0,00	--

Burada CUSUM S_i değerleri her bir kenar kalınlık ölçümlerinin ortalaması olan x_i değerlerinden, İtaly grey için ortalama uygun kalınlık değeri 2,05 cm'nin çıkarılması ile elde edilmiştir. Örnek ortalamalarının genel ortalamaya göre ne kadar sapma gösterdiğini belirlerken, $\alpha=0.01$ ve $\beta=0$ gibi kabul edilir bir seviyede tutulmuştur. Kenar kalınlık değerleri σ 'lık ayrılışlar için CUSUM grafiği parametreleri,

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,1344 \quad d_2 \text{ değeri EK-2'den alınmıştır.}$$

$$\Delta = k\sigma = \sigma = 0,052$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = 0,007$$

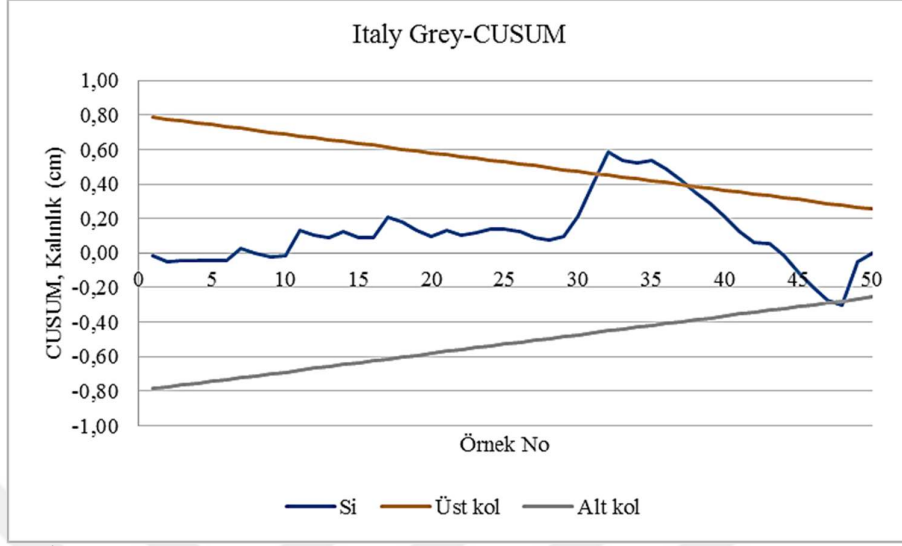
$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}}\right)^2 = 55$$

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{55} = 0.147$$

$$A = 2\sigma_{\bar{x}} = 0,014$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0.052}{2 * 0.014} \right) = 61,69^\circ$$

olarak hesaplanır. Bu hesaplamalara göre σ 'lık ayrılışların tespiti için standart V maskeli CUSUM grafiği Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11 İtaly grey kenar kalınlıkları için CUSUM kontrol grafiği.

Şekil 4.11’deki CUSUM grafiğinde 50. örnek üzerine standart V maskesi uygulanmış örneğin V maskesinin üst kolunu aşması sonucunda Italy greye ait kenar kalınlıkları CUSUM grafiğinde σ ’lık ayrılışların 7 adet örnek V maskesinin üst kolunun üzerinde değerler almıştır. Alt kolunda ise 48. örnek süreç dışıdır. Ayrıca 47. örnekte gerekli tedbirler alınmadığı takdirde süreç dışı olma sinyali vermiştir.

4.1.3.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması

EWMA kontrol grafiği çiziminde kullanılacak olan kalınlık ölçümlerine ait veriler, EWMA değerleri ve kontrol sınırları verilmiştir (Çizelge 4.10)

İlk örnek ortalaması 2,03 için EWMA değeri Eşitlik 32, yardımıyla;

$$z_1 = \lambda \bar{x}_1 + (1 - \lambda)z_0 = 2,04541 \text{ bulunur.}$$

İkinci örnek ortalaması 2,016 için EWMA değeri ise Eşitlik 33 ile;

$$z_2 = \lambda \bar{x}_2 + (1 - \lambda)z_1 = 2,03966 \text{ bulunur.}$$

Tüm EWMA değerleri benzer şekilde hesaplanmıştır (Çizelge 4.10).

$$\hat{\sigma} = 0.052$$

Birinci örneğe ait kontrol sınırı,

$$AKS = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{z_t} = 2,0354 \text{ (Eşitlik 3.39)}$$

$$\ÜKS = \bar{\bar{x}} + 3\sigma_{z_t} = 2,06143 \text{ (Eşitlik 3.40)}$$

olarak hesaplanır ve benzer şekilde tüm EWMA değerlerine ait kontrol sınırları hesaplanır. Kontrol sınır değerleri σ_{zt} hesaplamasında ise 11. örnekten itibaren Eşitlik 37 kullanılarak 2,07 ve 2,02 değerleri bulunmuştur.

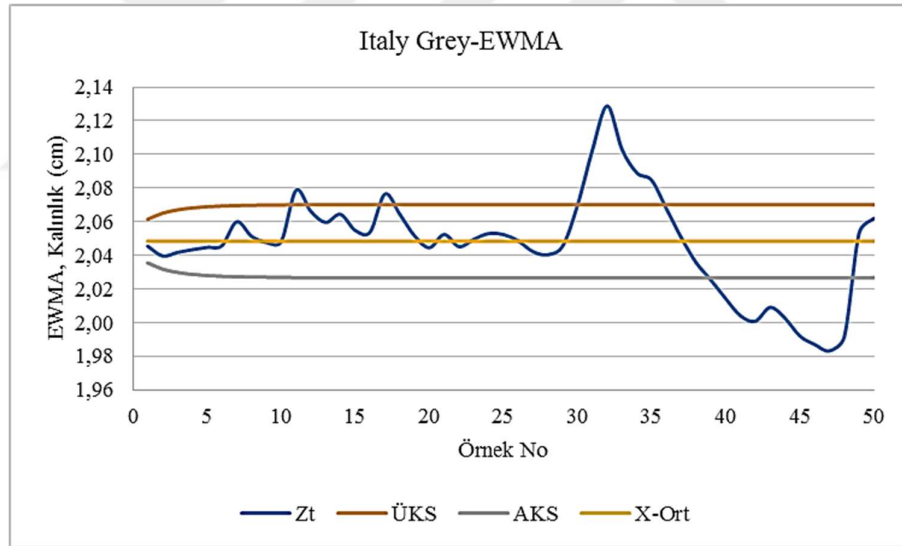
Çizelge 4.10 İtaly grey kalınlıkları için EWMA değerleri.

Örnek no	X_i	Z_t	ÜKS	AKS	EWMA kontrol dışı
1	2,03	2,05	2,06	2,04	--
2	2,03	2,04	2,07	2,03	--
3	2,03	2,04	2,07	2,03	--
4	2,03	2,04	2,07	2,03	--
5	2,03	2,04	2,07	2,03	--
6	2,03	2,05	2,07	2,03	--
7	2,03	2,06	2,07	2,03	--
8	2,03	2,05	2,07	2,03	--
9	2,03	2,05	2,07	2,03	--
10	2,03	2,05	2,07	2,03	--
11	2,03	2,08	2,07	2,03	Kontrol dışı
12	2,03	2,07	2,07	2,03	--
13	2,03	2,06	2,07	2,03	--
14	2,03	2,06	2,07	2,03	--
15	2,03	2,05	2,07	2,03	--
16	2,03	2,05	2,07	2,03	--
17	2,03	2,08	2,07	2,03	Kontrol dışı
18	2,03	2,06	2,07	2,03	--
19	2,03	2,05	2,07	2,03	--
20	2,03	2,04	2,07	2,03	--
21	2,03	2,05	2,07	2,03	--
22	2,03	2,05	2,07	2,03	--
23	2,03	2,05	2,07	2,03	--
24	2,03	2,05	2,07	2,03	--
25	2,03	2,05	2,07	2,03	--
26	2,03	2,05	2,07	2,03	--
27	2,03	2,04	2,07	2,03	--
28	2,03	2,04	2,07	2,03	--
29	2,03	2,05	2,07	2,03	--
30	2,03	2,07	2,07	2,03	--
31	2,03	2,10	2,07	2,03	Kontrol dışı
32	2,03	2,13	2,07	2,03	Kontrol dışı
33	2,03	2,10	2,07	2,03	Kontrol dışı
34	2,03	2,09	2,07	2,03	Kontrol dışı
35	2,03	2,08	2,07	2,03	Kontrol dışı
36	2,03	2,07	2,07	2,03	--
37	2,03	2,05	2,07	2,03	--
38	2,03	2,04	2,07	2,03	--
39	2,03	2,03	2,07	2,03	Kontrol dışı

Çizelge 4.10 (Devam) İtaly grey kalınlıkları için EWMA değerleri

Örnek no	$\bar{X}_i$	Z_t	ÜKS	AKS	EWMA kontrol dışı
40	2,03	2,01	2,07	2,03	Kontrol dışı
41	2,03	2,00	2,07	2,03	Kontrol dışı
42	2,03	2,00	2,07	2,03	Kontrol dışı
43	2,03	2,01	2,07	2,03	Kontrol dışı
44	2,03	2,00	2,07	2,03	Kontrol dışı
45	2,03	1,99	2,07	2,03	Kontrol dışı
46	2,03	1,99	2,07	2,03	Kontrol dışı
47	2,03	1,98	2,07	2,03	Kontrol dışı
48	2,03	1,99	2,07	2,03	Kontrol dışı
49	2,03	2,05	2,07	2,03	--
50	2,03	2,06	2,07	2,03	--

Her bir örnek için belirlenen üst ve alt kontrol sınır değerleri, hesaplanan EWMA (z_t) dikeyde örnek ölçüm zamanları numaraları ise yatayda belirtilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 İtaly grey kalınlıkları için EWMA kontrol grafiği.

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi İtaly grey kalınlık ölçüm örneklerinden 17 nokta kontrol sınır değerlerini aşmaktadır. Özellikle son 31 ile 48. Örnekler arasındaki EWMA değerleri alt kontrol ve üst kontrol sınır değerlerini aştığı görülmektedir.

4.2 Parlaklık Ölçümleri ve Kontrol Grafikleri

4.2.1 Denizli Traverten Kontrol Grafikleri

4.2.1.1 X-S Kontrol Grafiği Uygulaması

Denizli traverten yüzey parlaklık X ortalama S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

X ortalama grafiği için sınır değerleri;

$$\bar{U}KS = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{S}=99,046 \text{ (Eşitlik 3.19)} \quad A_3=1,03 \text{ (Ek-1)}$$

$$OÇ = \bar{\bar{x}}=85,98 \text{ (Eşitlik 3.20)}$$

$$AKS = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{S}=81,91 \text{ (Eşitlik 3.21) hesaplanır.}$$

Çizelge 4.11 Denizli traverten yüzey parlaklık X ortalama S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.

Örn no	Ölçüm zamanı	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	R_i	S_i	X_i kontrol dışı	S_i kontrol dışı
1	Pt-08:30	78,60	80,30	82,30	75,30	74,60	77,30	87,60	78,60	76,80	79,04	13,00	3,99	Kontrol dışı	--
2	Pt-11:30	76,50	79,10	79,30	82,10	80,20	80,20	80,20	82,30	85,10	80,56	8,60	2,41	Kontrol dışı	--
3	Pt-13:30	80,20	82,30	81,50	84,60	87,60	85,30	80,60	83,40	82,30	83,09	7,40	2,40	--	--
4	Pt-16:30	88,40	82,30	88,60	86,70	86,90	79,30	76,30	85,40	81,60	83,94	12,30	4,30	--	--
5	Sl-08:30	87,90	83,40	87,60	88,20	90,30	92,30	91,40	94,00	92,00	89,68	10,60	3,23	--	--
6	Sl-11:30	93,40	82,40	95,40	92,40	87,30	85,30	88,90	81,90	90,00	88,56	13,50	4,77	--	--
7	Sl-13:30	89,30	85,40	87,30	88,60	80,10	82,30	80,20	80,30	82,30	83,98	9,20	3,73	--	--
8	Sl-16:30	82,30	80,40	80,40	82,30	77,60	79,60	79,60	79,60	79,60	80,16	4,70	1,46	Kontrol dışı	--
9	Çş-08:30	93,40	92,40	90,50	88,60	77,60	92,40	96,40	92,40	90,40	90,46	18,80	5,29	Kontrol dışı	--
10	Çş-11:30	84,30	82,00	84,00	85,00	80,50	88,30	82,30	82,30	80,10	83,20	8,20	2,53	--	--
11	Çş-13:30	84,40	85,60	79,60	79,30	78,20	77,30	74,20	74,30	72,30	78,36	13,30	4,51	Kontrol dışı	--
12	Çş-16:30	82,40	84,30	81,00	82,00	82,00	75,70	75,30	77,30	82,30	80,26	9,00	3,28	Kontrol dışı	--
13	Pş-08:30	83,40	80,90	80,60	80,50	80,60	82,10	83,10	82,30	84,30	81,98	3,80	1,41	Kontrol dışı	--

Çizelge 4.11 (Devam) Denizli traverten yüzey parlaklık X ortalama S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.

Örn no	Ölçüm zamanı	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Xi	Ri	Si	<i>Xi</i> <i>kontrol</i> <i>dışı</i>	<i>Si</i> <i>kontrol</i> <i>dışı</i>
14	Pş-11:30	79, 90	78, 90	79, 60	79, 30	79, 60	79, 70	79, 70	79, 60	79, 60	79, 54	1,0 0	29	Kontrol dışı	Kontrol dışı
15	Pş-13:30	92, 40	93, 40	92, 60	91, 20	88, 40	89, 60	82, 50	79, 60	78, 40	87, 57	15, 00	5, 85	--	--
16	Pş-16:30	86, 40	97, 30	87, 60	87, 30	93, 40	92, 70	94, 80	92, 70	92, 60	91, 64	10, 90	3, 72	Kontrol dışı	--
17	Cu-08:30	86, 70	82, 40	87, 50	84, 60	92, 70	93, 40	92, 40	91, 70	96, 40	89, 76	14, 00	4, 64	Kontrol dışı	--
18	Cu-11:30	84, 50	82, 30	80, 60	82, 70	84, 60	87, 60	92, 60	87, 10	88, 60	85, 62	12, 00	3, 72	--	--
19	Cu-13:30	81, 30	83, 40	85, 30	89, 70	90, 40	91, 30	90, 40	90, 70	91, 60	88, 23	10, 30	3, 85	--	--
20	Cu-16:30	80, 60	94, 30	92, 40	95, 20	80, 20	80, 60	94, 50	92, 30	80, 40	87, 83	15, 00	7, 07	--	Kontrol dışı
21	Pt-08:30	80, 40	94, 50	92, 40	91, 50	94, 50	90, 20	87, 30	82, 30	80, 40	88, 17	14, 10	5, 80	--	--
22	Pt-11:30	85, 40	87, 60	88, 40	83, 40	84, 60	83, 40	86, 40	84, 60	83, 40	85, 24	5,0 0	1, 87	--	--
23	Pt-13:30	90, 40	92, 40	90, 40	92, 60	87, 50	87, 90	85, 40	82, 60	90, 60	88, 87	10, 00	3, 32	--	--
24	Pt-16:30	80, 20	80, 30	93, 50	92, 50	86, 30	82, 60	82, 60	88, 40	85, 60	85, 78	13, 30	4, 92	--	--
25	Sl-08:30	90, 50	92, 40	88, 90	88, 90	88, 90	87, 60	85, 60	78, 50	78, 30	86, 62	14, 10	5, 02	--	--
26	Sl-11:30	95, 60	92, 40	95, 40	82, 50	84, 60	92, 40	95, 70	94, 70	78, 20	90, 17	17, 50	6, 62	Kontrol dışı	Kontrol dışı
27	Sl-13:30	74, 50	84, 10	87, 20	90, 40	92, 40	87, 60	88, 40	84, 60	95, 60	87, 20	21, 10	5, 99	--	--
28	Sl-16:30	78, 50	74, 20	75, 30	77, 80	78, 10	77, 30	77, 60	74, 50	78, 40	76, 86	4,3 0	1, 71	Kontrol dışı	--
29	Çş-08:30	74, 20	82, 40	78, 60	82, 50	88, 60	73, 40	71, 50	82, 60	75, 60	78, 82	17, 10	5, 60	Kontrol dışı	--
30	Çş-11:30	75, 30	79, 60	86, 40	82, 40	77, 60	78, 40	75, 60	72, 50	74, 60	78, 04	13, 90	4, 30	Kontrol dışı	--
31	Çş-13:30	75, 80	75, 30	79, 60	78, 60	78, 60	77, 50	72, 50	77, 40	72, 50	76, 42	7,1 0	2, 60	Kontrol dışı	--
32	Çş-16:30	85, 30	82, 60	84, 60	87, 60	82, 30	85, 40	87, 50	87, 30	80, 20	84, 76	7,4 0	2, 60	--	--
33	Pş-08:30	81, 40	92, 20	95, 40	86, 30	76, 30	75, 60	87, 30	80, 60	82, 00	84, 12	19, 80	6, 76	--	Kontrol dışı
34	Pş-11:30	72, 60	85, 50	78, 90	75, 60	82, 60	81, 50	83, 40	81, 20	87, 30	80, 96	14, 70	4, 65	Kontrol dışı	--
35	Pş-13:30	87, 00	90, 00	92, 00	91, 30	92, 30	90, 20	84, 70	84, 50	82, 50	88, 28	9,8 0	3, 67	--	--
36	Pş-16:30	95, 30	97, 50	98, 20	92, 40	95, 70	96, 30	96, 40	98, 40	92, 70	95, 88	6,0 0	2, 16	Kontrol dışı	--
37	Cu-08:30	95, 40	92, 40	98, 30	92, 40	92, 40	95, 70	95, 40	92, 40	95, 30	94, 41	5,9 0	2, 11	Kontrol dışı	--
38	Cu-11:30	87, 60	92, 40	87, 40	88, 30	95, 80	96, 80	98, 30	95, 60	97, 31	93, 90	10, 48	4, 48	Kontrol dışı	--
39	Cu-13:30	87, 60	85, 30	93, 40	98, 70	92, 70	95, 40	92, 40	87, 30	87, 50	91, 14	13, 40	4, 46	Kontrol dışı	--

Çizelge 4.11 (Devam) Denizli traverten yüzey parlaklık X ortalama S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.

