

## **KALİTE KONTROLDE ÖRNEKLEM BÜYÜKLÜĞÜNÜN DEĞİŞKEN OLMASI DURUMUNDA p KONTROL ŞEMALARININ OLUŞTURULMASI**

**İrfan ERTUĞRUL<sup>\*</sup>, Nilsen KARAKAŞOĞLU<sup>\*\*</sup>**

### **ÖZET**

İşletmeler, günümüzün artan rekabet ortamında ayakta kalabilmek için kalite ve kalite kontrol çalışmalarına büyük önem vermektedirler. İstatistiksel kalite kontrol işletmelere, ürün kalitesinin istenilen düzeyde tutulması, geliştirilmesi ve üretimde hatalı ürün sayısının azaltılması gibi faydalar sağlamaktadır. Kontrol grafikleri, istatistiksel kalite kontrol yöntemleri içerisinde en fazla kullanılan yöntemdir ve işletmelerde süreç geliştirmede önemli bir role sahiptir. Bu çalışmanın amacı, örneklem büyüklüğünün değişken olması durumunda özellikler için kalite kontrol şemalarından p kontrol şemasının oluşturulmasında izlenebilecek üç yaklaşımı ele alarak, bir tekstil işletmesinde örnek uygulama ile göstermektir. Tekstil işletmesi bu yolla, üretim süreçlerinin kontrol altında olup olmadığını görerek, hangi düzeltici tedbirleri alması gerektiği konusunda fikir sahibi olmuştur.

*Anahtar Kelimeler: Kalite Kontrol, Kontrol Şemaları, P Kontrol Şeması*

### *CONSTRUCTION OF p CONTROL CHARTS FOR VARIABLE SAMPLE SIZE IN QUALITY CONTROL*

### **ABSTRACT**

Manufacturing companies give importance to quality and quality control to survive in today's competitive environment. Statistical quality control assists the firms in keeping the production quality in a desired level, improving the quality and decreasing the number of defective products. Control charts are the most common method of statistical quality control techniques and it has a crucial function at the process development in firms. The aim of this study is dealing with the three approaches for constructing p control charts for variable sample size and demonstrating it with an application at a textile firm. By this way, the textile firm recognizes whether its production processes are in control or not and also the firm has an opinion about the corrective actions which should be taken.

*Keywords: Quality Control, Control Charts, P Control Chart*

---

<sup>\*</sup> Pamukkale Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler A.B.D., DENİZLİ  
e-posta: iertugrul@pamukkale.edu.tr

<sup>\*\*</sup> Pamukkale Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler A.B.D., DENİZLİ  
e-posta: nkarakasoglu@pamukkale.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Günümüzde karlılık, verimlilik ve kalite sorunlarına başarılı çözümler getirmiş ve modern işletme yöntemlerini uygulayan firmalarda kalite kontrol, yalnızca belirli kalite hedeflerine ulaşmada değil, aynı zamanda verimlilik artışı, maliyetlerin azaltılması gibi konularda da işletmelerin elindeki en etkili araçlardan biri olmuştur (Ertuğrul, 2004). İşletmelerde üretilen ürünün kalitesi ve maliyeti, otomasyon derecesine bağlı olduğu kadar gözlemlemeye de bağlıdır. İyi gözlemler, hataların erken tanınmasıyla hatadan kaçınmayı ve araçların kullanım sürelerini arttırmayı sağlamaktadır (Grauel vd, 1997). Bu bağlamda, kalite kontrol; kaliteyi korumak, geliştirmek ve üretimi alıcının tatmin olacağı en ekonomik seviyede sürdürmek için uygulanan işlemler dizisidir. Başka bir deyişle kalite kontrol yapmak; en ekonomik, en kullanışlı ve tüketiciyi her zaman memnun eden kaliteli bir ürünü geliştirmek, tasarlamak, üretmek ve bakımını yapmak demektir (Yatkın, 2003). Hedeflenen kalitede ürün üretmekle yükümlü olan üretim birimlerinde kalite kontrol faaliyetleri çok önemli bir yer tutar (Baskan, 1997).

İstatistiksel proses kontrolü (İPK), ürün kalitesini ölçmek, yorumlamak ve sonunda kontrol etmek için istatistiksel teknikleri kullanan bir yöntemdir. İPK, doğrudan problemin altında yatan nedenin tanımlanması ve sonunda ortadan kaldırılmasına yöneliktir. Böylelikle İPK'nın odağı, hem kalitenin hem de üretimin geliştirilmesidir (Rowlands ve Wang, 2000). İPK, ürün kalitesini kontrol etmede, Shewhart'ın üretim prosesinde istatistiksel kavramları uygulayarak kontrol şemalarını tanıtmışından beri büyük rol oynamaktadır (Chih ve Rollier, 1995).

Üretimde kalite kontrolü denilince, üretici firmanın uyguladığı kontrol teknikleri aklı gelir. Mamuller, alıcı firmalara sevk edilemeden önce kontrole tabi tutulur. Bu kontrol için uygulamada daha çok kontrol şemaları kullanılır (Oktay ve Başar, 1999). Kalite kontrol şemaları, belirli bir mal grubunun önceden belirlenen kalite sınırlarında gösterdiği değişim durumunun ölçülmesi amacıyla hazırlanan şemalardır. İstatistiksel yöntemlerden yararlanılarak çizilen bu şemalar yardımıyla genel, kaçınılmaz ve kontrol edilebilir nedenlerle ortaya çıkan değişikliklerin en yüksek ve en düşük sınırları belirlenir. Kalite değişikliklerinin her zaman bu sınırlar içinde kalmasına ve diğer nedenler ile ortaya çıkan önemli değişikliklerin hemen giderilmesine çalışılır (Barutçugil, 1988). Kontrol şemaları, süreçlerin kontrolde olup olmadığını belirlemede işletmelere yardımcı olur. Kontrolde olmayan bir durum belirlendiğinde düzenlemeler yapılarak ve düzeltici tedbirler alınarak süreç tekrar kontrole getirilmeye çalışılır (Anderson, 1993).

