

MERMER FAYANSLARININ BOYUTLANDIRMASINDA İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROLÜ

Saim SARAÇ*, GÜltekin ÖZDEMİR**

* SDÜ Maden Mühendisliği Bölümü. İSPARTA - saim@mmfsdu.edu.tr

** SDÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü. İSPARTA - gultekin@mmfsdu.edu.tr

ÖZET

Kalite, ilgilenilen ürünün fonksiyonel yapısına bağlı olarak farklı şekillerde tanımlanabilir. Kalite, kullanıma uygunluk derecesi demektir ve değişim ile ters orantılıdır. Kalite geliştirme ise, süreç ve üründeki değişimin azaltılmasıyla mümkün olabilmektedir. Bir Ürünün kalite düzeyi, üretim öncesinde müşteri tarafından belirlenen hedef değere bağlı olan kalite karakteristiği; ağırlık, uzunluk, tat, basınç dayanımı gibi parametreler yardımıyla ölçülebilmektedir. Ayrıca müşteri kalite karakteristiğinin alabileceği alt ve üst sınırları da belirlemektedir. Kalite kontrolünün temel amacı, tüketicinin satın aldığı üründen memnun kalmasını sağlamak ve onun beklentilerini daha Ürün fabrikayı terk etmeden karşılamayı garanti altına almaktır. Günümüzde tüm sanayi dallarında olduğu gibi, mermer sektöründe de kalite kontrolünün önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Rekabet koşullarında yaşayan ve büyük oranda yurtdışı pazarlara yönelik üretim yapan Türk mermer sektörü de, son yıllarda standardizasyona ve kalite kontrolüne gerekli önemi vermeye başlamıştır. Yurt dışı müşterilerin toleranslarının az olması ve İsteddiği kalitede ürün alamadığında Ürün İadesi yapmaları, mermer Ürünlerinin kalitesinin titizlikle denetlenmesi zorunluluğunu doğurmuştur. Mermer ürünlerinden olan, mermer fayanslarda fayans boyutlarının müşterinin istediği toleranslarda kalması önemlidir.

Bu çalışmada, temel olarak İstatistiksel kalite kontrol teknikleri yardımıyla kalite karakteristiği olarak seçilen mermer fayans hatlarında üretilen fayans boyutları incelenmiştir. İsparta'da kurulu bulunan bir mermer işleme tesisindeki fayans hattında üretilen mermer fayanslar için ölçüm çalışmaları yapılarak veri toplanmıştır. Bu üretim çalışmasında, üretim sürecinin kontrol altında olup olmadığının yorumlanması amacıyla sistematik olarak toplanan bu veriler için karakteristik istatistiksel parametreler belirlenerek kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Kontrol grafikleri yardımıyla müşteri memnuniyetinin sağlanıp sağlanmadığının yorumlanması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mermer, İstatistiksel Kalite Kontrolü, Müşteri Memnuniyeti

AN APPLICATION OF STATISTICAL QUALITY CONTROL IN
DIMENSIONING OF MARBLE TILES

ABSTRACT

The term of quality can be described in different ways depending on the functional structure of the related product. Quality means fitness for use and it is inversely proportional to variability. On the other hand, quality improvement is possible by reducing the variability in process and product. Quality level of a product can be measured by using quality characteristics, such as weight, length, taste, pressure strength, which are defined by customer prior to the production depends on the target values. Also, customers define the lower and the upper limits of quality characteristics. The basic purpose of quality control is to satisfy the customer from the product which he or she bought and to guarantee the customer needs before the product leaves factory. In today's market, the importance of quality control is increasing in the marble industry like all other branches of industry. The Turkish marble industry which is in high competition and produces mostly to export its products started standardization and quality control studies in recent years. It has become mandatory to inspect the quality of marble products since the tolerances of customers from abroad are very tight and product returns because of unsatisfied customers. It is important that the tile dimensions to be within customer tolerances for marble tiles which are one of the products of marble.

In this study, the dimensions, chosen as quality characteristic, of tiles which are produced in marble tile production lines are examined by using basic statistical quality control techniques. The data which are related to marble tiles, produced in the tile production lines, are collected from a marble factory located in city of İsparta. In this production study, control charts are obtained for these data by using the basic statistics to decide if the production process is under control or not. It is interpreted that if customers are satisfied or not by using these control charts.