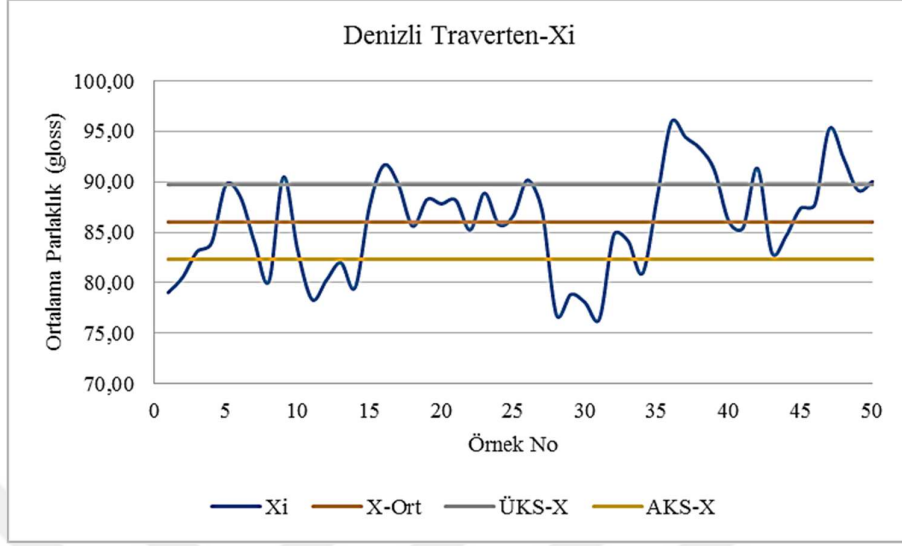
Örn no	Ölçüm zamanı	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Xi	Ri	Si	<i>Xi</i> <i>kontrol</i> <i>dışı</i>	<i>Si</i> <i>kontrol</i> <i>dışı</i>
40	Cu-16:30	85, 30	90, 40	84, 60	85, 20	84, 60	92, 50	83, 40	84, 60	84, 30	86, 10	9,1 0	3, 13	--	--
41	Pt-08:30	82, 40	87, 30	84, 50	85, 30	87, 60	84, 60	87, 60	84, 50	85, 40	85, 47	5,2 0	1, 75	--	--
42	Pt-11:30	84, 60	87, 60	92, 30	95, 40	92, 40	92, 10	97, 60	92, 30	87, 70	91, 33	13, 00	4, 06	Kontrol dışı	--
43	Pt-13:30	82, 40	80, 40	80, 40	87, 60	80, 40	82, 40	85, 60	85, 40	82, 40	83, 00	7,2 0	2, 62	--	--
44	Pt-16:30	80, 60	82, 50	84, 60	80, 90	87, 60	87, 90	85, 60	88, 60	83, 60	84, 66	8,0 0	3, 00	--	--
45	Sl-08:30	88, 70	88, 60	88, 70	88, 90	86, 60	87, 40	86, 60	88, 30	82, 38	87, 0	6,6 13	2, 13	--	--
46	Sl-11:30	85, 30	88, 70	88, 70	87, 60	84, 70	86, 30	88, 40	89, 60	90, 70	87, 78	6,0 0	1, 99	--	--
47	Sl-13:30	92, 40	92, 10	98, 20	98, 60	92, 70	94, 60	97, 60	98, 60	92, 30	95, 23	6,5 0	2, 97	Kontrol dışı	--
48	Sl-16:30	95, 60	95, 60	92, 30	90, 60	90, 80	96, 40	90, 50	89, 40	89, 60	92, 31	7,0 0	2, 80	Kontrol dışı	--
49	Çş-08:30	89, 60	92, 30	90, 40	89, 70	88, 60	88, 90	87, 80	89, 70	85, 60	89, 18	6,7 0	1, 84	--	--
50	Çş-11:30	87, 40	88, 60	88, 70	89, 20	90, 20	91, 30	93, 00	92, 30	89, 50	90, 02	5,6 0	1, 85	Kontrol dışı	--

Traverten parlaklık ölçüm değerleri Çizelge 4.13'deki gözlemlere ait $\bar{x}$ grafiğinin orta çizgisi 85,98 olarak bulunmuştu. Standart sapma grafiğinin orta çizgisi ise tüm standart sapma değerleri numune sayısına bölünmesiyle $\bar{S} = 3,940$ bulunur. Örnek hacmi 5 olduğunda $B_3 = 0,24$ ve $B_4 = 1,76$ (Tablo Ek-3) S grafiğinin kontrol sınırları da;

$$\bar{ÜKS} = B_4 \bar{S} = 6,939 \text{ (Eşitlik 13)}$$

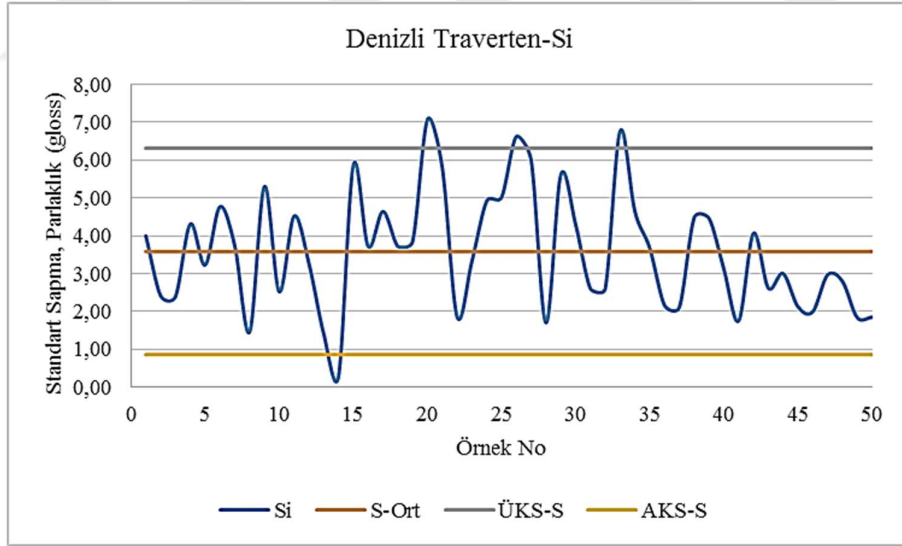
$$OÇ = \bar{S} = 3,940 \text{ (Eşitlik 14)}$$

$$AKS = B_3 \bar{S} = 0,808 \text{ (Eşitlik 15)'dir.}$$



Şekil 4.13 Denizli traverten parlaklık değerleri için X kontrol grafiği.

Şekil 4.13’de görüldüğü gibi 26 adet örnek kontrol dışıdır.



Şekil 4.14 Denizli traverten parlaklık değeri için S kontrol grafiği.

Sigma 3 limiti dikkate alınarak hesaplanan sınır değerleri süreç kontrolüne uyumlu değildir. Örneklere baktığımızda 5 adet örnek standart sapma sınır değerlerinin dışındadır.

4.2.1.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması

Örnek ortalamaları ve genel ortalama arasındaki fark ile kayma, kayma değerlerinin birikimli toplamı ile CUSUM (S_i) değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.12)

Çizelge 4.12 Denizli traverten parlaklık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	$X_i - 85,98$	S_i	S_i kontrol dışı
1	79,04	-6,97	-6,97	--
2	80,56	-5,46	-12,44	--
3	83,09	-2,93	-15,37	--
4	83,94	-2,07	-17,44	--
5	89,68	3,66	-13,78	--
6	88,56	2,54	-11,25	--
7	83,98	-2,04	-13,29	--
8	80,16	-5,86	-19,15	--
9	90,46	4,44	-14,71	--
10	83,20	-2,82	-17,53	--
11	78,36	-7,66	-25,20	--
12	80,26	-5,76	-30,96	Kontrol dışı
13	81,98	-4,04	-35,00	Kontrol dışı
14	79,54	-6,47	-41,48	Kontrol dışı
15	87,57	1,55	-39,93	Kontrol dışı
16	91,64	5,63	-34,30	Kontrol dışı
17	89,76	3,74	-30,57	Kontrol dışı
18	85,62	-0,40	-30,96	Kontrol dışı
19	88,23	2,21	-28,75	Kontrol dışı
20	87,83	1,81	-26,93	Kontrol dışı
21	88,17	2,15	-24,79	Kontrol dışı
22	85,24	-0,77	-25,56	Kontrol dışı
23	88,87	2,85	-22,71	Kontrol dışı
24	85,78	-0,24	-22,95	Kontrol dışı
25	86,62	0,60	-22,35	Kontrol dışı
26	90,17	4,15	-18,20	--
27	87,20	1,18	-17,02	--
28	76,86	-9,16	-26,18	Kontrol dışı
29	78,82	-7,20	-33,38	Kontrol dışı
30	78,04	-7,97	-41,36	Kontrol dışı
31	76,42	-9,60	-50,95	Kontrol dışı
32	84,76	-1,26	-52,22	Kontrol dışı
33	84,12	-1,90	-54,11	Kontrol dışı
34	80,96	-5,06	-59,18	Kontrol dışı
35	88,28	2,26	-56,92	Kontrol dışı
36	95,88	9,86	-47,06	Kontrol dışı

Çizelge 4.12 (Devam) Denizli traverten parlaklık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri

Örnek no	X_i	$X_i - 85,98$	S_i	S_i kontrol dışı
37	94,41	8,39	-38,67	Kontrol dışı
38	93,31	7,29	-31,37	Kontrol dışı
39	91,14	5,13	-26,25	Kontrol dışı
40	86,10	0,08	-26,17	Kontrol dışı
41	85,47	-0,55	-26,72	Kontrol dışı
42	91,33	5,31	-21,40	Kontrol dışı
43	83,00	-3,02	-24,42	Kontrol dışı
44	84,66	-1,36	-25,79	Kontrol dışı
45	87,38	1,36	-24,43	Kontrol dışı
46	87,78	1,76	-22,67	Kontrol dışı
47	95,23	9,21	-13,45	Kontrol dışı
48	92,31	6,29	-7,16	--
49	89,18	3,16	-4,00	--
50	90,02	4,00	0,00	--

Örnek ortalamalarının genel ortalamaya göre ne kadar sapma gösterdiğini Çizelge 4.12’de verilen $\bar{x}_i - 85,98$ değer ile belirlenir. $\alpha=0.01$ ve $\beta=0$ gibi kabul edilir bir seviyede tutulmuş, $d_2=2.326$ (EK-2) olarak alınmış ve parlaklık σ ’lık ayrılışlar için CUSUM grafiği parametreleri,

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 1,326 \text{ (Eşitlik 4)}$$

$$\Delta = k\sigma = \sigma = 1,326 \text{ (Eşitlik 27)}$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = 0,189$$

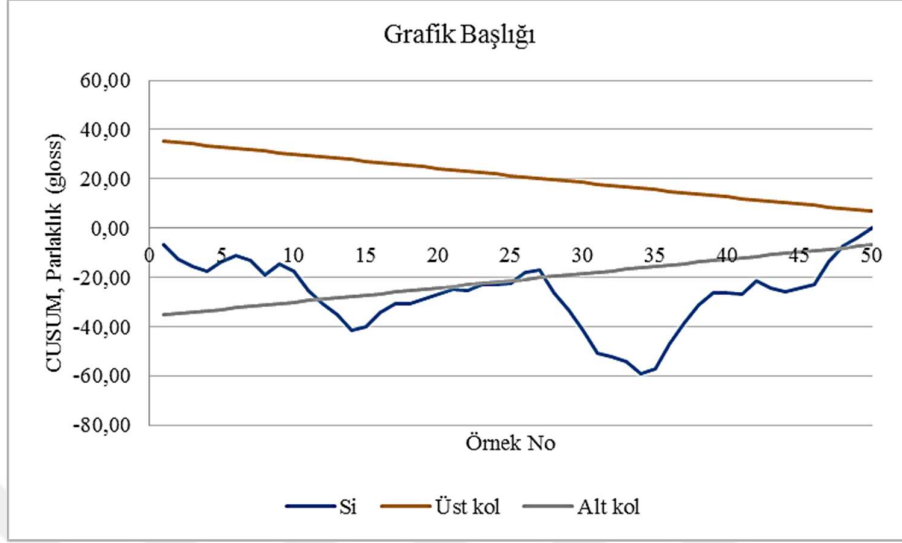
$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}}\right)^2 = 49,22$$

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{49,22} = 0,187 \text{ birim}$$

$$A = 2\sigma_{\bar{x}} = 0.378$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1,326}{2*0,187} \right) = 60.29^\circ$$

olarak hesaplanır. Bu hesaplamalara göre σ ’lık ayrılışların tespiti için standart V maskeli CUSUM grafiği verilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Denizli traverten parlaklık değerleri için CUSUM grafiği.

CUSUM grafiğinde (Şekil 4.15) 50. örnek üzerine standart V maskesi uygulanmış ve ilk 10 ve son 3 örnek dışındaki 37 adet numune kontrol dışıdır. CUSUM grafiğinde alt kol değerlerini aşmıştır. $1Q$ 'luk ayrışma limiti Denizli traverten için uygun değildir. Malzeme dolgulu olduğu için parlaklık değerleri hedeflenen değer altındadır.

4.2.1.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması

EWMA kontrol grafiği çizimi için gerekli olan değerler; üstel toplam ağırlık olan EWMA değerleri, alt ve üst kontrol sınır değerler verilmiştir (Çizelge 4.13).

İlk örnek ortalaması 79,04 için EWMA değeri,

$$z_1 = \lambda \bar{x}_1 + (1 - \lambda)z_0 = 84,593 \text{ (Eşitlik 3.33)}$$

olarak ve ikinci örnek ortalaması 79,56 için EWMA değeri ise,

$$z_2 = \lambda \bar{x}_2 + (1 - \lambda)z_1 = 83,587 \text{ (Eşitlik 3.34)}$$

olarak bulunur. Tüm EWMA değerleri benzer şekilde hesaplanmış ve Çizelge 4,13'te verilmiştir.

$\hat{\sigma} = 1,326$ (Eşitlik 4) ise birinci örneğe ait kontrol sınırı,

$$AKS = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{z_t} = 85,1831 \text{ (Eşitlik 38)}$$

$$\bar{ÜKS} = \bar{x} + 3\sigma_{z_t} = 86,777 \text{ (Eşitlik 39)}$$

olarak hesaplanır ve benzer şekilde tüm EWMA değerlerine ait kontrol sınırları hesaplanır. En küçük hata verileri için $\lambda = 0.2$ alınır. EWMA sınır değerleri 10. örneğe kadar farklı değerler almıştır. 11. örnekten itibaren σ_{z_t} değeri hesaplanması için Eşitlik 3.38 kullanılmıştır.