Literatür taraması yapıldığında, birçok çalışmada örneklem büyüklüğünün değişken olması durumunda farklı kalite kontrol şemalarının ele alındığı görülmektedir. Bai ve Lee (1998), kontrol şemalarında değişken örneklem aralığını ekonomik olarak tasarlamaya çalışmışlardır. Çalışmalarında, sabit ve değişken örneklem aralıklı  $\bar{X}$  şemalarını, birim zaman başına beklenen maliyetler açısından kıyaslamışlardır. Özilgen (1998), optimal altı örneklem büyüklüğü ile kontrol

şemalarını oluşturarak, Shewhart kontrol şemalarının kullanılmadığı alanlar için bir yaklaşım önermiştir. Reynolds ve Arnold (2001), örneklem büyüklüğünün değişken olması durumunda EWMA kontrol şemasının oluşturulmasını ele almışlardır. Ayrıca çalışmalarında değişken örneklem büyüklüğüne sahip EWMA şemalarını yine değişken örneklem büyüklüğüne sahip CUSUM ve  $\bar{X}$  şemaları ile karşılaştırmışlardır. Carot vd. (2002), çalışmalarında çift örnekleme ve değişken örnekleme  $\bar{X}$  şemalarını ele almışlardır. Daha sonra ele alınan şemaları CUSUM ve EWMA grafikleri ile kıyaslamışlardır ve çift ve değişken örnekleme  $\bar{X}$  şemalarının, küçük ve orta düzeydeki dalgalanmaları daha çabuk tespit ettiğini göstermişlerdir. Çalışmalarında ele aldıkları yaklaşım, optimal altı örneklem büyüklüğü yüzünden örneklem ortalamalarının normal dağılmadığı durumlarda kullanılabilir. Luo ve Wu (2002), değişken örneklem büyüklüğüne sahip np kontrol şemalarının ve değişken örneklem aralıklı np şemalarının oluşturulmasını ele almışlar ve bu kontrol şemalarının performanslarını statik np şemaları ile karşılaştırmışlardır. Lin ve Chou (2005), Burr dağılımını kullanarak değişken örneklem büyüklüğüne sahip  $\bar{X}$  şemalarının oluşturulmasını ele almışlardır. Lin ve Chou (2005) yine Burr dağılımını kullanarak, değişken örneklem büyüklüğüne ve değişken kontrol limitlerine sahip  $\bar{X}$  şemalarının oluşturulmasını ele almışlardır. Ayrıca, değişken örneklem büyüklüğüne ve limitlerine sahip  $\bar{X}$  kontrol şemalarının, sadece değişken örneklem büyüklüğüne sahip kontrol şemalarına göre süreçteki küçük dalgalanmaları daha çabuk tespit ettiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada ise örneklem büyüklüğünün değişken olması durumunda p kontrol şemalarının oluşturulması ele alınmış ve şemaların oluşturulmasında üç farklı yaklaşım kullanılmıştır. İlk yaklaşımda her örneklem için ayrı kontrol limitleri oluşturulurken, ikinci yaklaşımda ortalama örneklem büyüklüğü kullanılmaktadır ve üçüncü yaklaşım standartlaştırılmış kontrol şemalarının kullanılmasına dayanmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde, kontrol şemaları hakkında genel bilgi verilerek, kontrol şemalarının sınıflandırılmasına yer verilmiştir. Örneklem büyüklüğünün değişken olması durumunda p kontrol şemalarının oluşturulmasındaki üç yaklaşım ele alındıktan sonra, üçüncü bölümde bir tekstil işletmesinde uygulama ile bu yaklaşımlar gösterilmiştir. Son bölümde ise sonuç ve öneriler sunulmuştur.

## 2. KONTROL ŞEMALARI

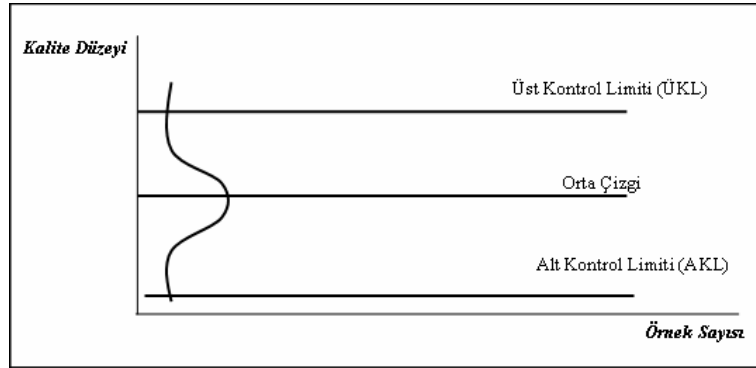
İlk taslağı 1924 yılında W.H. Shewhart tarafından oluşturulan kontrol şemaları, belirli bir mal grubunun önceden belirlenen kalite sınırlarında gösterdiği değişim durumunun ölçülmesi amacıyla hazırlanan şemalardır. Kalite kontrol şemaları ile elde edilen bilgiler sonucunda, belirli bir malın kalite özellikleri kalite sınırları dışına çıkıyorsa, bu durumun nedenleri araştırılır ve üretim işleminin kontrol altına alınabilmesi için düzeltici tedbirler alınır (Ertuğrul, 2004). Kontrol şemalarının gücü, üretim süreci içindeki normal olmayan durumları tanımlama ve süreç

kaymalarını ortaya çıkarma yeteneği altında yatmaktadır. Böylelikle mümkün teşhisler yapılmakta, çoğu üretim problemleri düzeltilmekte, genellikle kayıplar azaltılmakta ve ürün kalitesinde ilerlemeler kaydedilmektedir (Wang ve Raz, 1990). Kontrol şemaları, süreçte bir sorun olup olmadığını belirlemeye yardımcı olur ve bir sorun olması durumunda bu sorun hakkında ipuçları verir. Ancak sorunun ne olduğunu kesin olarak söylemez. Bunu belirlemek ve düzeltmek, kontrol şemalarını yorumlayan kişilere aittir (Halis, 2004).