Key Words: Marble, Statistical Quality Control, Customer Satisfaction

1. Giriş

Bu çalışmada istatistiksel kalite kontrol kavramının mermer sanayiinde ne şekilde uygulanabileceği üzerinde durulmuştur. Kalite (quality), ilgilenilen ürünün fonksiyonel yapısına bağlı olarak farklı şekillerde tanımlanabilir. Örneğin "kalite, kullanıma uygunluk derecesi demektir ve değişim (variability) ile ters orantılıdır"[1]. Kalite geliştirme (quality improvement) ise, süreç ve ürünlerdeki değişimin azaltılmasıyla mümkün olabilmektedir. Bir ürünün kalite düzeyi, üretim öncesinde müşteri tarafından belirlenen hedef değere (target value) bağlı olan kalite karakteristiği (quality characteristic), ağırlık, uzunluk, tat, basic dayanımı vb, yardımıyla ölçülebilmektedir. Ayrıca müşteri, kalite karakteristiğinin alabileceği alt (lower specification limit) ve üst (upper specification limit) sınırları da belirlemektedir. Kalite

kontrolü ile ilgili olan kalite mühendisliği ise iki ana başlık altında sınıflandırılır:

1. Üretim hattı dışı kalite kontrolü (off-line quality control), genel olarak ürünün tasarım aşamasıyla ilgilidir.

2. Üretim hattı kalite kontrolü (on-line quality control), istatistiksel kalite kontrol (statistical quality control) teknikleri yardımıyla üretim sürecinin izlenmesiyle ilgilidir.

Kalite kontrolünün temel amacı, tüketicinin satın aldığı üründen memnun kalmasını sağlamak ve onun beklentilerini daha ürün fabrikayı terk etmeden karşılamayı garanti altına almaktır.

İlgilenilen ürün mermer olduğunda ise, kalite denince genelde akla mermer cinsinin albenisi ve mekanik özellikleri gelmektedir. Kullanılan mermer cinsinin kendi kalitesi yanında, ürünün müşteri tarafından istenilen boyutlarda kesilip kesilmediği de kalite olarak değerlendirilmelidir. 2 metre uzunluğunda bir tezgah üstü isteyen müşteriye 2,05 metre veya 1,94 metre uzunluğunda bir tezgah üstü teslim edilirse, kullanılan mermerin cinsi ne olursa olsun, müşteri tatmin olmaz ve dolayısıyla kalitesiz bir ürün teslim edilmiş olunur.

2. İstatistiksel Kalite Kontrolünün Kullanımı

İstatistiksel kalite kontrolü mermer sanayiinin çok değişik alanlarında kullanılabilir. Bu amaçla veriler toplanıp, bu veriler istatistiksel analize sokularak temel istatistiksel parametreler hesaplanır ve bu parametreler yardımıyla kontrol grafikleri oluşturulur.

Kontrol grafikleri genelde değişkenler ve özellikler için oluşturulabilir [1]. Değişkenler (uzunluk, ağırlık, basınç direnci gibi) için oluşturulan kontrol grafiklerinde, ilgilenilen kalite karakteristiğinin alacağı değerler süreklilik arz etmektedir. Özellikler için oluşturulan kontrol grafiklerinde ise ilgilenilen kalite karakteristiğinin alacağı değerler kesiklidir. Kusurlu oranı, kusur sayısı gibi kalite karakteristikleri bu gruba düşmektedir.

Bu çalışmada istatistiksel kalite kontrolü tekniği mermer fayansların boyutları için uygulanmıştır. İlgilenilen kalite karakteristiği fayansların boyutları olduğundan ve bu parametre sürekli değişken olduğundan, değişkenler için kullanılan kontrol grafiklerinden yararlanılmıştır.

Genel olarak bir üretim sürecinde istatistiksel kalite kontrolü çalışması yapılırken aşağıdaki kontrol grafiklerinden yararlanır:

- 1) Ortalama için kontrol grafiği,
- 2) Değişim aralığı kontrol grafiği,
- 3) Standart sapma kontrol grafiği.

Kontrol grafikleri oluşturularak, üretim sürecinin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığı belirlenmeye çalışılır.