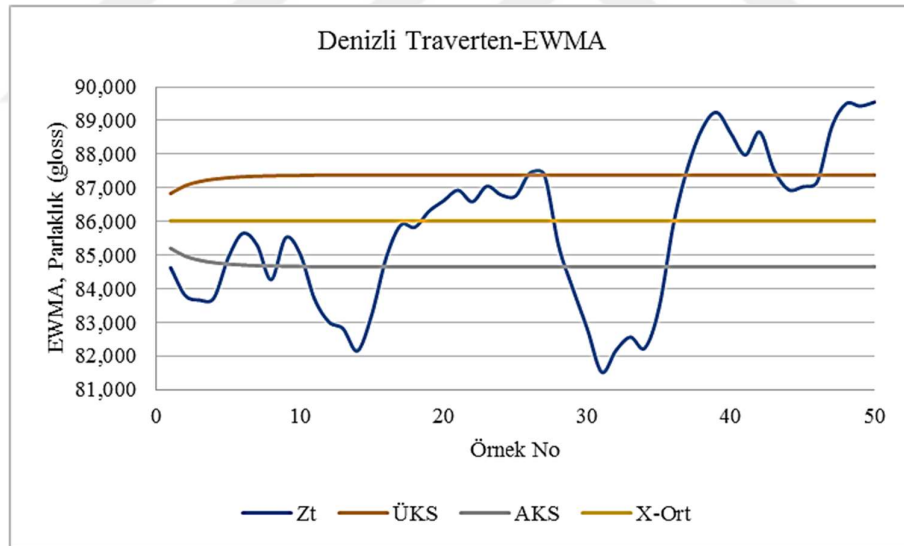
Çizelge 4.13 Denizli traverten parlaklık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	Z_t	$\bar{ÜKS}$	AKS	<i>EWMA kontrol dışı</i>
1	79,04	84,62	86,83	85,20	Kontrol dışı
2	80,56	83,81	87,06	84,97	Kontrol dışı
3	83,09	83,67	87,19	84,85	Kontrol dışı
4	83,94	83,72	87,26	84,78	Kontrol dışı
5	89,68	84,91	87,30	84,73	--
6	88,56	85,64	87,33	84,71	--
7	83,98	85,31	87,35	84,69	--
8	80,16	84,28	87,36	84,68	Kontrol dışı
9	90,46	85,51	87,37	84,67	--
10	83,20	85,05	87,37	84,67	--
11	78,36	83,71	87,38	84,66	Kontrol dışı
12	80,26	83,02	87,38	84,66	Kontrol dışı
13	81,98	82,81	87,38	84,66	Kontrol dışı
14	79,54	82,16	87,38	84,66	Kontrol dışı
15	87,57	83,24	87,38	84,66	Kontrol dışı
16	91,64	84,92	87,38	84,66	--
17	89,76	85,89	87,38	84,66	--
18	85,62	85,83	87,38	84,66	--
19	88,23	86,31	87,38	84,66	--
20	87,83	86,62	87,38	84,66	--
21	88,17	86,93	87,38	84,66	--
22	85,24	86,59	87,38	84,66	--
23	88,87	87,05	87,38	84,66	--
24	85,78	86,79	87,38	84,66	--
25	86,62	86,76	87,38	84,66	--
26	90,17	87,44	87,38	84,66	Kontrol dışı
27	87,20	87,39	87,38	84,66	Kontrol dışı
28	76,86	85,28	87,38	84,66	--
29	78,82	83,99	87,38	84,66	Kontrol dışı
30	78,04	82,80	87,38	84,66	Kontrol dışı
31	76,42	81,53	87,38	84,66	Kontrol dışı
32	84,76	82,17	87,38	84,66	Kontrol dışı
33	84,12	82,56	87,38	84,66	Kontrol dışı
34	80,96	82,24	87,38	84,66	Kontrol dışı
35	88,28	83,45	87,38	84,66	Kontrol dışı
36	95,88	85,93	87,38	84,66	--
37	94,41	87,63	87,38	84,66	Kontrol dışı

Çizelge 4.13 (Devam) Denizli traverten parlaklık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	Z_t	ÜKS	AKS	EWMA kontrol dışı
38	93,31	88,77	87,38	84,66	Kontrol dışı
39	91,14	89,24	87,38	84,66	Kontrol dışı
40	86,10	88,61	87,38	84,66	Kontrol dışı
41	85,47	87,98	87,38	84,66	Kontrol dışı
42	91,33	88,65	87,38	84,66	Kontrol dışı
43	83,00	87,52	87,38	84,66	Kontrol dışı
44	84,66	86,95	87,38	84,66	--
45	87,38	87,04	87,38	84,66	--
46	87,78	87,18	87,38	84,66	--
47	95,23	88,79	87,38	84,66	Kontrol dışı
48	92,31	89,50	87,38	84,66	Kontrol dışı
49	89,18	89,43	87,38	84,66	Kontrol dışı
50	90,02	89,55	87,38	84,66	Kontrol dışı

Hesaplanan EWMA değerleri ve kontrol sınır değerleri sayesinde süreç takibi için EWMA grafiği verilmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Denizli traverten parlaklık değeri için EWMA grafiği.

Şekil 4.16'da parlaklık ölçümlerine ait EWMA değerleri ve kontrol sınırları gösterilmiştir. EWMA grafiğine göre kontrol sınırları 10. örneğe kadar genişlemiş ve 11. örnekten itibaren sabit kalarak, maksimum ve minimum değerini almıştır. Örnekler baktığımızda hata payı minimuma indirmek için alınan $\lambda = 0,2$ değer sebebiyle 36 adet örnek kontrol dışıdır. EWMA grafik yönteminin en önemli avantajı mermer yüzeyinde oluşun ani değişim parlaklık değeri hakkında bilgi verir. Küçük hata oranı kabul

edilmesinden dolayı EWMA değerleri üst kontrol sınır ve alt kontrol sınır değerlerinin dışında kalmıştır. Buradaki minimum hata tespiti bile yapılabilir. Her bir t süresinde alınan numuneden makine hatası ya da işçi hatası hakkında bilgi toplanır. Net sonuçlar için sadece seleksiyon bölümünde değil EWMA grafiği üretimin her aşamasında uygulanmalıdır.

4.2.2 Gri Emperador Yüzey Parlaklık Ölçüm Değerleri İçin Kontrol Grafikleri

4.2.2.1 X-S Kontrol Grafiği Uygulaması

Shewhart X-S grafiği için gerekli parametre olan yüzey parlaklık $\bar{X}$ ortalama S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Gri emperador parlaklık, $\bar{X}$ ortalama, S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri

Örnek no	Ölçüm zamanı	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{X}_3$	$\bar{X}_4$	$\bar{X}_5$	$\bar{X}_6$	$\bar{X}_7$	$\bar{X}_8$	$\bar{X}_9$	$\bar{X}_{10}$	$\bar{R}_i$	$\bar{S}_i$	$\bar{X}_i$ kontrol dışı	$\bar{S}_i$ kontrol dışı
1	Pt-08:30	82,5	80,3	92,5	80,3	82,4	81,4	87,6	82,3	82,3	83,5	12,2	4,0	Kontrol dışı	--
2	Pt-11:30	76,5	81,7	85,4	82,6	87,6	84,6	80,6	79,6	78,4	81,8	11,1	3,5	Kontrol dışı	--
3	Pt-13:30	74,5	78,2	79,6	82,9	87,6	82,6	81,6	83,4	82,3	81,4	13,1	3,6	Kontrol dışı	--
4	Pt-16:30	88,4	81,9	88,5	85,9	90,2	85,2	76,3	80,2	81,6	84,2	13,9	4,5	--	--
5	SI-08:30	87,9	89,5	87,6	88,2	90,3	92,3	91,4	94,0	92,0	90,3	6,40	2,2	--	--
6	SI-11:30	85,4	88,2	87,6	85,4	87,3	85,3	88,9	81,9	90,0	86,6	8,10	2,4	--	--
7	SI-13:30	92,3	91,0	92,3	90,0	87,6	82,5	87,0	92,3	85,3	88,9	9,80	3,5	--	--
8	SI-16:30	92,4	97,2	93,4	98,0	90,2	93,0	91,0	95,0	92,3	93,6	7,80	2,6	Kontrol dışı	--
9	Çş-08:30	93,4	92,4	90,5	88,6	89,4	92,4	96,4	92,4	90,4	91,7	7,80	2,3	Kontrol dışı	--
10	Çş-11:30	94,0	82,0	84,0	85,0	92,0	93,0	92,4	93,5	92,4	89,8	12,0	4,7	--	--
11	Çş-13:30	80,0	82,0	81,0	84,0	83,0	86,0	84,6	81,3	92,4	83,8	12,4	3,7	--	--
12	Çş-16:30	82,4	84,3	88,6	85,4	82,3	84,3	85,2	88,4	91,3	85,8	9,00	3,0	--	--
13	Pş-08:30	83,4	82,6	84,6	86,4	90,0	92,7	85,4	83,4	87,5	86,2	10,1	3,3	--	--
14	Pş-11:30	92,3	87,9	89,4	85,4	87,3	92,4	81,5	82,3	82,4	86,7	10,9	4,1	--	--
15	Pş-13:30	92,4	93,4	95,6	91,2	85,4	87,0	89,6	91,4	92,6	90,9	10,2	3,1	Kontrol dışı	--
16	Pş-16:30	86,4	98,3	89,3	87,3	93,4	92,7	94,8	92,7	92,6	91,9	11,9	3,7	Kontrol dışı	--
17	Cu-08:30	86,7	82,4	87,5	84,6	92,7	93,4	92,4	91,7	96,4	89,7	14,0	4,6	--	--
18	Cu-11:30	84,5	83,4	83,4	82,7	86,4	88,9	87,6	87,1	88,6	85,8	6,20	2,3	--	--
19	Cu-13:30	81,3	83,4	85,3	89,7	92,4	95,4	92,7	90,7	91,6	89,1	14,1	4,7	--	--
20	Cu-16:30	92,4	94,3	92,4	95,2	93,4	92,4	94,5	92,3	94,7	93,5	2,90	1,1	Kontrol dışı	--

Çizelge 4.14 (Devam) Gri emperador parlaklık, X ortalama, S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.

Örnek no	Ölçüm zamanı	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Xi	Ri	Si	<i>Xi kontrol dışı</i>	<i>Si kontrol dışı</i>
21	Pt-08:30	93,2 0	94,5 0	90,4 0	91,5 0	94,5 0	90,2 0	87,3 0	82,3 0	84,3 0	89,8 0	12,2 0	4,36	--	--
22	Pt-11:30	82,4 0	85,4 0	82,7 0	83,4 0	87,2 0	83,4 0	87,6 0	84,6 0	81,3 0	84,2 2	6,30	2,16	--	--
23	Pt-13:30	83,4 0	82,7 0	84,5 0	83,4 0	87,5 0	87,9 0	85,4 0	82,6 0	84,6 0	84,6 7	5,30	1,95	--	--
24	Pt-16:30	80,2 0	80,3 0	93,5 0	92,5 0	86,3 0	82,6 0	78,6 0	79,3 0	75,5 0	83,2 0	18,0 0	6,28	Kontrol dışı	Kontrol dışı
25	SI-08:30	95,5 0	92,1 0	83,4 0	84,6 0	82,6 0	75,6 0	74,6 0	78,5 0	78,3 0	82,8 0	20,9 0	7,15	Kontrol dışı	Kontrol dışı
26	SI-11:30	92,4 0	85,4 0	84,6 0	82,5 0	84,6 0	92,4 0	95,7 0	94,7 0	78,2 0	87,8 3	17,5 0	6,11	--	Kontrol dışı
27	SI-13:30	74,5 0	84,1 0	87,2 0	85,4 0	86,4 0	96,4 0	92,4 0	92,1 0	95,6 0	88,2 3	21,9 0	6,81	--	Kontrol dışı
28	SI-16:30	78,5 0	74,2 0	75,3 0	75,2 0	78,1 0	77,3 0	77,6 0	77,4 0	77,6 0	76,8 0	4,30	1,50	Kontrol dışı	--
29	Çş-08:30	74,2 0	74,5 0	78,6 0	75,4 0	72,5 0	73,4 0	71,5 0	75,4 0	75,6 0	74,5 7	7,10	2,06	Kontrol dışı	--
30	Çş-11:30	75,3 0	78,6 0	77,5 0	76,5 0	74,6 0	78,4 0	75,6 0	72,5 0	74,6 0	75,9 6	6,10	1,99	Kontrol dışı	--
31	Çş-13:30	75,4 0	75,3 0	74,6 0	79,3 0	78,6 0	77,5 0	72,5 0	77,4 0	72,5 0	75,9 0	6,80	2,48	Kontrol dışı	--
32	Çş-16:30	85,3 0	87,6 0	82,6 0	87,6 0	89,2 0	84,6 0	87,5 0	86,3 0	80,2 0	85,6 6	9,00	2,83	--	--
33	Pş-08:30	81,4 0	92,2 0	95,4 0	60,5 0	76,3 0	75,4 0	87,3 0	82,3 0	82,0 0	81,4 2	34,9 0	10,2 9	Kontrol dışı	Kontrol dışı
34	Pş-11:30	72,6 0	85,5 0	84,5 0	82,4 0	82,6 0	81,5 0	83,4 0	81,2 0	87,3 0	82,3 3	14,7 0	4,14	Kontrol dışı	--
35	Pş-13:30	95,3 0	92,4 0	94,5 0	91,3 0	92,3 0	90,2 0	84,7 0	84,5 0	82,5 0	89,7 4	12,8 0	4,68	--	--
36	Pş-16:30	95,3 0	97,5 0	98,2 0	96,7 0	96,4 0	98,4 0	96,4 0	98,4 0	92,7 0	96,6 7	5,70	1,83	Kontrol dışı	--
37	Cu-08:30	95,4 0	92,4 0	98,3 0	92,4 0	92,4 0	95,7 0	95,4 0	92,4 0	95,3 0	94,4 1	5,90	2,11	Kontrol dışı	--
38	Cu-11:30	95,4 0	92,4 0	98,4 0	98,3 0	95,2 0	97,6 0	98,3 0	95,6 0	97,6 0	96,5 3	6,00	2,03	Kontrol dışı	--
39	Cu-13:30	84,1 0	85,3 0	87,1 0	86,4 0	87,5 0	87,5 0	87,6 0	87,3 0	87,5 0	86,7 0	3,50	1,23	--	--
40	Cu-16:30	85,3 0	82,5 0	84,6 0	85,2 0	84,6 0	82,3 0	83,4 0	84,6 0	82,4 0	83,8 8	3,00	1,23	--	--
41	Pt-08:30	82,4 0	87,3 0	84,5 0	85,3 0	87,6 0	84,6 0	87,6 0	84,5 0	87,6 0	85,7 1	5,20	1,89	--	--
42	Pt-11:30	84,6 0	87,6 0	92,3 0	95,4 0	98,4 0	92,1 0	97,6 0	92,3 0	95,4 0	92,8 6	13,8 0	4,52	Kontrol dışı	--
43	Pt-13:30	87,6 0	87,6 0	82,4 0	87,6 0	86,4 0	85,7 0	87,6 0	82,4 0	87,6 0	86,1 0	5,20	2,20	--	--
44	Pt-16:30	87,6 0	82,5 0	84,6 0	84,5 0	87,6 0	88,6 0	85,6 0	87,6 0	82,3 0	85,6 6	6,30	2,34	--	--
45	SI-08:30	88,7 0	82,5 0	87,6 0	88,7 0	85,4 0	87,6 0	87,6 0	88,6 0	88,3 0	87,2 2	6,20	2,05	--	--
46	SI-11:30	85,3 0	87,6 0	84,7 0	87,6 0	84,7 0	86,3 0	88,4 0	89,6 0	92,7 0	87,4 3	8,00	2,60	--	--
47	SI-13:30	95,3 0	96,7 0	98,2 0	98,6 0	97,4 0	98,4 0	97,6 0	98,6 0	92,3 0	97,0 1	6,30	2,06	Kontrol dışı	--
48	SI-16:30	95,6 0	97,8 0	92,3 0	90,6 0	92,2 0	95,4 0	94,6 0	92,6 0	91,3 0	93,6 0	7,20	2,37	Kontrol dışı	--
49	Çş-08:30	92,4 0	92,7 0	95,7 0	94,7 0	92,4 0	98,4 0	96,4 0	95,4 0	95,1 0	94,8 0	6,00	2,02	Kontrol dışı	--
50	Çş-11:30	91,6 0	90,3 0	90,5 0	86,3 0	81,2 0	94,0 0	93,6 0	90,1 0	92,8 0	90,0 4	12,8 0	4,04	--	--

$\bar{x}$ grafiğinin orta çizgi değeri toplam ortalama parlaklık değerlerinin numune sayısına böldüğümüzde ($\bar{x}$) 87,15 sonucu elde edilir. Örnek hacmi 9 olduğu için $A_3= 1,03$ (Tablo Ek-1) alınır.

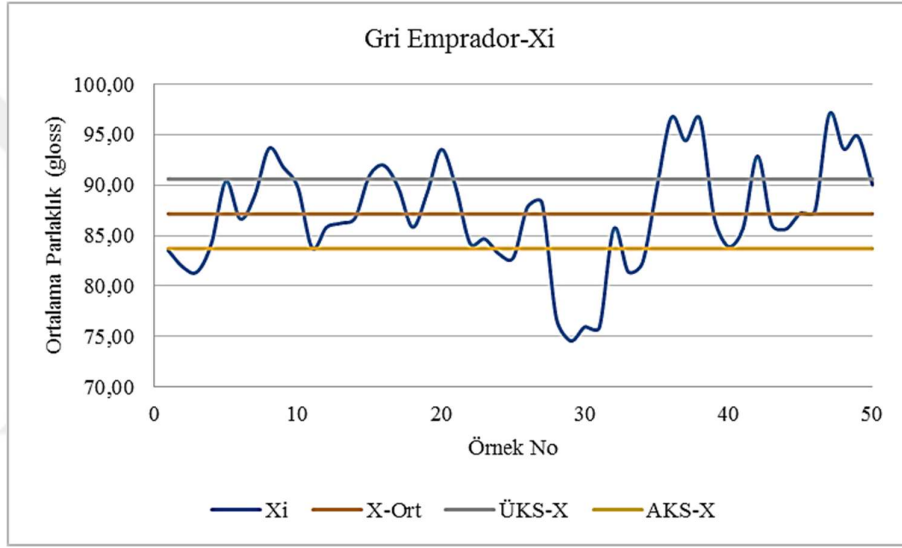
$\bar{x}$ grafiğinin kontrol sınırları,

$$\bar{ÜKS} = \bar{x} + A_3\bar{S} = 90,44 \text{ (Eşitlik 18)}$$

$$OÇ = \bar{x} = 87,15 \text{ (Eşitlik 19)}$$

$$AKS = \bar{x} - A_3\bar{S} = 83,856 \text{ (Eşitlik 20) değerleri elde edilir.}$$

Şekil 4.17’de $\bar{X}$ ortalama grafiği verileri gösterilmiştir.