Kontrol şemalarının çiziminde izlenecek adımları şu şekilde sıralayabiliriz:

1. İncelenecek olan kalite özelliği tespit edilir.
2. Belirli bir numune alma yöntemine göre yeterli sayıda birimden oluşan numuneler alınarak ölçüm değerleri kaydedilir.
3. Kontrol şeması tipi belirlenir.
4. Kontrol limitleri saptanır.
5. Saptanan limitlerin yeterliliği tespit edildikten sonra limitler grafiklendirilir.
6. Kontrol limitleri dışında yer alan noktalar belirlenir ve bu noktaların sebepleri araştırılır (Ertuğrul, 2004).

Kalite kontrol şemaları, normal dağılıma göre ( $x \pm 3\sigma$ ) belirlenir. Kalite kontrol sınırları, örnek ortalamasına göre 3 standart sapma pozitif ve 3 standart sapma negatif değişim gösterebilmektedir. Kalite kontrol şemalarıyla ilgili olarak üç tür sınır kabul edilmektedir. Bunlar; Üst Kontrol Limiti, Orta Çizgi, Alt Kontrol Limitidir. Şekil 1'de kalite kontrol limitleri yer almaktadır (Ertuğrul, 2004). Bu limitler, sürecin kontrol altında olabilmesi için, tesadüfi değişkenliğin kabul edilebilir maksimum ve minimum sınır değerlerini ifade etmektedir (Top, 2001).



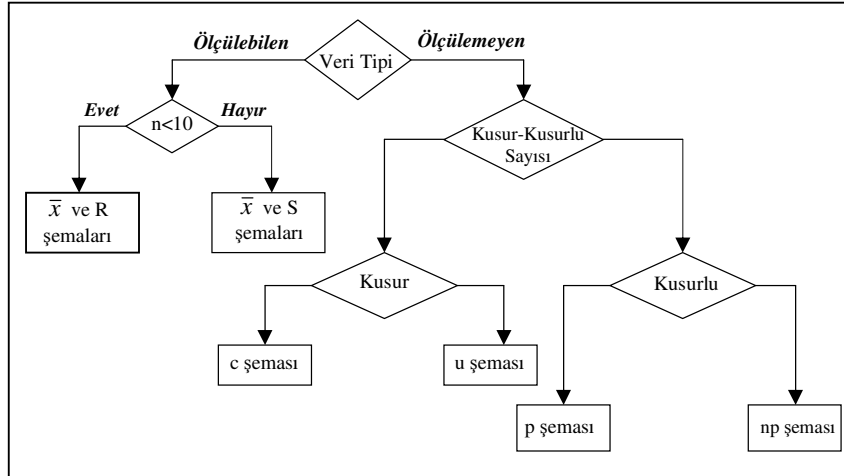
**Şekil 1. Kalite Kontrol Limitlerini Gösteren Grafik**

Kontrol limitlerinin dışındaki noktalar özel sebep belircileridir. Süreçte kalite sorunu olduğunu ve önlem alınması gerektiğini, aksi halde hurdaya (ıskartaya) üretim yapılacağını ikaz etmektedir (Akın ve Öztürk, 2005). Özel faktörlerin yol

açtığı değişkenlerin miktarı genellikle büyük olduğundan, kontrol limitlerinin dışına taşan bir gözlemin bulunması özel faktörlerin araştırılmasını ve düzeltici önlem alınmasını gerektirmektedir. Tüm değerlerin kontrol limitleri arasında bulunması her zaman sürecin kontrol altında olduğu anlamına gelmeyebilir. Örneğin, değerlerin sürekli veya periyodik olarak yükselmesi veya azalması durumunda değişime uygun yeni limitler saptanabilir. Ayrıca değerlerin limitler dışına çok sık taşması veya ortalamasının çok yakınında bulunması gibi durumlarda da limitlerin yeniden hesaplanması gerekmektedir (Top, 2001). Kontrol limitleri dışındaki noktalara ek olarak; kontrol limitleri arasındaki noktaların belli modelleri, kalite kontrol problemleri için uyarı sinyalleri olabilmektedir. Bu durum, kontrol şemalarının en büyük eksikliğidir başka deyişle süreci temsil eden tüm noktalar, süreç kontrol dışında olduğu halde, kontrol limitleri içine düşebilmektedir (Kahraman vd, 1995). Kontrol şemaları, üretime daha iyi ürün ortaya koymada yardımcı olur. Kontrol şemalarının üç ana uygulama alanı vardır. Bunlar,

- Üretim sürecinin gerçek olanaklarını saptamak
- Sürecin çıktı kalitesini değiştirecek ayarlamalar yapmak
- Çıktıyı kontrol etmektir.

Kontrol işlevi, çıktı kalitesinin o andaki durumunu gösterir ve kalite amaçlarından sapmaları önceden haber verir (Demir ve Gümüšoğlu, 2003). Kontrol şemaları ölçülebilir değişkenler için kontrol şemaları ve özellikler için kontrol şemaları olmak üzere iki ana grupta incelenebilir. Değişkenler ve özellikler arasında teknik istatistik dilinde önemli bir fark vardır. Eğer çıktı sayısal bir ifade ile ölçülebiliyorsa değişkenler için kontrol şemalarından söz edilebilir (Gümüšoğlu, 2000). Birçok kontrol şeması çeşidi vardır ve bu şemalar Şekil 2'de görülmektedir. Kontrol şeması hazırlanmak istendiğinde öncelikle süreç için en uygun kalite özelliği ve bu özelliğin en uygun kontrol şeması seçilmelidir (Baskan, 1997).