Kontrol grafiklerinin oluşturulmasındaki önemli faktörler ise şunlardır:

- 1) Alınacak örnek sayısı (m)
- 2) Alınacak örneklerin büyüklüğü (n)
- 3) Örnekleme sıklığı
 - 3.1) Kısa aralıklarla küçük örnekler almak
 - 3.2) Uzun aralıklarla büyük örnekler almak

Ayrıca ana kütle varyans ve ortalamasının önceden biliniyor olup olmamasına göre kontrol grafiklerinin oluşturulması iki şekilde olmaktadır:

- 1) Ana kütle varyansının ve ana kütle ortalamasının biliniyor olması
- 2) Ana kütle varyansının ve ana kütle ortalamasının bilinmiyor olması

Üretilen bir ürünün, müşterinin istediği ortalama değere (target) uygun olması, yani müşterinin kabul edebileceği alt (lower specification limit) ve üst (upper specification limit) sınır değerlerinin içinde bulunması gerekir. Aksi takdirde, ürün müşterinin ihtiyaçlarını karşılamaktan uzak olacaktır. İstenen özelliğin limitleri müşteri tarafından belirlenmektedir. Burada müşteri sadece son ürünü satın alan kişi olarak düşünülmemelidir. Bir üretim sürecinde her üretim aşaması bir önceki aşama için bir müşteridir. Çünkü her aşamada işlem gören parçayı bir sonraki aşama bir nevi satın almaktadır. Her aşamada işlem gören parça bir sonraki üretim sürecinin spesifikasyonlarını taşıyorsa, burada kullanılması mümkün olmayacak ve bir sonraki aşamaya istenilen kalite seviyesinde bir ürün ulaşmamış olacaktır. Böylece bir kalite maliyeti oluşacaktır. Çünkü bu parça ya yeniden işlenecek ya da ıskartaya ayrılacaktır. Oluşturulacak olan kontrol grafiklerinin müşteri tarafından belirlenen spesifikasyon sınırlarını kapsaması, ürünün müşteri tarafından kabul edilme olasılığını arttırır.

Bu çalışma, istatistiksel kalite kontrolünün mermer ürünleri üreten işletmelerde ne şekilde uygulanabileceğine örnek oluşturması açısından önem taşımaktadır. Mermer ürünleri üreten çoğu işletmede yukarıda verilen kalite tanımına uygun olarak kalitenin kontrolü sadece üretim hattında görsel olarak, şablonların kullanılması veya çok hassas olmayan kumpasların yardımıyla üretim bandı görevlilerince yapılmaktadır. Üretimde kullanılan

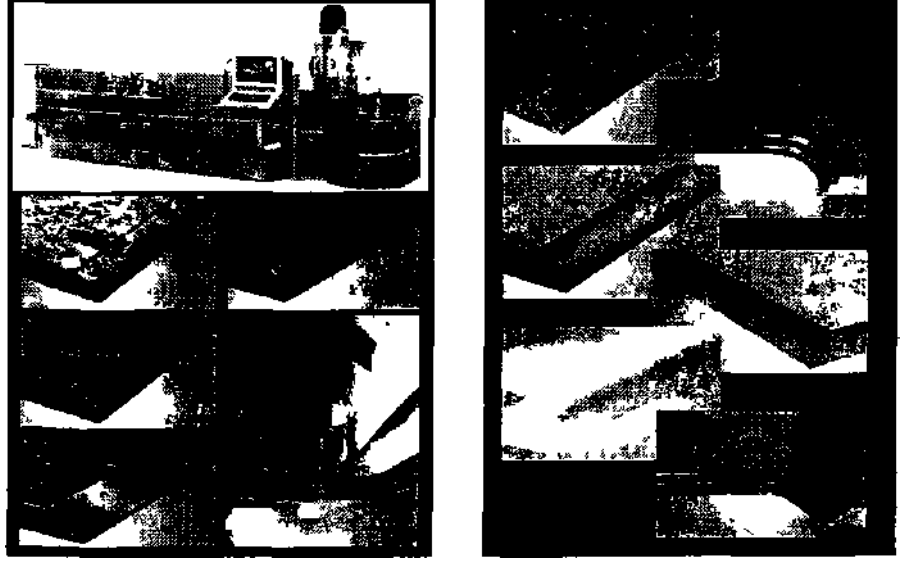
mermer kesme araçlarının hassas olması nedeniyle hassas ölçüm aletlerine gereksinim genelde duyulmamaktadır. Aşağı yukarı %100 kontrol yöntemiyle üretilen mermer fayanslarının tamamına yakını kontrol edilmektedir. İstatistiksel kalite kontrolünde üretim maliyetleri nedeniyle, üretilen ürünlerin tamamının tek tek kontrol edilmesi sadece hayati önemi olan parçaların üretiminin yapıldığı işletmelerde veya maliyeti çok yüksek olan ürünlerde olmaktadır. Bu tür ürünlerde en küçük bir hata çok büyük maddi kayıpların yanında can kayıplarına da neden olabilmektedir. Bu tür ürünlere örnek olarak uzay mekiklerinde kullanılan elektronik parçalar gösterilebilir. Fakat kitle üretiminin yapıldığı işletmelerde genellikle %100'lük muayene uygulanmaz.