Şekil 4.17 Gri emperador parlaklık değerleri için ortalama grafiği.

Sigma 3 limiti esas alınarak hesaplanan $\bar{X}$ ortalama kontrol sınır değerleri süreç için uygun değildir. Örneklerden 23 tanesi alt sınır ve üst sınır değerlerini aşmıştır.

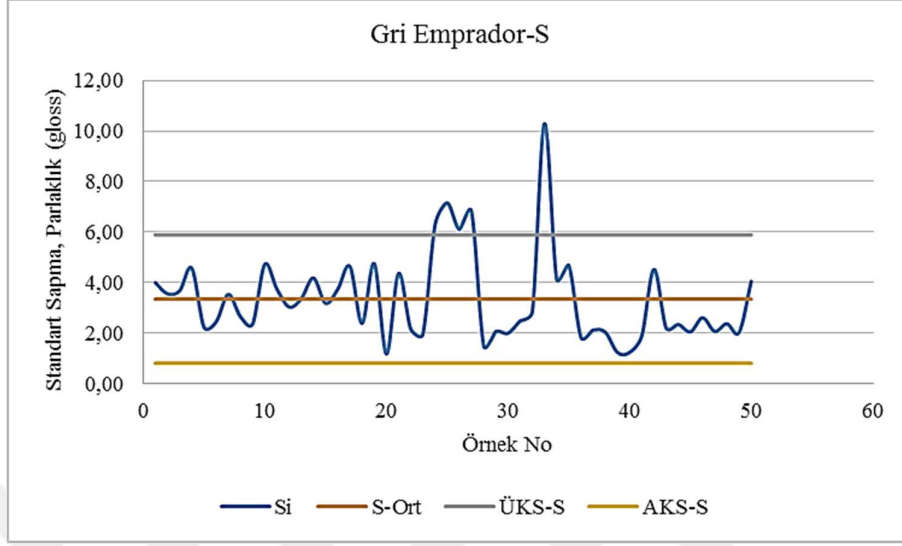
Gri emperador yüzey parlaklığı standart sapma değerlerinin örnek sayısına bölünmesi ile S grafiğinin orta çizgisi $\bar{S} = 3,192$ değeri bulunur. Örnek hacmi 9 olduğunda $B_3 = 0,24$ ve $B_4 = 1,76$ Ek-3’den alınır.

S grafiğinin kontrol sınırları da;

$$\bar{ÜKS} = B_4\bar{S} = 5,621 \text{ (Eşitlik 3.14)}$$

$$OÇ = \bar{S} = 3,192 \text{ (Eşitlik 3.15)}$$

$AKS = B_3\bar{S} = 0,762$ (Eşitlik 3.16) değerleri hesaplanmış olur. Hesaplanan değerler yorumlanmak için S grafiğinde gösterilir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Gri emperador parlaklık değerleri için S standart sapma grafiği.

Şekil 4.18’de standart sapma ölçüm değerleri grafik üzerinde işaretlenmiş ve bu değerlere göre sürecin kontrol altında olmadığı görülmüştür. Grafik üzerinde 5 adet nokta dışındaki tüm noktalar kontrol sınırları arasında bulunmaktadır. Üst kontrol sınırını aşan 24, 25, 26, 27, 33. noktalar ise sürecin kontrolden çıkmasına neden olmaktadır. $\bar{X}$ ortalama grafiğinde 23 adet kontrol dışı olan örnekler S grafiğinde 5’ e düşmüştür. Sonuç olarak standart sapmaya uygun olan örnekler sınır içine alınır. Standart sapma grafikleri bize istenilen ortalama parlaklık değerinden ne kadar sapma olduğunu gösterir. Kabul edilir ortalama değerleri standart sapma sınırları içinde ise ürün sınıflandırması bölümünde sınır değerler içindeki ürünler alınır. $\bar{X}$ ortalama grafiğinde hata oranı yüksek olabilir. Bu hatalar standart sapma değeri için uygun ise ortalama grafiğinde kontrol dışı olan ürünlerin hataları kabul edilir.

4.2.2.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması

CUSUM kontrol grafiği çizimi için parlaklık ölçüm değerleri ortalamalarından genel ortalaması 87,15 olan $\bar{X}$ değerinin çıkarılmasıyla, ortalamaların genel ortalamadan ne kadar sapma yaptıkları hesaplanmıştır. CUSUM değerleri ise bu sapmaların birikimli toplamaları ile elde edilmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 Gri emperador parlaklık değerleri için CUSUM kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	$X_i - 87,15$	S_i	S_i kontrol dışı
1	83,51	-3,64	-3,64	--
2	81,89	-5,27	-8,91	--
3	81,41	-5,74	-14,65	--
4	84,24	-2,91	-17,56	--
5	90,36	3,20	-14,36	--
6	86,67	-0,49	-14,85	--
7	88,92	1,77	-13,08	--
8	93,61	6,46	-6,62	--
9	91,77	4,61	-2,01	--
10	89,81	2,66	0,64	--
11	83,81	-3,34	-2,70	--
12	85,80	-1,35	-4,05	--
13	86,22	-0,93	-4,99	--
14	86,77	-0,39	-5,37	--
15	90,96	3,80	-1,57	--
16	91,94	4,79	3,22	--
17	89,76	2,60	5,82	--
18	85,84	-1,31	4,51	--
19	89,17	2,01	6,52	--
20	93,51	6,36	12,88	--
21	89,80	2,65	15,52	--
22	84,22	-2,93	12,59	--
23	84,67	-2,49	10,10	--
24	83,20	-3,95	6,15	--
25	82,80	-4,35	1,79	--
26	87,83	0,68	2,47	--
27	88,23	1,08	3,55	--
28	76,80	-10,35	-6,80	--
29	74,57	-12,59	-19,39	Kontrol dışı
30	75,96	-11,20	-30,59	Kontrol dışı
31	75,90	-11,25	-41,84	Kontrol dışı
32	85,66	-1,50	-43,34	Kontrol dışı
33	81,42	-5,73	-49,07	Kontrol dışı
34	82,33	-4,82	-53,90	Kontrol dışı
35	89,74	2,59	-51,31	Kontrol dışı
36	96,67	9,51	-41,79	Kontrol dışı
37	94,41	7,26	-34,54	Kontrol dışı
38	96,53	9,38	-25,16	Kontrol dışı
39	86,70	-0,45	-25,61	Kontrol dışı
40	83,88	-3,28	-28,89	Kontrol dışı
41	85,71	-1,44	-30,33	Kontrol dışı
42	92,86	5,70	-24,63	Kontrol dışı
43	86,10	-1,05	-25,69	Kontrol dışı
44	85,66	-1,50	-27,18	Kontrol dışı
45	87,22	0,07	-27,12	Kontrol dışı
46	87,43	0,28	-26,84	Kontrol dışı
47	97,01	9,86	-16,98	Kontrol dışı
48	93,60	6,45	-10,54	Kontrol dışı
49	94,80	7,65	-2,89	--
50	90,04	2,89	0,00	--

Hesaplan CUSUM değeri ile birlikte V maskesi değerleri için gerekli olan $\alpha = 0,01$ $\beta = 0$ kabul edilir.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 8,406 \text{ (Eşitlik 3.5)}$$

$$\Delta = k\sigma = \sigma = 2,83 \text{ (Eşitlik 3.28)}$$

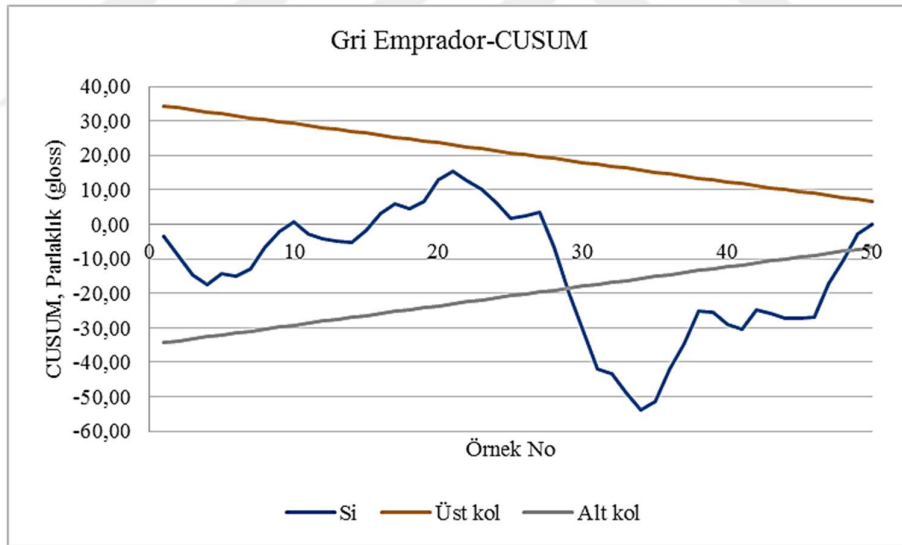
$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = 0,404$$

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}}\right)^2 = 49,06$$

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln .01}{49,06} = 0,1877 \text{ birim (Eşitlik 3.26)}$$

$$A = 2\sigma_{\bar{x}} = 0.808$$

$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{2,83}{2*0,808} \right) = 60.26^\circ$ olarak hesaplanır. Bu hesaplamalara göre σ 'lık ayrılışların tespiti için standart V maskeli CUSUM grafiği Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4.19 Gri emperador parlaklık değerleri için CUSUM grafiği.

Şekil 5'deki CUSUM grafiğinde 50. örnek üzerine standart V maskesi uygulanmış ve 27 ve 48. örnekler arasındaki toplam 20 adet tüm ölçüm değerleri V maskesinin alt kol değeri dışındadır. Gri emperador parlaklık ölçümlerine ait CUSUM grafiğinde σ 'lık ayrılışların kontrol dışı olma sinyali verdiği görülmektedir.

4.2.2.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması

Çizelge 4.16’da EWMA kontrol grafiği çiziminde kullanılacak parlaklık ölçümlerine ait veriler, EWMA değerleri ve kontrol sınırları verilmiştir.

İlk örnek ortalaması 83,51 için EWMA değeri,

$$z_1 = \lambda \bar{x}_1 + (1 - \lambda)z_0 = 86,4227$$

olarak ve ikinci örnek ortalaması 83,06 için EWMA değeri ise,

$$z_2 = \lambda \bar{x}_2 + (1 - \lambda)z_1 = 85,75$$

olarak bulunur. Tüm EWMA değerleri benzer şekilde hesaplanmıştır (Çizelge 4.16).

$\hat{\sigma} = 2,83$ ise birinci örneğe ait kontrol sınırı,

$$AKS = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{z_t} = 86,4871$$

$$\bar{ÜKS} = \bar{\bar{x}} + 3\sigma_{z_t} = 87,814$$

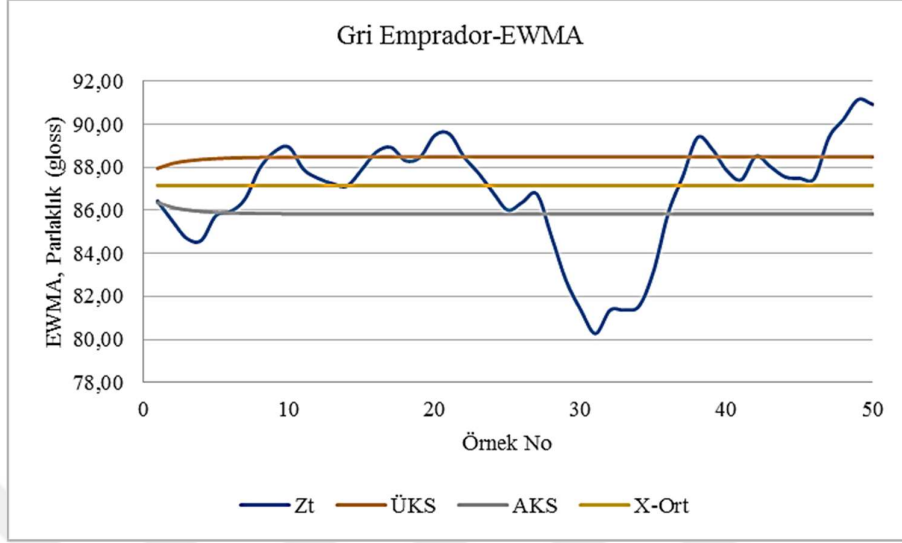
olarak hesaplanır ve benzer şekilde tüm EWMA değerlerine ait kontrol sınırları hesaplanır. En küçük hata kareler toplamı için $\lambda = 0.2$ alınmıştır. Üst ve alt kontrol sınır değerleri 10. örneğe kadar artmıştır. Sınır değerler 11. Örnekten sonra σ_{z_t} hesaplanması Eşitlik 3.38 ile hesaplanmıştır ve sabit değerler almıştır.

Çizelge 4.16 Gri emperador parlaklık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	Z_t	$\bar{ÜKS}$	AKS	EWMA kontrol dışı
1	83,51	86,43	87,95	86,36	--
2	81,89	85,52	88,17	86,14	Kontrol dışı
3	81,41	84,70	88,29	86,02	Kontrol dışı
4	84,24	84,61	88,36	85,95	Kontrol dışı
5	90,36	85,76	88,40	85,90	Kontrol dışı
6	86,67	85,94	88,43	85,88	--
7	88,92	86,54	88,45	85,86	--
8	93,61	87,95	88,46	85,85	--
9	91,77	88,71	88,47	85,84	Kontrol dışı
10	89,81	88,93	88,47	85,84	Kontrol dışı
11	83,81	87,91	88,48	85,83	--
12	85,80	87,49	88,48	85,83	--
13	86,22	87,23	88,48	85,83	--
14	86,77	87,14	88,48	85,83	--
15	90,96	87,90	88,48	85,83	--
16	91,94	88,71	88,48	85,83	Kontrol dışı
17	89,76	88,92	88,48	85,83	Kontrol dışı

Çizelge 4.16 (Devam) Gri emperador parlaklık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri

Örnek no	X_i	Z_t	ÜKS	AKS	EWMA kontrol dışı
18	85,84	88,31	88,48	85,83	--
19	89,17	88,48	88,48	85,83	Kontrol dışı
20	93,51	89,48	88,48	85,83	Kontrol dışı
21	89,80	89,55	88,48	85,83	Kontrol dışı
22	84,22	88,48	88,48	85,83	Kontrol dışı
23	84,67	87,72	88,48	85,83	--
24	83,20	86,82	88,48	85,83	--
25	82,80	86,01	88,48	85,83	--
26	87,83	86,38	88,48	85,83	--
27	88,23	86,75	88,48	85,83	--
28	76,80	84,76	88,48	85,83	Kontrol dışı
29	74,57	82,72	88,48	85,83	Kontrol dışı
30	75,96	81,37	88,48	85,83	Kontrol dışı
31	75,90	80,27	88,48	85,83	Kontrol dışı
32	85,66	81,35	88,48	85,83	Kontrol dışı
33	81,42	81,36	88,48	85,83	Kontrol dışı
34	82,33	81,56	88,48	85,83	Kontrol dışı
35	89,74	83,20	88,48	85,83	Kontrol dışı
36	96,67	85,89	88,48	85,83	--
37	94,41	87,59	88,48	85,83	--
38	96,53	89,38	88,48	85,83	Kontrol dışı
39	86,70	88,85	88,48	85,83	Kontrol dışı
40	83,88	87,85	88,48	85,83	--
41	85,71	87,42	88,48	85,83	--
42	92,86	88,51	88,48	85,83	Kontrol dışı
43	86,10	88,03	88,48	85,83	--
44	85,66	87,55	88,48	85,83	--
45	87,22	87,49	88,48	85,83	--
46	87,43	87,48	88,48	85,83	--
47	97,01	89,38	88,48	85,83	Kontrol dışı
48	93,60	90,23	88,48	85,83	Kontrol dışı
49	94,80	91,14	88,48	85,83	Kontrol dışı
50	90,04	90,92	88,48	85,83	Kontrol dışı



Şekil 4.20 Gri emperador parlaklık değerleri için EWMA grafiği.

EWMA kontrol grafiği en küçük hata payı olarak alınan $\lambda=0,2$ değeri ile oluşturulmuştur (Şekil 4.20). Burada 27 adet örnek çizelge 4.16 'da belirtildiği gibi kontrol dışıdır. Hata oranı artırılırsa örnekleri kontrol altında tutabiliriz.