Şekil 2. Kontrol Şemalarının Genel Sınıflandırılması

### 2.1. Ölçülebilir Değişkenler için Kontrol Şemaları

Ölçülebilir değişkenler; uzunluk, ağırlık, yoğunluk gibi bir alet veya cihaz yardımıyla ölçülebilen ve rakamlarla ifade edilebilen özelliklerdir. Bu özellikler için kullanılan şemalar, örnek alt sınıfı eleman sayısı birden büyük olan ve anlamlı örnek sınıfları oluşturabilen süreçler için kullanılan şemalardır. Bunlar; ortalama ( $\bar{X}$ ), standart sapma ( $\sigma$ ) ve dağılım aralığı (R) şemalarıdır. Bunlar, pratikte en çok kullanılan kontrol şemalarıdır.

Ürünlerin belli özelliklerine ait kantitatif ölçülerin istenilen standartlara uygunluğu,  $\bar{X}$  ve s veya  $\bar{X}$  ve R şemaları ile kontrol edilmektedir. Kontroller, üretilen ürünlerin tamamının muayene edilmesi yerine örnekleme yoluna gidilerek gerçekleştirilmektedir. Uygulamada ürünlerden alınan bir tesadüfi örneğin önceden belirlenen standart değerden veya ana kütle ortalamasından en fazla  $\pm 3\sigma$  kadar sapma göstermesi beklenmektedir (Başar ve Oktay, 1999).

$\bar{X}$  şemaları, bireysel ölçümlerin ya da örnek ortalamalarının istenilen ortalamaya göre nasıl karşılaştırılacağını gösterir. R şemaları, örnek içindeki bireysel gözlemlerin değişikliğini kaydeder. Bu iki şema birbirlerinin tamamlayıcılarıdır (Demir ve Gümüşoğlu, 2003). Çünkü sürecin kontrol altında olduğunu söyleyebilmek için bir örnek hem kabul edilebilir bir ortalamaya, hem de ölçümlerin uygun aralığına sahip olması gerekir.

### 2.2. Özellikler İçin Kontrol Şemaları

Ölçülebilir değişkenler için kontrol şemaları oldukça kullanışlı olmasına rağmen ölçülemeyen özellikler için kullanılamamaktadır. Bu özellikler için yaygın kullanımı olan şemalar; kusurlu oran (*p şeması*), kusurlu sayısı (*np şeması*), kusur sayısı (*c şeması*), birim başına kusur sayısı (*u şeması*) kontrol şemalarıdır. Bu şemalar bir anda birden fazla kalite özelliğini bir arada değerlendirmeyi sağlamaktadır (Ertuğrul, 2004).

Uygulamada bazı hallerde mamullerin belli özelliklerinin standartlara uygunluğu yerine bu mamullerin kusurlu olup olmadıkları ile ilgilenilir. Bu gibi durumlarda  $\bar{x}$  yerine kusurlu oranının (*p*) kontrol edilmesi gerekecektir. Bu ise *p şeması* ile yapılır (Başar ve Oktay, 1999). Bazı problemlerde ise kusurlu oranı yerine kusurlu sayısıyla ilgilenilir. Bu gibi durumlarda ortalama kusurlu sayısı şemaları adı verilen *np şemaları* kullanılır. Bu şemaların *p şeması*ndan tek farkı tüm değerlerin *n* ile çarpılmasıdır.

Birçok ürün için, birim başına kusur sayısını kusur yüzdesi biçiminde ifade etmek olanaksızdır. Kusur ürünün bozuk olmasıdır. Eğer tek bir kusur ürünün reddedilmesine yeterli ise *p şeması* (kusur yüzdesi şeması) kontrol ölçüsü olur. Ancak amaç, üretim birikimindeki hata sayısını ölçmek olduğunda, *c şeması* kullanılır (Demir ve Gümüşoğlu, 2003). Varyansı ortalamasına eşit olan poisson olasılık dağılımı, *c şemaları* için temel alınabilir (Gümüşoğlu, 2000).

Bazı hallerde üretilen birimlerin kusurlu olup olmadıkları yerine, bir tek birimde tespit edilen kusur sayısı ile ilgilenilir. Örneğin, buzdolapları için yapılan bir kalite kontrolde, buzdolaplarını kusurlu ve kusursuz şeklinde ikiye ayırmaktan çok, her bir buzdolabında görülen ve tamiri gerektiren çizik, fiş bozukluğu, lamba arızası gibi kusurların sayısı üzerinde durulur. Birimin geri gönderilmesini gerektirecek derecede önemli bir kusur nadiren görülür. Dolayısıyla  $\bar{X} - s$ ,  $\bar{X} - R$ ,  $p$  ve  $np$  şemalarının kullanılmasına gerek kalmaz. İşte bir birimde tespit edilen kusur sayıları esas alınarak çizilen kontrol grafiğine *u şeması* denir.

### 2.2.1. p Kontrol Şeması (Kusur Yüzdesi Şeması)

Mamullerin kusurlu olup olmadıklarının araştırılması durumunda,  $p$  kontrol şeması ile kusurlu oranlarının kontrol edilmesi uygundur (Bircan ve Gedik, 2003).  $p$  şemasının teorik temeli binom dağılımına dayanır. Ancak örneklem büyüklüğünün çok fazla olduğu durumlarda normal dağılıma yaklaşır (Stevenson, 1993).  $p$  şemaları, kontrol edilen özelliklerin ortalamasını belirler.  $p$  şemalarının oluşturulmasında,  $\bar{x}$  şemalarına göre daha az ayrıntılı kontrol cihazları kullanılır ve daha ucuzdur. Tek kart gerektirir ve daha az sıkıcı hesaplamalar içerir (Gümüüşoğlu, 2000).