3. Örnek Çalışma

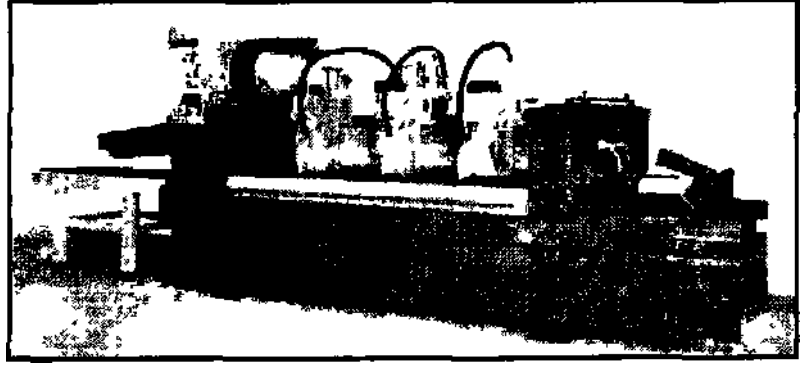
Mermer kesme işleminde çok hassas sayısal kontrollü tezgahların yanında daha az hassasiyetli mermer kesme tezgahları da bulunmaktadır. Şekil 1 ve 2'de bu tezgahların örnekleri verilmektedir [2, 3]. Yüksek fiyatlarından ve bazılarının yurt dışından ithal edilmelerinden dolayı yurdumuzda genellikle sayısal konroi bulunmayan mermer kesme tezgahları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, İsparta'da kurulu bulunan bir mermer fabrikasının fayans hattında 10x20 cm boyutlarında üretilen mermer fayanslar örnek olarak seçilmiş, ürünle ilgili ana kütle varyansı ve ortalamasının bilinmediği kabul edilmiştir. Alınacak örnek sayısı (m) 10, örnek büyüklüğü (n) 5 ve örnek sıklığının 1 saat olması kabul edilmiştir. Bu değerlerin belirlenmesinde kesin bir kural yoktur. Ayrıntılı bilgi kaynak [1] den edinilebilir. İnceleme yapılan fayans hattından bu sistematığe uygun olarak alınan veriler istatistiksel olarak işlenerek Tablo 1'de toplu halde verilmiştir.

Örneklerin alındığı işletmede iki aşamalı mermer kesme işlemi sonucunda istenilen boyutlara ulaşılmaktadır. Bu amaçla fazladan bir kesme makinesi kullanılmaktadır. Böylece yatırım, enerji ve işçilik maliyetleri artmaktadır. Süreç içi (on-line) ve süreç dışı (off-line) kalite kontrolü çalışmaları yardımıyla maliyetlerde uzun vadede oldukça fazla düşüş sağlanabilir.



Şekil 1. Tek Milli Sayısal Kontrollü Mermer Kesme Tezgahı (GOLDENEDGE CTX) ve Ürün Örnekleri



Şekil 2. Çoklu Ebatlama Makinası

Tablo 1. Alınan Mermer Fayans Örneklerinin Enleri (cm)

Örnek No.	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	\bar{x}	R	S
1	10,05	9,92	9,81	10,09	10,07	9,988	0,28	0,11967
2	9,87	10,27	9,86	9,93	10,27	10,040	0,41	0,21166
3	9,83	9,73	10,29	10,09	9,89	9,966	0,56	0,22379
4	10,11	10,23	9,96	9,88	9,79	9,994	0,44	0,17672
5	10,19	9,86	9,92	9,85	10,23	10,010	0,38	0,18507
6	9,69	9,84	9,79	10,08	10,17	9,914	0,48	0,20256
7	10,09	10,19	9,78	9,69	10,05	9,960	0,50	0,21401
8	10,12	9,85	9,88	10,15	10,19	10,038	0,34	0,16022
9	10,18	10,07	10,13	9,79	9,86	10,006	0,39	0,17155
10	9,85	9,91	10,05	10,11	9,78	9,940	0,33	0,13748
Ortalamlar						9,986	0,41	0,18027

x : Örnek ortalaması, R: Değişim aralığı, S: Örnek standart sapması

Temel istatistiksel parametreler (\bar{x} , R, S) hesaplandıktan sonra kontrol grafikleri oluşturulur. Bu işlem için aşağıdaki formüller kullanılır [4]:

Değişim Aralığı,

$$R = x_{enbüyük} - x_{enkuçuk} \quad (1)$$

Anakütle varyansının (σ^2) yansız tahminleyicisi olan örnek varyansı,

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

Anakütle ortalamasının (μ) yansız tahminleyicisi olan örnek ortalaması,

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

Ortalamaların ortalaması,

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i \quad (4)$$

$$\text{Değişim } \bar{R} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_i \quad (5)$$

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i \quad (6)$$

Ortalama standart sapma,

Bu eşitliklerden hesaplanan istatistiksel parametreler kullanılarak, kontrol grafiklerinin alt ve üst limitleri belirlenmiştir. Kontrol grafikleri, anakütle

varyansının tahminleyicisi olarak değişim aralığı veya örnek varyansının kullanılması durumlarına göre iki farklı şekilde oluşturulabilir. Her iki durum da dikkate alınarak kontrol grafiklerinin limitleri belirlenmiştir. Bu işlem için kullanılan formülasyon izleyen bölümde verilmiştir. Bu formüllerde kullanılan A_2 , A_2^* , B_3 , B_3^* , D_4 ve D_4^* değerleri, farklı örnek büyüklükleri (n) için literatürde tablolar halinde verilmektedir [4,5]. Bu tablolardan seçilen uygun değerler Örnek çalışma için kullanılmıştır.

3.1 Değişim aralığı kullanılarak oluşturulan kontrol grafikleri

Değişim aralığı kontrol grafiği:

$$\text{Üst Kontrol Limiti} = D_4 R$$

$$\text{Orta Çizgi} = R$$

Alt Kontrol Limiti = $D^* R$ eşitlikleri kullanılır,

$$R = 0,41, n = 5 \text{ için literatürden } D_4 = 2,115 \text{ okunur.}$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} = D_4 R = 2,115 \times 0,41 = 0,86715$$

$$\text{Orta Çizgi} = R = 0,41$$

$$\text{Alt Kontrol Limiti} = D^* R = 0 \times 0,41 = 0 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Ortalama için kontrol grafiği:

$$\text{Üst Kontrol Limiti} = \bar{x} + A_2 R$$

$$\text{Orta Çizgi} = \bar{x}$$

Alt Kontrol Limiti = $\bar{x} - A_2 R$ eşitlikleri kullanılır,

$$\bar{x} = 9,986, R = 0,41, n = 5 \text{ için literatürden } A_2 = 0,577 \text{ okunur.}$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} = \bar{x} + A_2 R = 9,986 + 0,577 \times 0,41 = 10,22257$$

$$\text{Orta Çizgi} = \bar{x} = 9,986$$

$$\text{Alt Kontrol Limiti} = \bar{x} - A_2 R = 9,986 - 0,577 \times 0,41 = 9,74943 \text{ olarak hesaplanır.}$$

3.2 Standart sapma kullanılarak oluşturulan kontrol grafikleri

Standart sapma kontrol grafiği:

$$\text{Üst Kontrol Limiti} = B_4 S$$

$$\text{Orta Çizgi} = 5$$

Alt Kontrol Limiti = $B_3 S$ eşitlikleri kullanılır,

$S = 0,18027$, $n = 5$ için literatürden $B_3 = 0$ ve $B_4 = 2,089$ okunur.

$$\text{Üst Kontrol Limiti} = B_4 S = 2,089 \times 0,18027 = 0,37658$$

$$\text{Orta Çizgi} = 5 = 0,18027$$

Alt Kontrol Limiti = $B_3 S = 0 \times 0,18027 = 0$ olarak hesaplanır.

Ortalama için kontrol grafiği:

$$\text{Üst Kontrol Limiti} = \bar{x} + A_3 S$$

$$\text{Orta Çizgi} = \bar{x}$$

Alt Kontrol Limiti = $\bar{x} - A_3 S$ eşitlikleri kullanılır,

$S = 0,18027$, $n = 5$ için literatürden $A_3 = 1,427$ okunur.