4.2.3 İtaly Grey Yüzey Parlaklık Ölçüm Değerleri Kontrol Grafikleri Uygulaması

4.2.3.1 X-S Kontrol Grafiği Uygulaması

Ortalama $\bar{X}$ ve standart sapma S grafikleri için gerekli veriler aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.17)

Çizelge 4.17 İtaly grey parlaklık, $\bar{X}$ ortalama, S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.

Örnek no	Ölçüm zamanı	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_i	R_i	S_i	X_i kontrol dışı	S_i kontrol dışı
1	Pt-08:30	100,50	95,60	97,50	98,70	100,40	100,20	95,60	98,70	98,60	98,42	4,90	1,88	Kontrol dışı	--
2	Pt-11:30	97,60	95,70	92,70	98,40	98,40	92,60	95,60	102,30	100,50	97,09	9,70	3,28	Kontrol dışı	--
3	Pt-13:30	97,80	92,40	96,70	97,10	98,60	90,70	91,00	93,70	92,70	94,60	7,90	2,95	--	--
4	Pt-16:30	98,60	97,70	98,70	97,60	92,50	92,60	98,60	91,00	90,70	95,33	8,00	3,52	Kontrol dışı	--
5	Sl-08:30	92,40	92,30	90,20	82,50	84,30	80,20	81,30	85,60	80,20	85,44	12,20	5,00	Kontrol dışı	Kontrol dışı
6	Sl-11:30	82,50	85,60	85,70	84,30	81,30	80,20	85,10	82,60	84,30	83,51	5,50	1,96	Kontrol dışı	--

Çizelge 4.17 (Devam) İtaly grey parlaklık, X ortalama, S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.

Örnek no	Ölçüm zamanı	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Xi	Ri	Si	Xi kontrol dışı	Si kontrol dışı
7	Sl-13:30	84, 30	82, 60	84, 10	84, 30	85, 40	82, 30	87, 60	89, 60	82, 40	84, 73	7,3	2,4	Kontrol dışı	--
8	Sl-16:30	87, 30	87, 50	84, 50	84, 50	81, 20	84, 30	84, 20	85, 30	84, 30	84, 79	6,3	1,8	Kontrol dışı	--
9	Çş-08:30	82, 30	87, 60	85, 40	82, 30	87, 90	82, 60	87, 20	90, 60	97, 70	87, 40	15, 0	4,9	Kontrol dışı	Kontrol dışı
10	Çş-11:30	92, 70	97, 80	97, 60	95, 30	95, 70	96, 70	95, 70	95, 60	95, 30	95, 82	5,1	1,5	Kontrol dışı	--
11	Çş-13:30	94, 60	97, 60	92, 40	90, 60	92, 40	94, 30	92, 70	98, 40	92, 70	93, 97	7,8	2,5	--	--
12	Çş-16:30	95, 70	94, 70	98, 70	96, 70	93, 70	95, 40	93, 80	94, 30	92, 60	97, 51	6,4	1,9	Kontrol dışı	--
13	Pş-08:30	94, 40	94, 60	94, 50	92, 30	92, 30	92, 30	92, 30	92, 30	92, 40	93, 04	2,3	1,0	--	--
14	Pş-11:30	98, 70	92, 70	91, 40	92, 40	96, 50	97, 70	95, 70	98, 70	95, 60	95, 46	7,3	2,7	Kontrol dışı	--
15	Pş-13:30	95, 70	92, 60	98, 70	96, 40	92, 40	92, 10	93, 40	94, 60	92, 40	94, 26	6,6	2,2	--	--
16	Pş-16:30	95, 70	95, 70	92, 10	92, 70	95, 40	97, 60	92, 70	98, 70	92, 70	94, 81	6,6	2,3	--	--
17	Cu-08:30	92, 70	92, 70	95, 70	92, 70	92, 10	93, 10	90, 70	89, 70	90, 40	92, 20	6,0	1,7	--	--
18	Cu-11:30	92, 70	92, 70	92, 70	95, 70	95, 70	98, 70	89, 70	88, 40	87, 40	92, 63	11, 30	3,7	--	--
19	Cu-13:30	92, 70	92, 70	92, 30	86, 70	88, 70	86, 70	92, 70	96, 70	92, 40	91, 29	10, 00	3,2	--	--
20	Cu-16:30	92, 70	92, 40	90, 50	90, 30	90, 40	92, 10	96, 40	92, 70	94, 70	92, 47	6,1	2,0	--	--
21	Pt-08:30	95, 70	95, 70	92, 40	98, 70	92, 40	97, 60	98, 40	92, 70	92, 70	95, 14	6,3	2,6	--	--
22	Pt-11:30	85, 40	88, 20	88, 70	85, 70	87, 40	88, 70	89, 40	95, 70	90, 10	88, 81	10, 00	2,9	Kontrol dışı	--
23	Pt-13:30	82, 40	92, 40	90, 20	92, 30	91, 30	90, 20	90, 10	93, 40	92, 30	90, 51	11, 00	3,2	--	--
24	Pt-16:30	90, 00	89, 00	92, 00	90, 00	91, 00	91, 00	90, 30	92, 30	90, 20	90, 64	3,3	1,0	--	--
25	Sl-08:30	88, 00	88, 10	88, 30	88, 40	88, 30	88, 60	88, 30	90, 10	90, 30	88, 71	2,3	0,8	Kontrol dışı	--
26	Sl-11:30	88, 20	84, 20	84, 20	88, 30	85, 10	87, 50	86, 30	88, 10	87, 30	86, 58	4,1	1,6	Kontrol dışı	--
27	Sl-13:30	84, 30	84, 30	82, 40	85, 30	86, 40	87, 60	82, 40	85, 40	87, 30	85, 04	5,2	1,9	Kontrol dışı	--
28	Sl-16:30	85, 30	84, 10	86, 40	90, 10	96, 10	98, 70	96, 40	95, 40	92, 40	91, 66	14, 60	5,4	--	Kontrol dışı
29	Çş-08:30	80, 50	82, 50	83, 50	84, 50	80, 40	80, 50	80, 40	82, 40	80, 40	81, 68	4,1	1,5	Kontrol dışı	--
30	Çş-11:30	92, 10	92, 40	95, 40	93, 40	92, 10	90, 20	90, 20	90, 20	90, 10	91, 79	5,3	1,8	--	--
31	Çş-13:30	90, 20	90, 10	89, 40	87, 30	88, 30	89, 40	90, 10	92, 40	91, 30	89, 83	5,1	1,5	Kontrol dışı	--
32	Çş-16:30	99, 60	98, 40	87, 60	86, 40	90, 40	93, 20	92, 40	90, 30	92, 30	92, 20	13, 20	4,4	--	Kontrol dışı
33	Pş-08:30	96, 50	98, 30	99, 70	99, 70	99, 40	99, 60	95, 40	99, 30	97, 60	98, 50	4,3	1,6	Kontrol dışı	--
34	Pş-11:30	99, 30	98, 70	96, 40	98, 70	99, 70	98, 60	96, 70	98, 60	98, 70	98, 38	3,3	1,1	Kontrol dışı	--
35	Pş-13:30	92, 40	98, 40	99, 70	96, 40	95, 70	98, 60	98, 70	93, 70	95, 70	96, 59	7,3	2,4	Kontrol dışı	--
36	Pş-16:30	92, 40	96, 70	95, 40	99, 80	99, 40	99, 70	99, 70	95, 70	95, 70	97, 17	7,4	2,6	Kontrol dışı	--

Çizelge 4.17 (Devam) İtaly grey parlaklık, X ortalama, S standart sapma ve R değişim aralığı değerleri.

Örnek no	Ölçüm zamanı	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Xi	Ri	Si	Xi kontrol dışı	Si kontrol dışı
37	Cu-08:30	92,40	95,40	93,40	93,40	95,70	99,40	98,70	96,50	98,70	95,96	7,0	2,5	Kontrol dışı	--
38	Cu-11:30	97,80	98,70	98,70	99,40	95,70	99,70	98,70	92,40	99,60	97,86	7,3	2,3	Kontrol dışı	--
39	Cu-13:30	90,10	92,30	90,10	92,30	95,40	95,40	92,70	95,70	98,60	93,60	8,6	2,8	--	--
40	Cu-16:30	99,70	98,70	95,40	98,70	99,70	95,80	96,80	95,70	92,70	97,02	7,0	2,3	Kontrol dışı	--
41	Pt-08:30	95,70	95,70	98,70	99,70	92,70	98,60	95,70	92,40	95,40	96,07	7,3	2,5	Kontrol dışı	--
42	Pt-11:30	96,10	96,20	96,40	96,10	99,40	99,10	92,40	92,40	92,40	94,61	9,3	2,9	--	--
43	Pt-13:30	90,30	95,40	96,40	92,40	95,40	95,40	96,50	92,30	96,30	94,49	6,2	2,2	--	--
44	Pt-16:30	96,30	96,30	92,30	96,50	94,30	96,30	95,30	95,30	96,30	95,43	4,2	1,3	Kontrol dışı	--
45	SI-08:30	92,30	95,40	92,30	92,30	95,40	96,40	98,30	98,40	95,40	95,47	6,1	2,6	Kontrol dışı	--
46	SI-11:30	92,40	95,40	92,40	92,40	95,60	95,60	92,40	98,40	95,40	94,44	6,0	2,1	--	--
47	SI-13:30	95,30	92,30	92,30	95,60	94,60	94,60	95,40	95,40	92,40	94,21	3,3	1,4	--	--
48	SI-16:30	92,70	94,60	98,70	96,70	98,60	92,70	95,70	94,60	95,40	95,52	6,0	2,2	Kontrol dışı	--
49	Çş-08:30	95,60	92,30	95,40	92,70	92,70	95,30	92,40	95,40	92,40	93,80	3,3	1,5	--	--
50	Çş-11:30	98,60	98,60	95,60	95,60	92,40	95,60	95,30	92,40	92,20	94,92	8,4	2,8	--	--

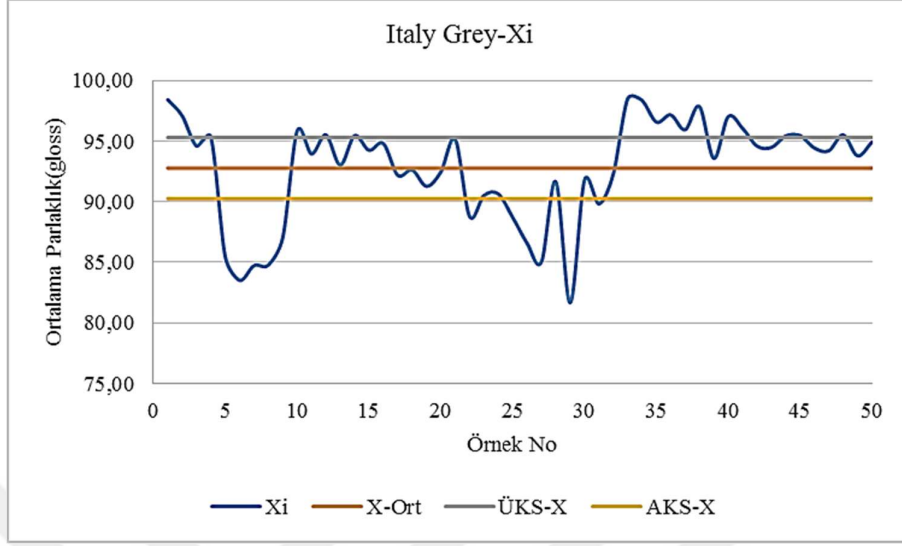
Çizelge 4.17 'de verilen İtaly grey yüzey parlaklıklarının genel ortalaması 92,74 glossdur (Eşitlik 3.20).

X için kontrol sınır değerleri hesaplanmasında sigma 3 limiti için $A_3=1,03$ (Ek-1)

$$\bar{UKS} = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s} = 95,09 \text{ (Eşitlik 3.19)}$$

$$OC = \bar{\bar{x}} = 92,74 \text{ (Eşitlik 3.20)}$$

$$AKS = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s} = 90,38 \text{ dir (Eşitlik 3.21).}$$



Şekil 4.21 İtaly grey parlaklık değerleri için Ortalama grafiği.

X ortalama grafiğinde 3 sigma limiti esas alınarak hesaplanan sınır değerler alanın dışında kalan örnek sayısı 32 adettir.

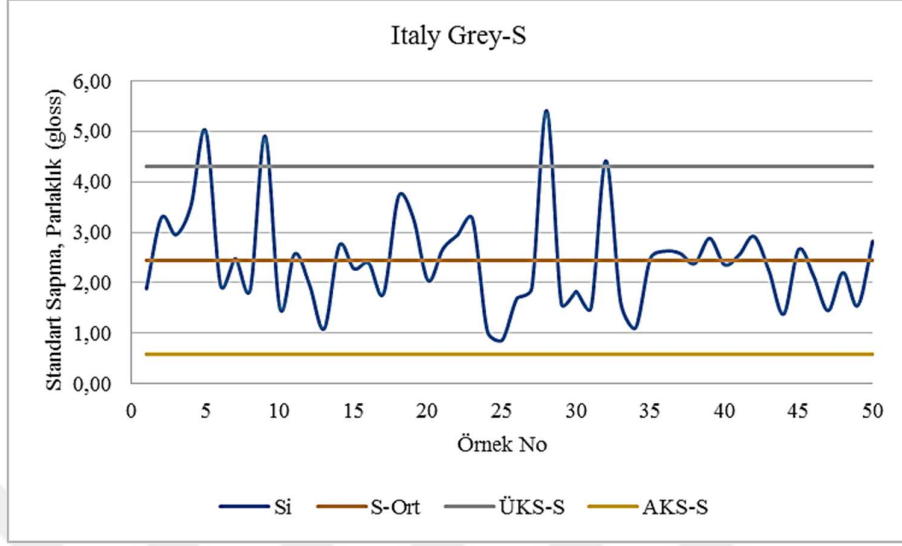
İtaly grey parlaklık değerlerinin standart sapma genel ortalaması $\bar{S} = 3,19$ olarak bulunur (Eşitlik 3.15). Standart sapma sınır değerleri için örnek hacmi 9 dur. Sınır değerler hesaplamasında kullanılan $B_3 = 0,24$ ve $B_4 = 1,176$ kabul edilir (Ek-3).

S grafiği sınır değerleri

$$\bar{ÜKS} = B_4 \bar{S} = 4,018 \text{ (Eşitlik 3.14)}$$

$$OÇ = \bar{S} = 2,28 \text{ (Eşitlik 3.15)}$$

$$AKS = B_3 \bar{S} = 0,545 \text{ (Eşitlik 3.16) değerleri bulunur.}$$



Şekil 4.22 İtaly grey parlaklık değerleri için S standart sapma grafiği.

İtaly grey standart sapma grafiğinde 5, 28, 32. örnekler üst kontrol sınır değeri 4,01'i geçmiştir. Örneklerin sınır değerleri dışında bulunması sürecin kontrol altında olmadığını göstermektedir.

4.2.3.2 CUSUM Kontrol Grafiği Uygulaması

CUSUM kontrol grafiği için gerekli olan her bir parlaklık değerinin ortalamasından genel ortalama farkı bulunur. Bulunan ortalamalar arası kaymaların birikimli toplanması ile S_i değerleri elde edilir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18 İtaly grey parlaklık, $\bar{X}$ ortalama ve Standart sapma değerleri.

Örnek no	$\bar{X}_i$	$\bar{X}_i - 92,74$	S_i	S_i kontrol dışı
1	98,42	5,64	5,64	--
2	97,09	4,31	9,94	--
3	94,60	1,82	11,76	--
4	95,33	2,55	14,31	--
5	85,44	-7,34	6,97	--
6	83,51	-9,27	-2,30	--
7	84,73	-8,05	-10,35	--
8	84,79	-7,99	-18,35	--
9	87,07	-5,72	-24,06	Kontrol dışı
10	95,82	3,04	-21,02	Kontrol dışı
11	93,97	1,18	-19,84	--
12	95,51	2,73	-17,11	--

Çizelge 4.18 (Devam) İtaly grey parlaklık, X ortalama ve Standart sapma değerleri.