$p$  şemalarını oluşturmak için, belli zaman aralıkları ile işlemden  $n$  hacminde örnekler alınmaktadır. Örnek hacmi, en az bir kusurlu parçayı içerecek büyüklükte seçilmeli, bu ise genellikle 50 ile 300 gözlemden oluşmaktadır. Her örnek için kusurlu parça oranı ( $p$ ) hesaplanmakta ve şema üzerinde bir nokta ile işaretlenmektedir. Eğer tüm noktalar kontrol limitleri içinde ise süreç, kontrol altındadır. Kontrol limitlerine taşan değerler bulunduğu anda ise, işlem durdurularak özel faktörler araştırılmakta ve gerekli düzeltmeler yapılmaktadır (Top, 2001).

$$p = \text{Kusurlu Birim Sayısı} / \text{Kontrol Edilen Birim Sayısı} \quad (1)$$

$\bar{X}$  ve  $R$  kontrol grafiği için 4 ile 10 birimlik örnekler yeterli olabildiği halde,  $p$  grafiği için daha büyük örneklerin kullanılması gerekir.  $p$  oranı küçüldükçe, örnek hacmi daha büyük tutulur. Bu şemalarda örnek hacminin  $np < 1$  olmayacak şekilde düzenlenmesi tavsiye edilmektedir.

$p$  grafiğinde orta çizgi, ortalama kusur oranını göstermektedir ve bu çizginin altına düşen örnekler için kusur oranının düşük olduğu söylenir. Noktaların orta çizgi altında düzenli şekilde dağılması, kalitede iyileşme olduğu anlamına gelebilir. Bu durumda söz konusu iyileşmenin sebeplerini araştırmak gerekir. Alt kontrol sınırının altına düşen bir değer, ait olduğu örnekteki kusur oranının çok düşük olduğunu ifade eder. Bununla birlikte bu durumu, hemen kalitede iyileşme olarak değerlendirmemek gerekir. Bu düzelmenin sebeplerini incelemek faydalı olur. Çünkü bazen bir devrede kusur oranını düşüren bir sebep, başka bir devrede ters sonuç vererek bu oranı arttırabilmektedir (Ertuğrul, 2004).

- Standartların belli olması halinde ana kütle oranı ( $P$ ) çizilecek grafiğin orta çizgisini gösterirken, üst ve alt kontrol limitleri şu şekilde hesaplanır:

$$\text{ÜKL} = P + 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \quad (2)$$

$$\text{AKL} = P - 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \quad (3)$$

- Standartların belli olmaması durumunda örneklerden elde edilen oranların ortalaması, orta çizgiyi belirlerken, üst ve alt kontrol limitleri şu şekilde belirlenir.

$$\text{ÜKL} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (4)$$

$$\text{AKL} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (5)$$

#### 2.2.1.1. Örneklem Büyüklüğünün Değişken Olması Durumunda p Kontrol Şemaları

Hatalı oranı için p kontrol şeması düzenlenmesi gerektiğinde, işletmelerin üretim miktarları farklılık gösterebileceğinden, örneklem hacmi değişken olabilmektedir. Özellikle bazı sanayi işletmelerinde üretimin hızı daima aynı değildir. Bu nedenle örnekleme muayenesi yapıldığında örnekleme ölçümü üretim hızına bağlı olarak artacak ya da azalacaktır (Baskan, 1997). Hatalı oranına göre üretim düzeyi ve kalitesi hakkında belli bir süre için sürecin kontrol edilmesi söz konusu olduğunda p kontrol şeması düzenlenirken bu bölümde ele alınacak olan üç yaklaşımdan biri kullanılabilir.

İşletmelerde üretim miktarları her dönemde farklılık gösterir. %100 muayenenin yapıldığı ya da üretim miktarı ile orantılı olarak kontrol edilen mamul sayısının değişiklik gösterdiği işletmelerde, kontrol şemaları değişken örneklem büyüklüklerine sahip olacaktır. Bu gibi durumlarda izlenebilecek yaklaşımlardan ilki, her örneklem için ayrı kontrol limitleri belirlemektir. Örneklem büyüklüğünün  $n_i$  olması ve *standartların belli olması* durumunda orta çizgi, üst ve alt kontrol limitleri şu formül yardımıyla hesaplanır (Montgomery, 1990) :

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k D_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (i = 1, 2, \dots, k) \quad (6)$$



$$\dot{U}KL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (7)$$

$$AKL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (8)$$

İkinci yaklaşımda, ortalama örneklem büyüklüğü kullanılarak yaklaşık kontrol limitleri hesaplanmaktadır. Bu yaklaşım, gelecekteki örneklem büyüklüklerinin geçmişte gözlemlenenlerden çok farklı olmayacağı varsayımına dayanmaktadır. Bu yaklaşım kullanıldığında kontrol limitleri sabit olacaktır. Bu da kontrol şemalarının daha anlaşılır olmasını sağlamaktadır. Fakat örneklem büyüklüğünde olağandışı büyük bir değişim varsa ya da yaklaşık kontrol limitlerinin yakınında noktalar bulunuyorsa, bu noktalar için gerçek kontrol limitleri belirlenmelidir. Bu yaklaşım, alt grup ölçümleri çok değişken olmadığında geçerlidir. *Standartların belli olmaması* durumunda, ortalama örneklem büyüklüğü, orta çizgi üst ve alt kontrol limitleri şu şekilde hesaplanır (Montgomery, 1990):

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k}, \quad (i = 1, 2, \dots, k) \quad (9)$$

$$\dot{U}KL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \quad (10)$$

$$AKL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \quad (11)$$

Öte yandan, örneklem büyüklüğü  $n_i$ , ortalama örneklem büyüklüğü  $\bar{n}$ 'den %25'den fazla farklılaştığında p kontrol şemasının oluşturulmasında bu yaklaşımın kullanılması önerilmez (Berenson ve Levine, 1999).