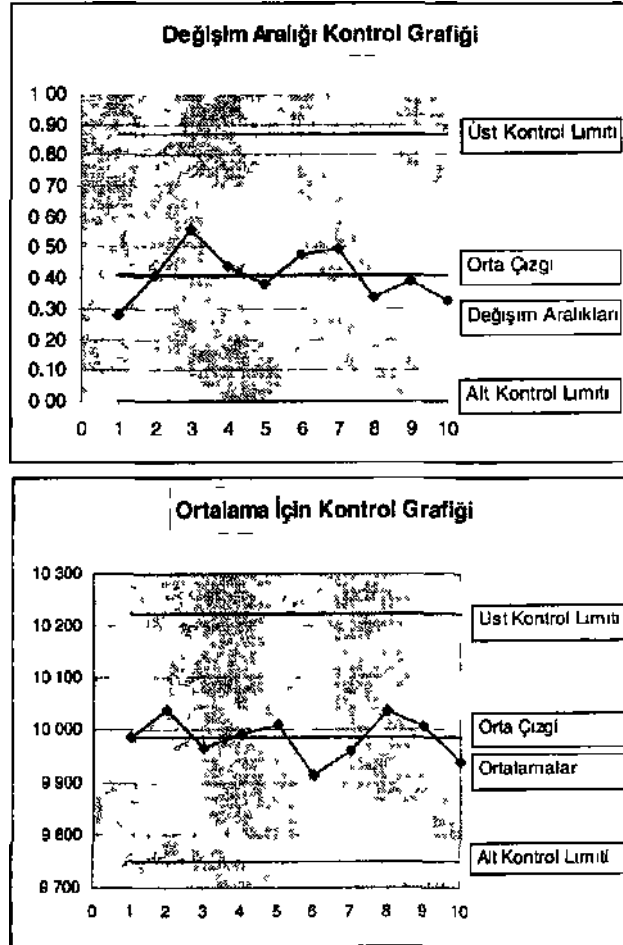
$$\text{Üst Kontrol Limiti} = \bar{x} + A_3 S = 9,986 + 1,427 \times 0,18027 = 10,24325$$

$$\text{Orta Çizgi} = \bar{x} = 9,986$$

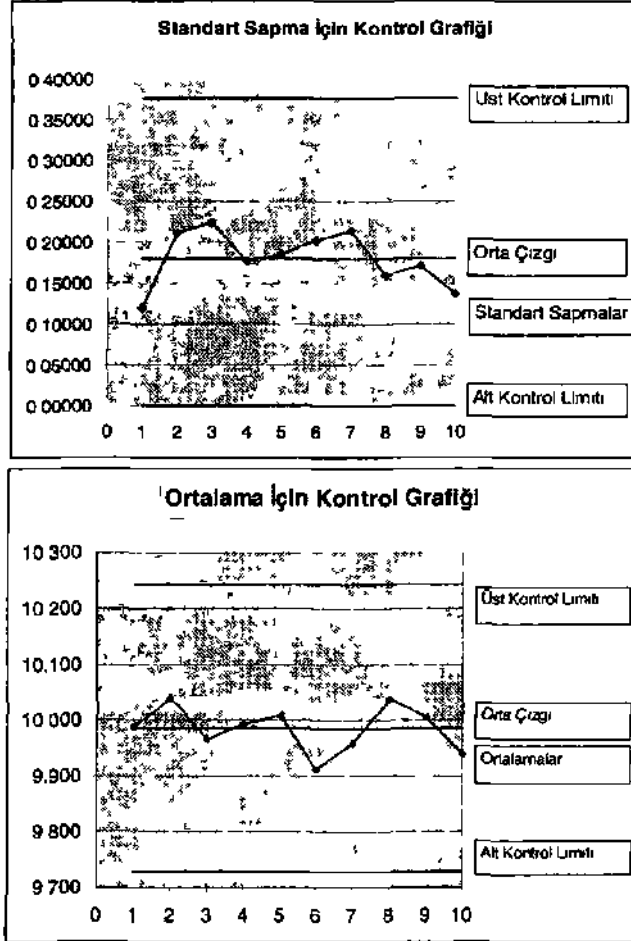
Alt Kontrol Limiti = $\bar{x} - A_3 S = 9,986 - 1,427 \times 0,18027 = 9,72875$ olarak hesaplanır.