Örnek no	$\bar{X}_i$	$\bar{X}_i - 92,74$	S_i	S_i kontrol dışı
13	93,04	0,26	-16,85	--
14	95,46	2,67	-14,18	--
15	94,26	1,47	-12,71	--
16	94,81	2,03	-10,68	--
17	92,20	-0,58	-11,26	--
18	92,63	-0,15	-11,42	--
19	91,29	-1,49	-12,91	--
20	92,47	-0,32	-13,23	--
21	95,14	2,36	-10,87	--
22	88,81	-3,97	-14,84	--
23	90,51	-2,27	-17,11	Kontrol dışı
24	90,64	-2,14	-19,25	Kontrol dışı
25	88,71	-4,07	-23,32	Kontrol dışı
26	86,58	-6,21	-29,53	Kontrol dışı
27	85,04	-7,74	-37,27	Kontrol dışı
28	91,66	-1,13	-38,40	Kontrol dışı
29	81,68	-11,11	-49,50	Kontrol dışı
30	91,79	-0,99	-50,50	Kontrol dışı
31	89,83	-2,95	-53,45	Kontrol dışı
32	92,30	-0,48	-53,93	Kontrol dışı
33	98,50	5,72	-48,21	Kontrol dışı
34	98,38	5,59	-42,62	Kontrol dışı
35	96,59	3,81	-38,81	Kontrol dışı
36	97,17	4,38	-34,43	Kontrol dışı
37	95,96	3,17	-31,26	Kontrol dışı
38	97,86	5,07	-26,19	Kontrol dışı
39	93,60	0,82	-25,37	Kontrol dışı
40	97,02	4,24	-21,13	Kontrol dışı
41	96,07	3,28	-17,85	Kontrol dışı
42	94,61	1,83	-16,02	Kontrol dışı
43	94,49	1,71	-14,32	Kontrol dışı
44	95,43	2,65	-11,67	Kontrol dışı
45	95,47	2,68	-8,98	Kontrol dışı
46	94,44	1,66	-7,32	Kontrol dışı
47	94,21	1,43	-5,89	Kontrol dışı
48	95,52	2,74	-3,16	--
49	93,80	1,02	-2,14	--
50	94,92	2,14	0,00	--

CUSUM grafiğinin V maskesi hesaplamalarında kullanılan $\alpha=0.01$, $\beta=0$ kabul edilir.

Parlaklık ölçümlerindeki σ' lık ayrılışlar için CUSUM grafiği parametreleri,

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 1,89 \text{ (Eşitlik 3.5)}$$

$$\Delta = k\sigma = \sigma = 1,89 \text{ (Eşitlik 3.28)}$$

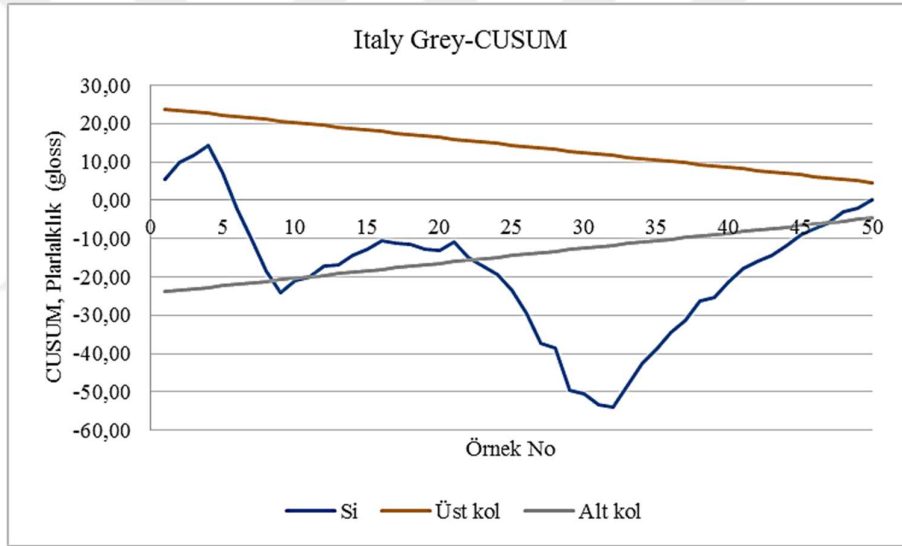
$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = 0,270$$

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}}\right)^2 = 49$$

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln .01}{49} = 0,1879 \text{ birim (Eşitlik 3.27)}$$

$$A = 2\sigma_{\bar{x}} = 0.54$$

$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1,89}{2*0,54}\right) = 60.25^\circ$ olarak hesaplanır. Bu hesaplamalara göre σ 'lık ayrılışların tespiti için standart V maskeli CUSUM grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 İtaly grey parlaklık değerleri için CUSUM grafiği.

CUSUM grafiğinde 50. örnek üzerine standart V maskesi uygulanmıştır. V maskesinin alt kolunu 32 adet örnek aşması sürecin kontrol dışı olduğunu gösterir.

4.2.3.3 EWMA Kontrol Grafiği Uygulaması

EWMA kontrol grafiği için EWMA değerleri Eşitlik 3.33 ve 3.34 ile hesaplanır. En küçük hata payı oranı için $\lambda=0,2$ değeri alınmıştır.

İlk örnek ortalaması 98,42 için EWMA değeri,

$$z_1 = \lambda \bar{x}_1 + (1 - \lambda)z_0 = 93,87$$

olarak ve ikinci örnek ortalaması 95,90 için EWMA değeri ise,

$$z_2 = \lambda \bar{x}_2 + (1 - \lambda)z_1 = 94,279$$

olarak bulunur. Tüm EWMA değerleri benzer şekilde hesaplanmıştır (Çizelge 4.19).

$\hat{\sigma} = 1,89$ ise birinci örneğe ait kontrol sınırı,

$$AKS = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{z_t} = 92,29$$

$$\ddot{ÜKS} = \bar{\bar{x}} + 3\sigma_{z_t} = 93,18$$

olarak hesaplanır ve benzer şekilde tüm EWMA değerlerine ait kontrol sınırları hesaplanır. Kontrol sınır değerleri çalışmada kullanılan tüm EWMA grafiklerinde olduğu gibi İtaly grey grafiğinde de 10. örneğe kadar artmıştır. Zaman dilimi içerisinde alınan 11. örnekten sonra ise σ_{z_t} değeri Eşitlik 3.38 kullanılarak hesaplanır (Çizelge 4.19).

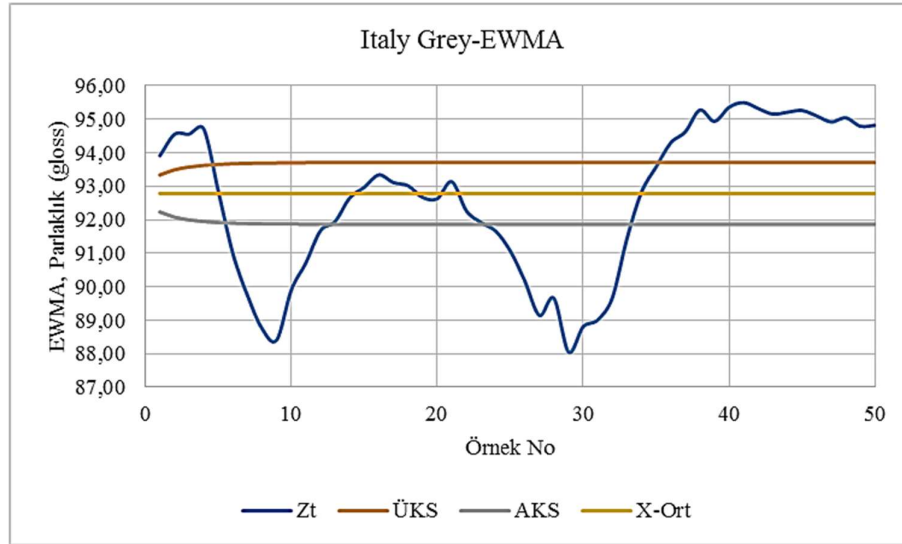
Çizelge 4.19 İtaly grey parlaklık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	Z_t	$\ddot{ÜKS}$	AKS	EWMA kontrol dışı
1	98,42	93,91	93,34	92,23	Kontrol dışı
2	97,09	94,55	93,49	92,08	Kontrol dışı
3	94,60	94,56	93,57	91,99	Kontrol dışı
4	95,33	94,71	93,62	91,94	Kontrol dışı
5	85,44	92,86	93,65	91,91	--
6	83,51	90,99	93,67	91,90	Kontrol dışı
7	84,73	89,74	93,68	91,88	Kontrol dışı
8	84,79	88,75	93,69	91,88	Kontrol dışı
9	87,07	88,41	93,69	91,87	Kontrol dışı
10	95,82	89,89	93,70	91,87	Kontrol dışı
11	93,97	90,71	93,70	91,86	Kontrol dışı
12	95,51	91,67	93,70	91,86	Kontrol dışı
13	93,04	91,94	93,70	91,86	--
14	95,46	92,65	93,70	91,86	--
15	94,26	92,97	93,70	91,86	--
16	94,81	93,34	93,70	91,86	--
17	92,20	93,11	93,70	91,86	--
18	92,63	93,01	93,70	91,86	--
19	91,29	92,67	93,70	91,86	--
20	92,47	92,63	93,70	91,86	--
21	95,14	93,13	93,70	91,86	--
22	88,81	92,27	93,70	91,86	--
23	90,51	91,92	93,70	91,86	--
24	90,64	91,66	93,70	91,86	Kontrol dışı
25	88,71	91,07	93,70	91,86	Kontrol dışı
26	86,58	90,17	93,70	91,86	Kontrol dışı
27	85,04	89,15	93,70	91,86	Kontrol dışı
28	91,66	89,65	93,70	91,86	Kontrol dışı
29	81,68	88,05	93,70	91,86	Kontrol dışı

Çizelge 4.19 (Devam) İtaly grey parlaklık değerleri için EWMA kontrol grafiği verileri.

Örnek no	X_i	Z_t	ÜKS	AKS	EWMA kontrol dışı
30	91,79	88,80	93,70	91,86	Kontrol dışı
31	89,83	89,01	93,70	91,86	Kontrol dışı
32	92,30	89,67	93,70	91,86	Kontrol dışı
33	98,50	91,43	93,70	91,86	Kontrol dışı
34	98,38	92,82	93,70	91,86	--
35	96,59	93,58	93,70	91,86	--
36	97,17	94,29	93,70	91,86	Kontrol dışı
37	95,96	94,63	93,70	91,86	Kontrol dışı
38	97,86	95,27	93,70	91,86	Kontrol dışı
39	93,60	94,94	93,70	91,86	Kontrol dışı
40	97,02	95,35	93,70	91,86	Kontrol dışı
41	96,07	95,50	93,70	91,86	Kontrol dışı
42	94,61	95,32	93,70	91,86	Kontrol dışı
43	94,49	95,15	93,70	91,86	Kontrol dışı
44	95,43	95,21	93,70	91,86	Kontrol dışı
45	95,47	95,26	93,70	91,86	Kontrol dışı
46	94,44	95,10	93,70	91,86	Kontrol dışı
47	94,21	94,92	93,70	91,86	Kontrol dışı
48	95,52	95,04	93,70	91,86	Kontrol dışı
49	93,80	94,79	93,70	91,86	Kontrol dışı
50	94,92	94,82	93,70	91,86	Kontrol dışı

Çizelge 4.19 verilen EWMA değerleri ,EWMA grafiği verilmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 İtaly grey parlaklık değerleri için EWMA grafiği.

Şekil 4.24 ‘de Italy grey parlaklık ölçümlerine ait EWMA değerleri ve kontrol sınırları gösterilmiştir. Örneklerden 49 tanesi sınır alanı dışında kaldığı için süreç kontrol dışıdır.

4.3 Verilerin TS EN Standartlarına Göre Değerlendirilmesi

Örneklere ait kontrol dışı üretimler, X, S, CUSUM ve EWMA yöntemlerine göre belirlendikten ve kontrol grafikleri çizildikten sonra veriler TS EN 1469 (2006), TS EN 1468 (2012), TS EN 12058 (2007), TS EN 12057 (2007) ve TS EN 1343 (2013) e göre değerlendirilmiştir.

TS EN 1469 (2006), kaplama olarak kullanılan plaka şeklindeki doğal taş mamullerinde aranan özelliklerle ilgilidir. Bu standarda göre kalınlığı 12-30 mm olan plakalarda kalınlık toleransı $\pm\%10$ ’dur. TS EN 12058 (2007) ise, döşeme ve merdiven kaplama plakaları ile ilgili olup kalınlık toleransı, 15-30 mm kalınlıklı mamuller için yine $\pm\%10$ ’dur. TS EN 1468 (2012) de de işlenmemiş plakalarla ilgili kalınlık toleransları belirtilmiş olup tolerans değerleri TS EN 12058 ile aynıdır. Bu üç standarda göre kalınlık ölçümlerinde Denizli traverten örneklerinden 15’inin, Gri emprador örneklerinden 2’sinin ve Italy grey örneklerinden 3’ünün standart dışında olduğu görülmektedir.

TS EN 12057 (2007) de, modüler karolar için biçim standartları verilmiştir. Bu standarda göre karolar ayarlı ve ayarsız olarak gruplandırılmakta, ayarlı karolarda $\pm 0,5$ mm lik hatalar kabul edilirken ayarsız karolardaki hatalar $\pm 1,5$ mm ye kadar kabul edilmektedir. Bu standarda göre ayarlı modüler karolar için, Denizli traverten örneklerinden 31’inin, Gri emprador örneklerinden 23’ünün ve Italy grey örneklerinden 14’ünün standart dışında olduğu görülmektedir. Ayarsız modüler karolar için ise, Denizli traverten örneklerinden 20’si, Gri emprador örneklerinden 7’si ve Italy grey örneklerinden 6’sı standart dışındadır.

TS EN 12058 (2007) de ayrıca, doğal şekilli oyuklara sahip taşlar dışında yüzeyin düzlükten sapmasının, plaka uzunluğunun $\%0,2$ ’sinden ve ± 3 mm’den fazla olmaması gerektiği belirtilmektedir. TS EN 1343 (2013) de, dış zeminlere döşenen doğal bordür taşlarında aranan özelliklerle ilgilidir. Standart, yüzey özellikleriyle ilgili tolerans

sınırlarını belirtmektedir. Bu standartta taşın üretim ve kullanım şekline göre yüzey toleransları 3-15 mm arasında değişmektedir. Doğal taşlarda parlaklık değeri 60 gloss üzerine çıktığında pürüzlülük değerleri de ancak mikron düzeyinde ölçülebilmektedir. Buna göre çalışmaya esas örneklerden hiçbirinin yüzey toleransları dışında kalmadığı, standarda uygun olduğu söylenebilir. Doğal taşlarda müşterinin çok farklı yüzey özelliklerinde ürün (honlu, eskitilmiş, çekiçlenmiş vb.) talep etmesinden dolayı parlaklık birimiyle ilgili standart bulunmamaktadır. Bu yüzden parlaklığa ait veriler değerlendirme dışı tutulmuştur.

Çizelge 4.20’de incelenen örneklerin kontrolden sapma oranlarına ait özet tablo verilmiştir.

Çizelge 4.20 Kontrol dışı örneklerin dağılımı.

	<i>Denizli Traverten</i>				<i>Gri Emprador</i>				<i>Italy Grey</i>			
	<i>Kalınlık</i>		<i>Parlaklık</i>		<i>Kalınlık</i>		<i>Parlaklık</i>		<i>Kalınlık</i>		<i>Parlaklık</i>	
	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
X	31	62%	24	48%	5	10%	23	46%	11	22%	28	56%
S	18	36%	4	8%	5	10%	5	10%	9	18%	4	8%
CUSUM	40	80%	34	68%	12	24%	20	40%	7	14%	27	54%
EWMA	33	66%	30	60%	19	38%	27	54%	17	34%	36	72%
TS EN 1468-1469-12058	15	30%	--	--	2	4%	--	--	3	6%	--	--
TS EN 12057-Ayarsız M.	20	40%	--	--	7	14%	--	--	6	12%	--	--
TS EN 12057-Ayarlı M.	31	62%	--	--	23	46%	--	--	14	28%	--	--

* n= Örnek sayısı, n_{max}=50

Çizelge 4.20 incelendiğinde TS EN 1468-1469-12058’e göre Denizli traverten örneklerinin %30’unun, Gri emprador örneklerinin %4’ünün ve İtaly grey örneklerin %6’sının standart dışında olduğu görülmektedir. Söz konu standartlar kaplama, döşeme ve merdiven kaplama plakalarını konu aldığı için tolerans sınırları geniştir. TS EN 1468 (2012) işlenmemiş plakalarla ilgili kalınlık standartlarını konu alsa da kabul edilen tolerans sınırları diğerleri ile aynıdır. TS EN 12057 (2007) de ise ayarlı ve ayarsız modüler karolar için daha dar aralıkta tolerans sınırları kabul edildiğinden standart dışı örnek yüzdeleri, Denizli traverten için %40-62, Gri emprador için %14-46 ve İtaly grey için %6-14 gibi yüksek değerler elde edilmiştir. Burada TS EN 12057 in daha fazla özen gösterilen faaliyetler için uygulanabilir olduğu söylenebilir.

5. SONUÇLAR

Çalışmada elde edilen veriler;

- i. Kalınlık ölçülerindeki sapmaların değerlendirilmesi,
 - ii. Parlaklık ölçülerindeki sapmaların değerlendirilmesi,
 - iii. X, S, CUSUM, EWMA yöntemleri ve TS EN standartlarının değerlendirilmesi ve
 - iv. Kalınlık ve parlaklık sapmaları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi
- olmak üzere dört ana başlık altında ele alınmıştır.

i. Kalınlık ölçülerindeki sapmaların değerlendirilmesi

Mermer üretiminde kalınlıktaki sapmalar, kesilen malzemenin özelliklerinin yanı sıra kullanılan makinaların teknolojisine ve çalışanların işine gösterdikleri özene göre değişir. Kesilen ürünün çatlaklı veya boşluklu bir yapıya sahip olması, gevrek (kırılgan) olması, sertliğinin yüksek dolayısıyla kesiminin zor olması, bileşiminde silis gibi çok sert ya da talk gibi yağlı veya jips gibi suyla tepkimeye girebilecek mineraller bulunması kalınlığın istenen düzeyde korunamamasının nedenleridir. Bu gibi durumlarda gerek kesme ebatlama aşamasında gerekse silme parlatma aşamasında kesici soket ve silim taşlarının seçimine özen gösterilmesi gerekir.