Üçüncü yaklaşımda ise örneklem hatalı oranlarını kontrol şemasına işlemek yerine, hatalı oranlarının standartlaştırılmış değerleri işlenir (Baskan, 1997). Bu kontrol şemasının orta çizgisi 0 noktası iken, üst ve alt kontrol limitleri +3 ve -3 olacaktır.

$$\begin{aligned} \dot{U}KL &= +3 \\ AKL &= -3 \end{aligned} \quad (12)$$

Üçüncü yaklaşımda, kontrol şemasında işaretlenecek noktalar *standartların belli olmaması* durumunda şu formül ile belirlenir (Montgomery, 1990):

$$Z_i = \frac{\hat{p}_i - \bar{p}}{\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}} \quad (13)$$

### 3. UYGULAMA ÖRNEĞİ

Denizli’de ev tekstili alanında faaliyet gösteren bir tekstil işletmesinden alınan, 24 haftalık döneme ait veriler için üç farklı yaklaşım ile p kontrol şemaları oluşturulmuştur. İşletmeye ait veriler Tablo 1’de yer almaktadır. İlk olarak birinci yaklaşıma göre p kontrol şemasını oluşturmak için *standartların belli olmaması* durumunda, orta çizgi, üst ve alt kontrol limitleri şu şekilde hesaplanır:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{24} D_i}{\sum_{i=1}^{24} n_i} = \frac{463}{72922} = 0.006 \quad (14)$$

$$\dot{U}KL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} = 0.006 + 3\sqrt{\frac{(0.006)(0.994)}{n_i}} \quad (15)$$

$$AKL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} = 0.006 - 3\sqrt{\frac{(0.006)(0.994)}{n_i}} \quad (16)$$

Her örneklem için hesaplanan üst ve alt kontrol limitleri Tablo 1’de sunulmuştur. Her haftanın kontrol limitleri ayrı ayrı belirlendikten sonra, 24 hafta için p kontrol şeması oluşturulmuştur. Birinci yaklaşıma göre çizilen kontrol şeması Şekil 3’de görülmektedir. Bu yaklaşım ile oluşturulan kontrol şemaları güvenilir sonuçlar vermesine rağmen, kontrol şemasını inceleyen personel yorumlamakta güçlükler yaşayabilir.

**Tablo 1. Değişken Örneklem Büyüklüğüne Sahip Kontrol Şeması için 24 Haftalık Veriler**

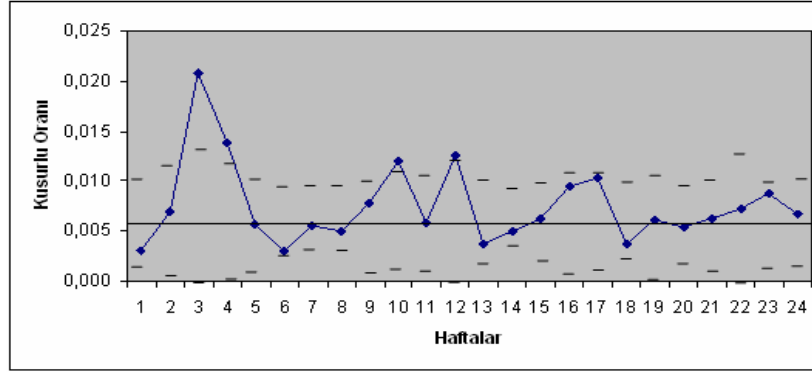
Örneklem No (Haftalar)	Örneklem Büyüklüğü ( $n_i$ )	Kusurlu Sayısı ( $D_i$ )	Kusurlu Oranı ( $\hat{p}_i$ )	ÜKL	AKL	$Z_i$
1	3193	10	0,003	0,0100	0,0019	-2,20
2	1282	9	0,007	0,0120	0,0005	0,46
3	1057	22	0,021	0,0130	- 0,0011	6,31
4	1451	20	0,014	0,0120	0,0001	3,95
5	2826	16	0,006	0,0100	0,0016	0
6	5477	17	0,003	0,0091	0,0029	-2,87
7	5420	30	0,006	0,0092	0,0029	0
8	5217	26	0,005	0,0092	0,0028	-0,94
9	2579	20	0,008	0,0100	0,0014	1,32
10	2329	28	0,012	0,0110	0,0012	3,75
11	2240	13	0,006	0,0109	0,0011	0
12	1193	15	0,013	0,0127	- 0,0007	3,13
13	3418	13	0,004	0,0099	0,0020	-1,51
14	8137	41	0,005	0,0085	0,0035	-1,17
15	3681	23	0,006	0,0098	0,0022	0
16	2209	21	0,010	0,0110	0,0011	2,43
17	2709	28	0,010	0,0105	0,0015	2,70
18	3911	15	0,004	0,0097	0,0023	-1,62
19	2098	13	0,006	0,0110	0,0009	0
20	4265	23	0,005	0,0095	0,0020	-0,88
21	2218	14	0,006	0,0109	0,0010	0
22	957	7	0,007	0,0135	- 0,0015	0,40
23	2396	21	0,009	0,0107	0,0013	1,90
24	2659	18	0,007	0,0105	0,0015	0,67
<b>Toplam</b>	<b>72922</b>	<b>463</b>				

İkinci yaklaşıma göre, ortalama örneklem büyüklüğü kullanılarak yaklaşık kontrol limitleri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^{24} n_i}{24} = \frac{72922}{24} = 3038 \quad (17)$$