Hesaplanan bu parametreler temelinde, bir Microsoft Ofis programı olan Microsoft Excel yazılımı kullanılarak kontrol grafikleri oluşturulmuş, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir. Bu kontrol grafikleri yardımıyla Tablo 1'deki veriler için üretim sürecini istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığı görsel olarak değerlendirilebilmektedir.

Şekil 3 ve Şekil 4'ten izlenebileceği gibi, tüm gözlem değerleri kontrol limitleri içinde olduğu için, üretim sürecinin her iki durumda da istatistiksel olarak kontrol altında olduğu görülmektedir. Fakat bunun maliyetinin araştırılması gerekmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi fayans hattında iki aşamalı üretimle son ürün elde edilmektedir. Bu durum ise çeşitli ek maliyetler oluşturmaktadır.



Şekil 3. Değişim Aralığı Dikkate Alınarak Mermer Fayanslarının Enleri İçin Oluşturulan Kontrol Grafikleri



Şekil 4. Varyans Dikkate Alınarak Mermer Fayanslarının Enleri İçin Oluşturulan Kontrol Grafikleri

4. Sonuçlar

Üretim sürecinin istatistiksel olarak kontrol altında olmasına rağmen alınan ölçüm değerlerinde olabilecek aşım değişimlerin başlıca nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

- 1) Kesim hattına giren mermerlerde farklılık olabilir. Yani farklı bölgelerden gelen aynı tür mermerler kesim hattında kullanılmıştır.
- 2) Fayans hattında çalışan işçiler vardiya nedeniyle veya başka sebeplerden dolayı değişmiş olabilir.

- 3) Kesme makinalarında bakım onarım yapılmış veya disk değiştirilmiş olabilir. Bu nedenle makin a ayarları değişmiş olabilir.
- 4) Kesici disk köre lmiş olabilir.
- 5) Ölçüm alan kişi değişmiş olabilir.
- 6) Farklı ölçüm aletleri kullanılmış olabilir.
- 7) Çalışma ortamında değişiklikler yapılmış olabilir.
- 8) Bilinmeyen diğer faktörler.

Bu nedenlerin araştırılması sonucunda ürün boyutlarındaki değişim azaltılabilir. Değişimin tamamen ortadan kaldırılması mümkün değildir. Fakat üretim parametrelerindeki farklılıklara daha az duyarlı bir tasarım ile ürünlerdeki değişim azaltılabilir. İstatistiksel kalite kontrolü yardımıyla ilgilenilen üretim sürecinin istenilen ortalama değere yakın üretim yapıp yapmadığı belirlenmeye ve üretim süreci izlenmeye çalışılmaktadır. Üretimde sapmalar olduğunda, sürece müdahale edilerek sapma nedenleri araştırılmakta ve müşteri memnuniyetinin maksimum düzeye çıkarılması sağlanmaktadır. Aşın rekabetin olduğu ortamlarda müşteriler çok kolay bir şekilde başka firma arayışlarına girebilmektedir. Böylece firmaların sürekli olarak kendilerini yenileme gereği ortaya çıkmakta ve pahalı yatırımlar yanında araştırma ve geliştirme çalışmalarının da önemi ortaya çıkmaktadır. Süreç içi kalite kontrolünün yanında süreç dışı kalite kontrolüne da önem verilerek üretimi etkileyen parametrelerin hangi değerlerinde üretim yapılması gerektiği belirlenmelidir. Bu ise deney tasarımı ve Taguchi Metodları yardımıyla olmaktadır.

Veri toplamadaki kolaylıklarından dolayı, bu çalışmada kalite karakteristiği olarak fayans boyutları dikkate alınmıştır. Benzer kontrol grafikleri, veri toplanması daha maliyetli olan ve Özel ölçüm cihazları gerektiren mermerin basınç dayanımı, su emme içeriği gibi farklı kalite karakteristikleri için de oluşturulabilir.

Kaynaklar

1. Montgomery, D.C.. Introduction to Statistical Quality Control. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc.. New York (2001).
2. <http://www.breton.it/breton-st/prodotti/products/goldenedegetx.html>.
3. http://www.mks.com.tr/ebat_mdc3.htm.
4. Juran, J. M., and Godfrey. A. B., Juran's Quality Handbook. McGraw-Hill, New York. NY (1999).
5. Griffith, G.F.. The Quality Technician's Handbook. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey (2003).