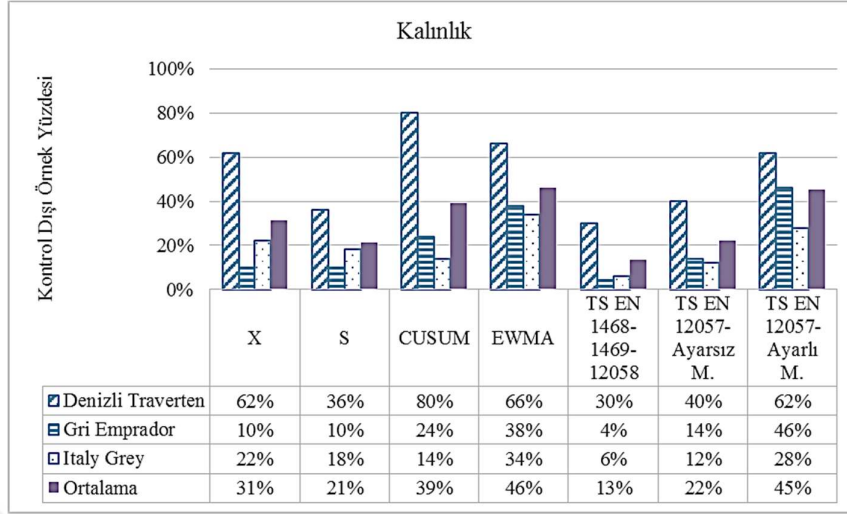
Kalınlık değişimi, bloğun blok kesicide ilk kesiminden de kaynaklanabilir. Blok kesicide ilk blok kesiminden itibaren son kesime kadar ya da birkaç bloğun kesiminden sonra, kesici soketlerde aşınma meydana gelir, dolayısıyla plakalar arasındaki kesme yarığının genişliği azalır. Bu hata kendini, plaka kalınlıklarının artması şeklinde gösterir. Aynı probleme, plaka yarma makinalarının kullanıldığı üretim hatlarında, yarma makinası kesici soketlerinde de karşılaşılır. Bu durumda, belli aralıklarla ürün kalınlıklarının ölçülmesinin yanı sıra soket kalınlıklarının da ölçülmesi ve bir sonraki üretim hattına uygun malzeme beslenmesi gerekir.

Makine kaynaklı bir başka sorun kalibre ve silim hatlarında yaşanır. Kalibre kafalarının plaka yüzüne doğru açıyla ve doğru mesafede ayarlanmaması, yüzeyi istenen kalınlığa indirememesinin yanı sıra yüzey düzgünlüğünün de sağlanamamasına yol açar. Bu durum

silme cilalama makinasının çalışması da etkileyerek hem kalınlık hem de parlaklık olarak olumsuz sonuçlar doğurur. Silme ve cilama makinalarında kalınlıkla ilgili en önemli konu kafaların basıncıdır. Kafa basıncının çok düşük olması plaka yüzeyindeki aşınma oranını düşürür, beklenenden daha kalın mamuller elde edilir. Kafa basıncının çok yüksek olması da beslenen malzemenin özellikle kenar kısımlarının çatlayarak dökülmesine neden olur. Sonuç olarak gerek kalibre gerekse silme parlatma aşamalarında makine ayarlarının sık sık kontrol edilmesi uygun açı ve basıncın sağlanması gerekir.

Örneklerdeki kalınlık değişimlerinden kaynaklı sapmaların daha net görülmesi için Şekil 5.1 çizilmiştir. Şekil 5.1 incelendiğinde Denizli traverten örneklerinin, farklı yöntemlere göre %30-80 inin kontrol dışında olduğu görülmektedir. Bu oran Gri empradorda %4-46 ve İtaly grey de %6-28 arasındadır.

Denizli traverten boşluklu bir yapıya sahiptir ve yapılan deneylerde açık gözeneklilik değerinin %7,32 olduğu görülmüştür. Bu değer Gri empradorda %0,8 ve İtaly greyde %1,72'dir. Dolayısıyla Denizli traverten, dolgu yapılarak satışa sunulmaktadır. Ayrıca dolgu işlemi, üretim süreci içindeki ek bir faaliyettir. Üretim sürecinin basamakları ne kadar artarsa hata yapma olasılığı da o kadar artar. Bunun yanı sıra Denizli traverten örneklerinin aşınma dayanımı $19,68 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ iken bu değer Gri emprador örnekleri için 11,01 ve İtaly grey örnekleri için 16,1'dir. Kolay aşınan doğal taşların silme-parlatma aşamasında problemleri olduğu ve hem kalınlık hem de yüzey parlaklığının bu faaliyet ile doğrudan ilişkisi olduğu da bilinmektedir. Bu yüzden hatalı ürünün en çok karşılaşıldığı örneklerin traverten türü örnekler olması beklenen bir durumdur. Bunun dışında hatalara neden olan diğer unsurlar, kesme, ebatlama ve yüzey işleme makinalarının kullanım parametreleri olarak sıralanabilir.



Şekil 5.1 Kalınlık nedeniyle kontrol dışında olduğu belirlenen örneklerin dağılımı.

ii. Parlaklık ölçülerindeki sapmaların değerlendirilmesi

Mermer üretiminde parlaklıktaki hatalar da boyut ve kalınlık hatalarındaki gibi, malzemenin özelliklerinden, kullanılan makinaların teknolojisinden ve çalışanların işine gösterdikleri özensizlikten kaynaklanabilir. Mermer parlatma işlemi, yüzeyin kalibre makinaları ile düzeltilmesi, abrasivlerle (silim taşları) aşındırılarak pürüzlerin azaltılması ve cila taşlarıyla parlatılması şeklinde özetlenebilir. Burada silim taşlarıyla yapılan işlem fiziksel aşındırma, cila taşlarıyla yapılan işlem ise kimyasal aşındırma olarak gruplandırılabilir.

Doğal taşın çatlaklı veya boşluklu bir yapıya sahip olmasının, gevrek (kırılgan) olmasının, sertliğinin yüksek olmasının, bileşiminde silis, talk veya jips vb. gibi yabancı mineraller bulunmasının, kalınlığın istenen düzeyde korunamamasının nedenlerinden olduğu daha önce belirtilmişti. Aynı etkenler yüzey parlaklığının da istenen seviyede elde edilememesine yol açmaktadır.

Silme-parlatma işleminde her bir abrasiv bir önceki abrasivin çiziklerini siler ve daha ince olan kendi çiziklerini bırakır. Böylece yüzey pürüzlülüğü, en son cila taşına kadar en düşük seviyeye indirilmiş olur. Plakaların kalibre makinasından çok derin çiziklerle çıkması, yani silim makinasına olması gerektiğinden daha pürüzlü malzeme beslenmesi,

hattın başındaki abrasivlerin bu çizikleri giderememesine neden olur. Aynı sorun araya yanlış abrasiv takılan ya da çalışma sırasında abrasiv kafalarının çatlaması ya da kırılması durumunda da ortaya çıkar. Bu çizikler düzenli çiziklerdir ve hiçbir abrasiv taşı kendisinden iki önceki abrasivin işini yapamayacağı için cila sonuna kadar giderilemez, yüzey üzerinde kalır.

Yine yüzey üzerinde düzensiz çiziklere de rastlanabilir. Bu çizikler, silme-parlatma aşamasında kullanılan suyun temizliğiyle ilgili olup suyun filtrasyonunun düzgün yapılmaması dolayısıyla küçük toz parçalarının abrasiv-yüzey arasında kalarak yüzeyde yeni çizikler oluşmasına neden olur. Bu gibi durumlarda gerek kalibre aşamasında gerek abrasiv seçiminde ve sıralamasında gerekse devir daim suyunun filtrasyonunda özen gösterilmesi gerekir.

Parlatma işleminde karşılaşılan hataların bir başka nedeni de silme-parlatma makinalarının çalışma parametreleridir. Bu parametrelerden en önemlileri kafa basıncı, kafa devri ve bant hızıdır. Kafa basıncının düşük olması, kalınlık değişiminde etken olduğu gibi yüzeyin gereği kadar aşınmamasından dolayı parlaklığın da daha düşük düzeylerde elde edilmesine neden olur.

Kafaların devri ise abrasiv-yüzey arasındaki sıcaklık kontrolü ile ilgilidir. Kafa devrinin yüksek olması, sürtünmeden dolayı sıcaklığın artması ve soğutma suyunun sıcaklığı belli seviyenin altında tutamaması, yüzeyde yanık tabir edilen lekeler oluşmasına neden olur (Ersoy vd. 2013).

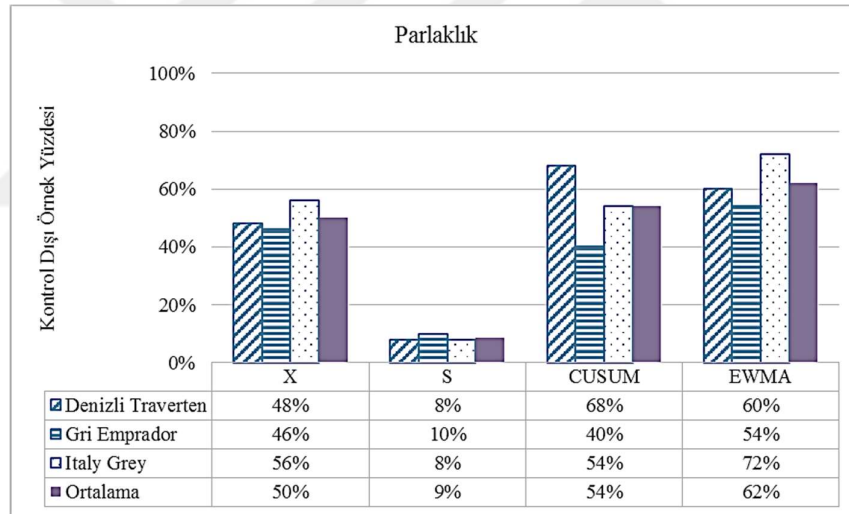
Bant hızı ise abrasiv-yüzey arasındaki temas süresiyle ilgilidir. Bant hızının yüksek olduğu hatlarda yüzeyin aşınması için yeterli süre olmadığından verimli cilalama işlemi yapılamaz. Bant hızının çok düşük olması da yüzeydeki aşınma miktarını artırır (Ersoy vd. 2014).

Otomatik silme-parlatma hatlarında kafa basıncı, kafa devri ve bant hızı birbiriyle ilişkili konulardır. Örneğin üretim hızını artırmak amacıyla bant hızının artırılması kafa devrinin de artırılmasına yol açar. Ancak soğutma suyunun da fonksiyonlarının izlenmesini

gerekir. Özetle kafa basıncı malzemeyi çatlatmayacak düzeyde, kafa devri yüzeyi yakmayacak düzeyde ve bant hızı yüzey özelliklerinin değişimine imkân sağlayacak düzeyde olmalıdır. Buna göre parlatılan plakaların özelliklerine uygun çalışma parametrelerinin belirlenmesi ve işlemin izlenmesi gerekir.

Örneklerdeki parlaklık değişimlerinden kaynaklı sapmaların daha net görülmesi için Şekil 5.2 çizilmiştir.

Şekil 5.2 incelendiğinde Denizli traverten örneklerinin %8-68'inin, Gri emprador örneklerinin %10-54'ünün ve Italy grey örneklerinin %8-72'sinin, parlaklık değişimi nedeniyle kontrol dışında olduğu görülmektedir.



Şekil 5.2 Parlaklık nedeniyle kontrol dışında olduğu belirlenen örneklerin dağılımı

Mermer türleri arasında kontrol dışı örnek oranları değişiklik gösterse de tüm yöntemlerde birbirlerine yakın değerler olduğu görülmektedir. Burada Denizli traverten boşluk oranının yüksek olmasıyla öne çıksa bile diğer örneklerin kireçtaşı türünde olması, zaman zaman fosil ve kılcal süreksizlikler içermesi, bünyelerinde farklı mineraller barındırabilmeleri silme parlatma aşamasında da problemlerle karşılaşılmasına yol açmaktadır. Kısaca parlaklıkta doğal taş türleri arasındaki farklılığın doğru belirlenebilmesi için detaylı mineralojik ve petrografik analizler yapılması, ince kesitler üzerinden mineral ve kristal dağılımlarının incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

iii. X, S, CUSUM, EWMA yöntemleri ve TS EN standartlarının değerlendirilmesi

Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 birlikte değerlendirildiğinde X yöntemine göre kontrol dışı kalınlık parlaklık oranları sırasıyla, %31-50 iken, S yöntemine göre %21-9, CUSUM a göre %39-54, EWMA ya göre %46-62 olduğu görülmektedir. Ayrıca kalınlık için TS EN 1468, TS EN 1469 ve TS EN 12058'e göre kontrol dışı kalan ortalama örnek oranı %13 iken TS EN 12057 ye göre %22-45 dir.

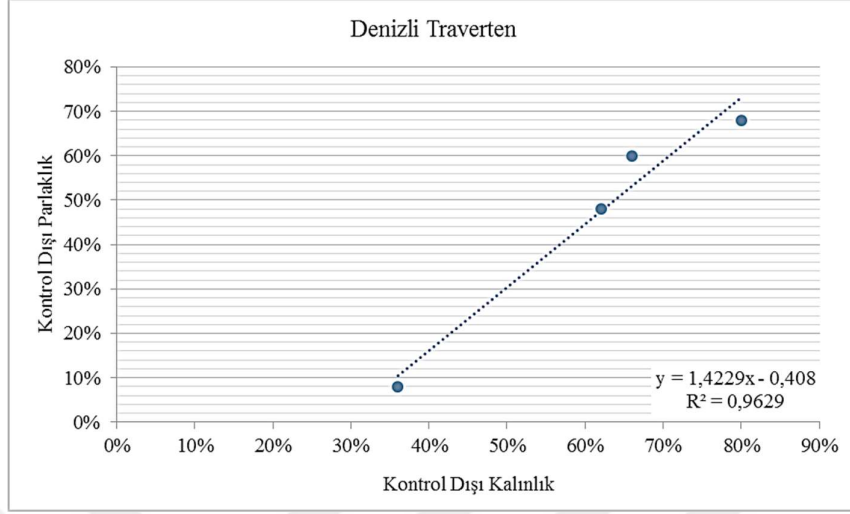
Buna göre EWMA yönteminin diğerlerine göre toleransının en düşük olduğu ve daha hassas sonuçlar verdiği söylenebilir. Buna karşın S yönteminde örneklerin büyük çoğunluğunun kontrol altında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla EWMA yöntemin hassas çalışmalar için önerilebileceği, S yönteminin ise detay gerektirmeyen kaba faaliyetler için uygun olduğu söylenebilir.

Aynı değerlendirme TS EN standartları için yapıldığında, TS EN 12057 standardının ayarlı modüler karolar için kalınlık toleransının en düşük olduğu görülmektedir. Diğer standartların daha kaba işler için uygun olduğu anlaşılmaktadır.

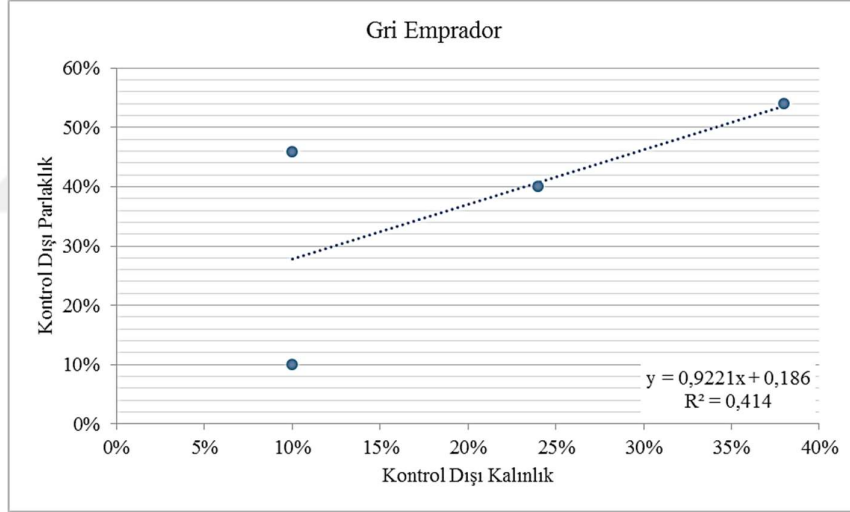
TS EN standartlarıyla kontrol grafikleri karşılaştırıldığında, doğal taş türleri bazında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Ancak kontrol dışı örnekler bakımından incelendiğinde aralarında çok farklılıklar olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum tolerans sınırlarının farklı olmasından ve alt-üst sınır hesaplama yöntemlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır.

iv. Kalınlık ve parlaklık sapmaları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi

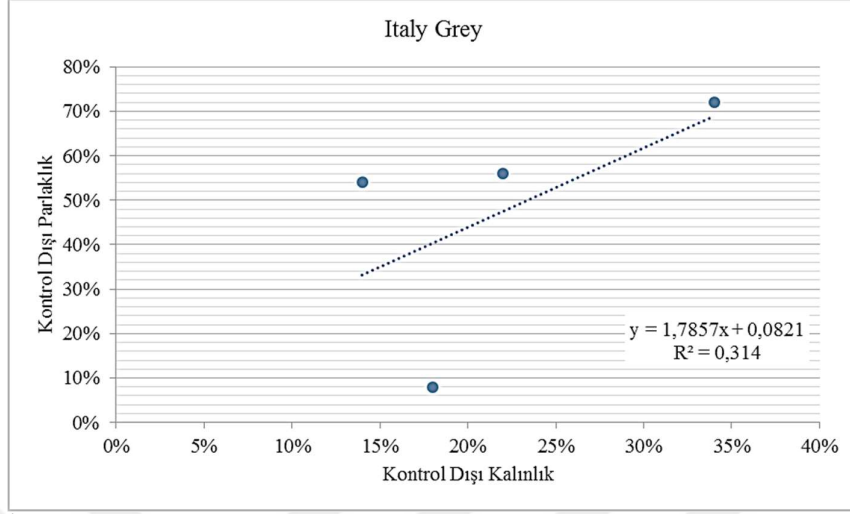
Kalınlık ve parlaklık sapmalarının arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla her bir örnek türü için Kalınlık-Parlaklık dağılım grafikleri çizilmiştir. (Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5).