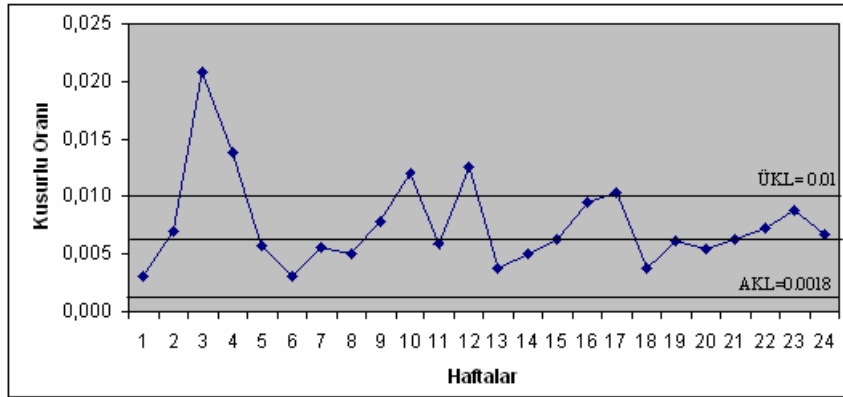
$$\dot{ÜKL} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} = 0.006 + 3\sqrt{\frac{(0.006)(0.994)}{3038}} = 0.010 \quad (18)$$

$$AKL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} = 0.006 - 3\sqrt{\frac{(0.006)(0.994)}{3038}} = 0.0018 \quad (19)$$



Şekil 3. Her Örneklem için Ayrı Kontrol Limitlerinin Belirlendiği Kontrol Şeması

İkinci yaklaşıma göre oluşturulan kontrol şeması Şekil 4'de görülmektedir. Tekstil işletmesinden alınan verilere göre örneklem büyüklüğü  $n_i$ , ortalama örneklem büyüklüğü  $\bar{n}$ 'den %25'den fazla farklılaşmaktadır. Bu durumda, p kontrol şemasının oluşturulmasında ikinci yaklaşımın kullanılması önerilmez. Çünkü bu durumda, gerçekte kontrolde olan noktalar kontrol dışı, kontrol dışı olan noktalar ise kontrolde gözükülebilmektedir. Başka deyişle birinci tip hata ile ikinci tip hatanın oluşma olasılığı artacaktır. 16. ve 17. örneklem gerçekte kontroldeyken, ikinci yaklaşım ile oluşturulan kontrol şemasında üst kontrol sınırında yer almaktadırlar. Bu da ikinci yaklaşımla oluşturulan kontrol şemalarının zayıf yönüdür.

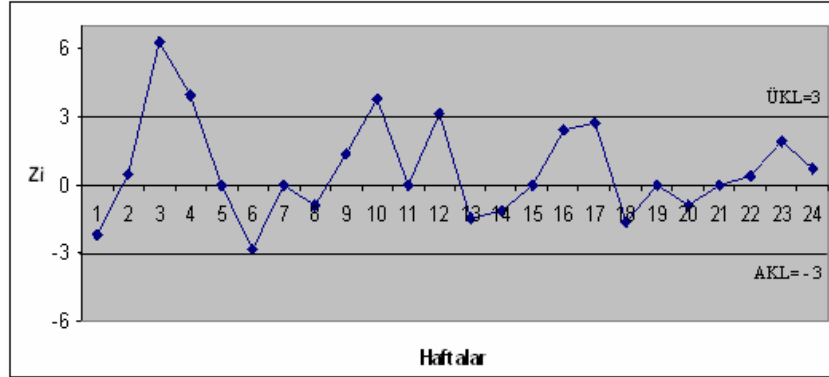


Şekil 4. Ortalama Örneklem Büyüklüğü ile Oluşturulmuş Kontrol Şeması

Üçüncü yaklaşıma göre standartlaştırılmış kontrol şemasını oluşturabilmek için tekstil işletmesinden alınan veriler ile  $Z_i$  değerleri, eşitlik (13) kullanılarak her bir örneklem için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Birinci hafta için  $Z_i$  değerinin hesaplanması şu şekilde olacaktır:

$$Z_1 = \frac{0.003 - 0.006}{\sqrt{\frac{0.006(0.994)}{3193}}} = -2.20 \quad (20)$$

Diğer haftalar için  $Z_i$  değerlerinin hesaplaması da aynı şekilde yapılacağı için burada sadece ilk hafta için yapılan hesaplama gösterilmiştir. Diğer haftalara ilişkin  $Z_i$  değerleri Tablo 1'de yer almaktadır. Standartlaştırılmış kontrol şemasında orta çizgi 0'a eşit iken üst kontrol limiti 3'e, alt kontrol limiti ise -3'e eşit olacaktır. Bu yaklaşıma göre oluşturulmuş kontrol şeması Şekil 5'de görülmektedir. Standartlaştırılmış kontrol şemasında gerçek kusurlu oranları yerine onların standartlaştırılmış değerleri yer almaktadır. Bu da şemayı yorumlayan personel açısından bir dezavantajdır.



Şekil 5. Standartlaştırılmış Kontrol Şeması

Tekstil işletmesi için p kontrol şemaları üç yaklaşıma göre oluşturulduktan sonra, 3., 4., 10. ve 12. haftalarda kusurlu oranları üst kontrol limitinin üzerinde olduğu için üretimin kontrol dışı, diğer haftalarda ise kontrolde olduğu söylenebilir. Bu haftalarda üretimin kontrol dışı olmasının nedenleri araştırılarak, üretim işleminin kontrol altına alınması için düzeltici tedbirler alınmalıdır.

#### 4. SONUÇ

Kontrol şemaları, süreç geliştirme için önemli bir araçtır. Süreçler, kendiliğinden kontrol altına alınamaz, bu yüzden kontrol şemalarının kullanımı, belirlenebilir sebepleri yok etmek, süreç değişkenliğini azaltmak, süreç performansını

sabitleştirilebilmek için işletmeler tarafından önceden alınması gereken önemli bir adımdır. Kalite ve üretkenliği geliştirmek için yargılarla değil, gerçek verilerle yönetime başlanmalıdır. Kontrol şemaları, yönetim yaklaşımında bu değişikliğin önemli bir parçasıdır (Ertuğrul, 2004).

Bu çalışmada, tekstil işletmesinden alınan 24 haftalık veriler ile üç yaklaşıma göre p kontrol şemaları oluşturularak üretimin kontrol altında olup olmadığı incelenmiştir. p kontrol şemalarının oluşturulmasında izlenebilecek ilk yaklaşıma göre, her örneklem için ayrı alt ve üst kontrol limitleri oluşturulmuştur. Bu yaklaşım güvenilir sonuçlar vermesine rağmen, kontrol şemasını inceleyen personel yorumlamakta zorlanabilmektedir. İkinci yaklaşım ile oluşturulan kontrol şemalarının zayıf yönü, gerçekte kontrolde olan noktalar kontrol dışı, kontrol dışı olan noktalar ise kontrolde gözükme potansiyelidir. Standartlaştırılmış kontrol şemalarının zayıf yönü ise gerçek kusurlu oranlarını göstermemesidir.

Bu çalışma sonucunda işletme, p kontrol grafiği yardımıyla üretim süreçlerinin kontrol altında olup olmadığını göreyerek, üretimin kontrol dışı olduğu haftalardaki hataların nedenlerini araştırmış ve hedeflediği ürün kalitesine ulaşmak için yapılması gereken düzenlemelerin neler olması gerektiğini görmüştür. Ancak kaliteyi sürekli kılmak için kontrollerin devamlılığının sağlanması gerekir. Bu devamlılığın sağlanması için periyodik olarak üretim süreçleri gözden geçirilmeli ve hataların oluşması önlenmelidir. Uzun vadede hataların azalmasıyla işletmenin maliyetleri azalacak ve istenilen ürün kalitesine ulaşılabilir olacaktır.

Gelecek çalışmalarda üretimdeki hata nedenlerini tespit etmeye yönelik kalite kontrol teknikleri kullanılarak, işletmeye yol gösterilebilir.

## **5. KAYNAKÇA**

Akın, B. ve Öztürk, E., (2005), “İstatistik Proses Kontrol Tekniklerinin Bilgisayar Ortamında Uygulanması”, VII. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, <http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o7s1.pdf> [20.11.2006]

Anderson, S.W. (1993), “Statistics for Business and Economics”, West Publishing Company, New York.

Bai, D.S. and Lee, K.T., (1998) “An Economic Design of Variable Sampling Interval  $\bar{X}$  Control Charts”, International Journal of Production Economics, 54, 57-64.

Barutçugil, İ. S., (1988), “Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri”, Bursa, Uludağ Üniversitesi Yayınları.

Baskan, Ş., (1997), “İstatistiksel Kalite Kontrolü”, İzmir, Ege Üniversitesi Basımevi.

Başar, A. ve Oktay, E., (1999), “Uygulamalı İstatistik”, İstanbul, Aktif Yayınevi.

Berenson, M.L. and Levine, D.M., (1999), “Basic Business Statistics Concepts and Applications”, New Jersey, Prentice Hall.

Bircan, H. ve Gedik, H., (2003), “Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme”, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 4, 2, 69-79.

Carot, V., Jabaloyes, J. M. and Carot, T., (2002), “Combined Double Sampling and Variable Sampling Interval  $\bar{X}$  Chart” International Journal of Production Research, 40, 9, 2175-2186.

Chih, W.H. and Rollier, D.A., (1995), “A Methodology of Pattern Recognition Schemes for Two Variable in SPC”, International Journal of Quality and Reliability Management, 12, 3, 86-107.

Demir, H. ve Gümüšoğlu, Ş., (2003), “Üretim Yönetimi”, İstanbul, Beta Basım Yayın Dağıtım.

Ertuğrul, İ., (2004), “Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri”, Bursa, Ekin Kitabevi.

Grael A. and Ludwig L.A. and Klene, G., (1997), “Comparison of Different Intelligent Methods for Process and Quality Monitoring”, International Journal of Approximate Reasoning, 16, 89-117.

Gümüšoğlu, Ş. (2000), “İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları”, İstanbul, Beta Basım Yayın Dağıtım.

Halis, M., (2004), “Toplam Kalite Yönetimi”, Roma Yayınları, Ankara.

Kahraman C., Tolga, E. ve Ulukan, Z., (1995), “Using Triangular Fuzzy Numbers in the Test of Control Charts for Unnatural Patterns”, IEEE., 291-298.

Lin Y.C. and Chou C.Y., (2005), “Robustness of the Variable Sample Size and Control Limit  $\bar{X}$  Chart to Non Normality”, Communications in Statistics - Theory and Methods, 34, 721-743.

Lin, Y.C. and Chou, C.Y., (2005), “On the Design of Variable Sample Size and Sampling Intervals  $\bar{X}$  Charts under Non-Normality”, International Journal of Production Economics, 96, 249–261.

Luo, H. and Wu, Z., (2002), "Optimal np Control Charts with Variable Sample Sizes or Variable Sampling Intervals", *Economic Quality Control*, 17, 1, 39-61.

Montgomery, D. C., (1990), "Introduction to Statistical Quality Control", Canada, J. Wiley and Sons Inc. k

Özilgen, M., (1998), "Construction of Quality Control Charts with Sub-Optimal Size Samples", *Food Control*, 9, 1, 57-60.

Reynolds, M.R. and Arnold, J.C., (2001), "EWMA Control Charts with Variable Sample Sizes and Variable Sampling Intervals", *IIE Transactions*, 33, 511-530.

Rowlands, H. and Wang, L.R., (2000), "An Approach of Fuzzy Logic Evaluation and Control in SPC", *Quality and Reliability Engineering International*, 16, 91-98.

Stevenson, W., (1993), "Production / Operations Management", USA, Irwin Inc.

Top, A., (2001), "Üretim Sistemleri, Analizi, Planlama ve Kontrolü", İstanbul, Alfa Yayınları.

Wang, J.H., and Raz, T., (1990), "On the Construction of Control Charts Using Linguistic Variables", *International of Production Research*, 28, 3, 477-487.

Yatkın, A., (2003), "Toplam Kalite Yönetimi", Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.