Şekil 5.3 Denizli traverten kontrol dışı parlaklık-kalınlık dağılım grafiği.



Şekil 5.4 Gri Emprador kontrol dışı parlaklık-kalınlık dağılım grafiği.



Şekil 5.5 İtaly grey kontrol dışı parlaklık-kalınlık dağılım grafiği.

Şekil 5.3 incelendiğinde Denizli traverten kontrol dışı örnek sayılarında parlaklık ve kalınlık arasında, $R^2=0,92$ ile doğrusal artan bir ilişki olduğu görülmektedir. Gri emprador örnekleriyle ($R^2=0,36$) Italy grey örneklerinde ($R^2=0,28$) ise ilişki olduğunu söylemek mümkün değildir (Şekil 5.4, Şekil 5.5).

Denizli traverten ve diğer örnekler arasındaki en önemli farklılık yukarıda da değinildiği gibi, boşluk oranı ve aşınma dayanımıdır. Bu iki özellik, özellikle kalibre ve silim makinalarında etkin olmakta hem istenen kalınlığın korunmasında hem de düzenli bir parlaklık değeri elde edilmesinde problemlere yol açmaktadır. Gri emprador ve İtaly grey örneklerinde parlaklık kontrolünde hatalı örneğin fazla olmasına karşın kalınlık kontrolünde az olması, örneklerin mineralojik-petrografik özelliklerinin de etkili olmasından kaynaklanmaktadır. Yüzeyde aşındırılan farklı özellikteki çeşitli mineraller, silim şartları aynı olmasından dolayı farklı düzeylerde parlatılabilmektedir. Bu da kalınlıkla parlaklık verileri arasındaki ilişki düzeyinin düşük hesaplanmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte Denizli traverten örneklerinde hem ebatlama hem de parlatma süreçlerinde problemlerle karşılaşılmaktadır. Dolayısıyla bu iki tür veri arasında doğrusal bir ilişkiden söz edilebilir. Sonuç olarak Denizli traverten gibi çok boşluklu ve aşınabilir doğal taşlarda kalınlıkta kontrol dışı ürünün yüksek olması halinde parlakta da yüksek olacağı sonucuna varılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Akkoyun, Ö. (2006). Mermer İşleme Tesislerinde Kalite Maliyetlerine Bağlı Üretim Optimizasyonu, Doktora Tezi, Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Akkoyun, Ö. (2010). Görüntü İşleme Yöntemlerinin Mermer Kalite Seçiminde Uygulanabilirliği Üzerine Bir Değerlendirme. M. Ersoy, M. Y. Çelik ve L. Yeşilkaya, (Ed.), TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, MERSEM'2010, Türkiye VII. Mermer ve Doğal taş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, 349-357.
- Başkan, Ş. (1997), İstatistiksel Kalite Kontrolü, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, No:159, İzmir.
- Burliskowska, M.D. (2005). Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process Cp, Cpk. *Journal of Materials Processing Technology*, **5**:736-743.
- Burnak N. (1997). Toplam Kalite Yönetimi İstatistiksel Süreç Kontrolü. Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Burril, C. W. and Ledolter, J. (1999). Statistical Quality Control- Strategies and Tools for Continual Improvement, John Wiley & Sons, New York.
- Büyüksağis, İ. S. ve Bozkurt, R. (2001). Doğal Taş Endüstrisinde Standardizasyon ve Kalite Kontrolünün Önemi ve Genel Uygulama Alanları. Y. Kibici ve İ. S. Büyüksağis, (Ed.), TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, MERSEM'2001 Türkiye III. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, 351-360.
- Cavill, I., and Ricketts, C. (1974). Automated quality control for the haematology laboratory. *Journal of Clinical Pathology*, **27**: 757-759.
- CE, (2008). Doğal Taş Ürünleri ve Teknolojileri, Afyonkarahisar Ticaret ve Sanayi Odası, Afyon.
- Champ, C.W. and Jones, L.A., (2004). Designing phase I x charts with small sample sizes. *Quality and Reliability Engineering International*, **20**: 497-510.
- Chang, S.I., Samuel, T.R., (1998). A control point methodology for cusum control charts. *Computers & Industrial Engineering*, **34**: 565-572.
- Coleman, E.P., (1962). Statistical decision procedures in industry I control charts by variables. *Mathematics Magazine*, **35**: 129-143.

- Çınar, A., and Undey, C. (1999). Statistical process and controller performance monitoring. A tutorial on current methods and future directions. *Proceedings of the American Control Conference*, **4**: 2625-2639.
- Çonkar, K., Özdemir, Karaca, Y., Saylı, H., Ş. ve Kandemir, T., (2010). Mermer sektörü rekabet analizi. Afyon.
- De Vargas, V.C.C., Lopes, L.F.D., Souza, A.M. (2004). Comparative study of the performance of the CuSum and EWMA control charts. *Computers & Industrial Engineering*, **46**: 707-724.
- Demir, Y., Mirtağioğlu H. (2016). Shewart CUSUM ve EWMA Kontrol Grafiklerinin Makine Sanayine Uygulanması, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **26**: 254-265.
- Elevli, S., Behdioğlu, S. (2006). İstatistiksel proses kontrolü teknikleri ile kömür kalitesindeki değişkenliğin belirlenmesi. *Madencilik*, **45**: 19-26.
- Ersoy, M. Çelik, M.Y. Yeşilkaya, L. ve Geçer, G. (2013) Mermer parlatma sürecinde abrasiv kafa devrinin yüzey kalitesine etkisinin araştırılması, *Madencilik*, **52**., 13-26.
- Ersoy, M. Yeşilkaya, L. Çelik, M.Y. ve Geçer G. (2014) Mermer parlatma sürecinde bant hızının yüzey kalitesine etkisinin araştırılması, *Journal of Politeknik Dergisi*, **17**., 153-160.
- Ertuğrul, İ., Özçil, A. (2015). Kalite Kontrol Grafiklerinden “Shewart, Cusum ve Ewma”nın Bir Üretim İşletmesinde Uygulanması, *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi* **17**:14-26.
- Goel, A.L., Wu, S.M. (1973). Economically Optimum Design Of Cusum Charts. *Management Science*, **19**: 1271-1282.
- Gümüsoğlu, Ş. (2000). İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları. 2. Baskı. Beta Yayınevi, İstanbul.
- İpek, H., Ankara, H., Özdağ, H. (1999). Technical Note The Application Of Statistical Process Control. *Minerals Engineering*, **12**: 827-835.
- Karaca, Z. (2010). Mermer ders notu (yayınlanmamış). Niğde Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Niğde.
- Kartal, M. (1999). İstatistiksel Kalite Kontrolü. Şafak Yayınevi, Sivas.

- Kasap, E. (2006) Shewhart CUSUM ve EWMA Kalite Denetimi Grafiklerinin Bir Üretim Sürecinde kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- KJD, (2000). Photoelectrical Instruments Co., Ltd. Middle of Binnan Street, Dongbin Industrial Zone, Donghai Bincheng, Quanzhou 362000.
- Kulaksız, S. 2007. Doğaltaş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşletme Teknolojileri. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını. Ankara.
- Kurt, H., Yeşilkaya, L., Ersoy, M., Kekeç, B., 2016, Mermer ve Parlatılabilir Kayaçlar, *Atlas Akademi* , **156**:2-274.
- Maravelakis, P.E., Panaretos, J., Psarakis, S. (2004). EWMA chart and measurement error. *Journal of Applied Statistics*, **4**: 445-455.
- May, G.S., Spanos, C.J. (2006). Fundamentals of Semiconductor Manufacturing and Process Control. Wiley-Interscience, New Jersey.
- Montgomery, D. C. (2009). Introduction to Quality Control, Sixth Edition, Jhon Willey and Sons Inc., USA.
- Ncube, M.M., Woodall, W.H. (1984). A combined Shewhart-Cumulative score quality control chart. *Applied Statistics*, **31**: 445-455.
- Oktay, E. (1998). Kalite Kontrol Grafikleri. Şafak Yayınevi, Yayın No:86, Erzurum.
- Oktay, E., Özçomak, M. S. (2001), CUSUM Kontrol Grafikleri ve Bir Uygulama, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **15**: 361-387.
- Onargan, T., Köse, H., Deliormanlı, A. (2006). Mermer. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, İzmir.
- Osanaie, P.A., Talabi, C.O. (1989). On some non-manufacturing applications of counted data cumulative sum (CUSUM) control chart schemes. *The Statistician*, **4**: 251-257
- Öztürk, A. (2013). Kalite Yönetimi ve Planlaması, Ekin Kitabevi, 2. Baskı, Bursa.
- Park, Y. (2005). A Statistical Procces Control Approach for Network Intrusion Detection Georgia Institute of Technology, Georgia.
- Patır, 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*, **12**:200-340.
- Sarıışık, A., Küçük, A., Sarıışık, G. ve Polat, E. (2010). Mermer makinelerinde üretilen doğaltaş nihai ürünlerin kalite kontrolü ve standartlara uygunluğu. M.Ersoy, M. Y. Çelik ve L. Yeşilkaya, (Ed.), TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını,

- MERSEM“2010, Türkiye VII. Mermer ve Doğal Taş Sempozyum Bildiriler Kitabı, Afyon 349-357.
- Svolba, G., Bauer, P. (1999). Statistical quality control in clinical trials. *Controlled Clinical Trials*, **20**: 519-530.
- TS EN 1341 (2013). Dış Zeminlere Döşenen Doğal Kaplama Taşları-Gerekler ve Deney Yöntemleri,Türk Standardı ,Nisan, Ankara.
- TSE EN 12057 (2017). Doğal Taş Mamuller- Modüler Karolar – Gerekler, Türk Standardı, Mart, Ankara.
- TSE EN 12058 (2017). Doğal Taş Mamuller- Döşeme ve Merdiven Kaplama Plâkaları – Gerekler, Türk Standardı, Şubat, Ankara.
- TSE EN 1343 Dış Zeminlere Döşenen Doğal Bordür Taşları- Gerekler ve Deney Yöntemleri, Türk Standardı, Nisan Ankara.
- TSE EN 1468 (2012). Doğal taşlar- İşlenmemiş plâkalar – Özellikler, Türk Standardı, Haziran, Ankara.
- TSE EN 1469 (2015). Doğal Taş Mamulleri- Kaplamada Kullanılan Plakalar- Özellikler. Türk Standardı, Nisan, Ankara.
- Yaman, Ö. (2015) Mermer Fabrikalarında Ürün Kalite Kontrolünün Görüntü Analiz Yöntemi ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Zeki, İ. M. (2011). Ürün yüzey hatalarının yayılımı tabanlı görüntü işleme algoritmaları ile tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

İnternet kaynakları

- 1) <http://www.serdarkorkut.com/kumpas-nedir-nasil-okunur>,10.02.2019
- 2) <https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php>,10.02.2019

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kadriye Dağlı
Doğum Yeri ve Tarihi : Savaştepe 1992
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : kadriyedagli10@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Balıkesir Savaştepe Lisesi, (2004-2009)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği
Bölümü, (2010-2015)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı,
(2016-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Afyon Öz-Mer Mermer San. Ltd.Tic. (2015-2017)

EKLER

Ek 1. Ortalama ($\bar{x}$) kontrol grafiği katsayıları (Burnak 1997)

n	A	A_1	A_2	A_3
2	2.121	3.760	1.880	2.659
3	1.732	2.394	1.023	1.954
4	1.500	1.880	0.729	1.628
5	1.342	1.596	0.577	1.427
6	1.225	1.410	0.483	1.287
7	1.134	1.277	0.419	1.182
8	1.061	1.175	0.373	1.099
9	1.000	1.094	0.337	1.032
10	0.949	1.028	0.308	0.975
11	0.905	0.973	0.285	0.927
12	0.866	0.925	0.266	0.886
13	0.832	0.884	0.249	0.850
14	0.802	0.848	0.235	0.817
15	0.775	0.816	0.223	0.789
16	0.750	0.788	0.212	0.763
17	0.728	0.762	0.203	0.739
18	0.707	0.738	0.194	0.718
19	0.688	0.717	0.187	0.698
20	0.671	0.697	0.180	0.680
21	0.655	0.679	0.173	0.663
22	0.640	0.662	0.167	0.647
23	0.626	0.647	0.162	0.633
24	0.612	0.632	0.157	0.619
25	0.600	0.619	0.153	0.606
>25	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{3}{c_2 \sqrt{n}}$	$\frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$	$\frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$

Ek 2. Değişim aralığı (R) kontrol grafiği katsayıları (Burnak 1997)

n	d_2	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	1.128	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.693	0.888	0	4.358	0	2.575
4	2.059	0.880	0	4.698	0	2.282
5	2.326	0.864	0	4.918	0	2.114
6	2.534	0.848	0	5.078	0	2.004
7	2.704	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924
8	2.847	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864
9	2.970	0.808	0.546	5.391	0.184	1.816
10	3.078	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	3.173	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744
12	3.258	0.778	0.924	5.592	0.284	1.716
13	3.336	0.770	1.026	5.646	0.308	1.692
14	3.407	0.762	1.121	5.693	0.329	1.671
15	3.472	0.755	1.207	5.737	0.348	1.652
16	3.532	0.749	1.285	5.779	0.364	1.636
17	3.588	0.743	1.359	5.817	0.379	1.621
18	3.640	0.738	1.426	5.854	0.392	1.608
19	3.689	0.733	1.490	5.888	0.404	1.596
20	3.735	0.729	1.548	5.922	0.414	1.586
21	3.778	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575
22	3.819	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	3.858	0.716	1.710	6.006	0.443	1.555
24	3.895	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548
25	3.931	0.709	1.804	6.058	0.459	1.541
>25	$\bar{R}/\sigma$	σ_R/σ	$d_2 - 3d_3$	$d_2 + 3d_3$	$1 - 3d_3/d$	$1 + 3d_3/d$

Ek 3. Standart sapma (S) kontrol grafiği katsayıları (Burnak 1997)

n	c_4	B_3	B_4	B_5	B_6
2	0.7979	0	3.267	0	2.606
3	0.8862	0	2.568	0	2.276
4	0.9213	0	2.266	0	2.088
5	0.9400	0	2.089	0	1.964
6	0.9515	0.030	1.970	0.029	1.876
7	0.9594	0.118	1.882	0.113	1.806
8	0.9650	0.185	1.815	0.179	1.751
9	0.9693	0.239	1.761	0.232	1.707
10	0.9727	0.284	1.716	0.276	1.669
11	0.9754	0.321	1.679	0.313	1.637
12	0.9776	0.354	1.646	0.346	1.610
13	0.9794	0.382	1.618	0.374	1.585
14	0.9810	0.406	1.594	0.399	1.563
15	0.9823	0.428	1.572	0.421	1.544
16	0.9835	0.448	1.552	0.440	1.526
17	0.9845	0.466	1.534	0.458	1.511
18	0.9854	0.482	1.518	0.475	1.496
19	0.9862	0.497	1.503	0.490	1.483
20	0.9869	0.510	1.490	0.504	1.470
21	0.9876	0.523	1.477	0.516	1.459
22	0.9882	0.534	1.466	0.528	1.448
23	0.9887	0.545	1.455	0.539	1.438
24	0.9892	0.555	1.445	0.549	1.429
25	0.9896	0.565	1.435	0.559	1.420
>25	$\frac{4(n-1)}{4n-3}$	$1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2n-2}}$	$1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2n-2}}$	$c_4 - \frac{3}{c_4\sqrt{2n-2}}$	$c_4 + \frac{3}{c_4\sqrt{2n-2}}$