

# Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

## NİTELİKSEL ÖLÇÜLER İÇİN KONTROL GRAFİKLERİ

*Prof. Dr. Ezgi A. DEMİRTAŞ*

- Bir ham bez rulosu renkli baskıya gönderilmeden önce, yapılan muayene sonucu sağlam/kusurlu olarak ayrılabilir.
- Otomobil üreticisi bir işletmede bir görevli, gelen civataları geçer-geçmez mastarlarla kontrol ederek spesifikasyonları sağlayanlar/sağlamayanlar olarak ayırabilir.
- Ürettiği ürünlerde elektrik sigortası kullanılan bir işletmede kontrol sırasında sigortalar sağlam/bozuk olarak ayrılabilir. Ürünün üretildiği süreç için belirlenen bir karakteristik sayısal olarak ifade edilemediği
- durumlarda bir tür sınıflandırılır.
- **Benzer örnekleri çoğaltılabilecek birçok kalite karakteristiği niteliksel ölçülerle tanımlanabilir. Niceliksel ölçüler için geliştirilen kontrol grafikleri, söz edilen türdeki süreç karakteristiklerine uygulanamazlar.**

# NİTELİKSEL ÖLÇÜLER İÇİN KONTROL GRAFİKLERİ

- İlgilenilen süreçte oluşan kusurlu ürün sayısı, kusurlu ürün oranı, kusur sayısı ve bir birime düşen kusur sayısını izlemek üzere geliştirilen kontrol grafikleridir.

# Türleri :

- **p-kontrol grafiği** : Kusurlu oranı kontrol grafiği,
- **np-kontrol grafiği** : Kusurlu sayısı kontrol grafiği,
- **c-kontrol grafiği** : Kusur sayısı kontrol grafiği
- **u-kontrol grafiği** : Bir birime düşen kusur sayısı kontrol grafiği

# 1. KUSURLU ORANI KONTROL GRAFİĞİ

*(p – Kontrol Grafiği)*

- $p'$  : sürecin ortalama kusurlu oranı
- $n$  : örnek büyüklüğü
- $X$  : örnekteki kusurlu birim sayısı
- $p = X/n$  : örnek kusurlu oranı

- $X \sim B(x; n, p')$

$$p(x) = \begin{cases} C_n^x (p')^x (1 - p')^{n-x} & ; x = 0, 1, 2, \dots, n \\ 0 & ; d.d. \end{cases}$$

$$\mu_x = np'$$

$$\sigma_x^2 = np'(1 - p')$$

$$\mu_p = p'$$

$$\sigma_p^2 = \frac{p'(1 - p')}{n}$$

# Kontrol grafiğinin oluşturulması

- $p_i$  :  $i$ -inci örneğin kusurlu oranı,  $i = 1, 2, \dots, m$

$$p_i = \frac{X_i}{n}$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{nm}$$

# $p'$ süreç parametresi

a) Biliniyor

$$\ddot{ÜKS}_p = p' + 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$$

$$OÇ_p = p'$$

$$AKS_p = p' - 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$$

b) Bilinmiyor

$$\ddot{ÜKS}_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$OÇ_p = \bar{p}$$

$$AKS_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$



# Niteliksel Kontrol Grafiklerinde Örnek Büyüklüğü

Tek seferde alınacak örnek sayısının en az 50-100 arasında olması uygundur.

Örneğin rassal olarak 50'şer birimlik 15 örnek alındığında; toplam örnek sayısı  $(n^*)=750$  olur.

$$n=50 \quad m=15 \quad n^*=50 \times 15 = 750$$

Tek seferde alınacak örnek büyüklüğünü (n) belirlemek için kullanılan yaklaşımlar izleyen slaytlarda verilmiştir.

# Örnek Büyüklüğünün Belirlenmesi (n ne olmalıdır?)

a) Alınacak örneğin en az 1 kusurlu birim içermesi olasılığının kullanılması

$$P(X \geq 1) = \alpha \longrightarrow P(X < 1) = P(X = 0) = 1 - \alpha$$

Poisson dağılımı olasılık tablosundan  $1 - \alpha$  değerine karşı gelen  $\lambda$  parametresi belirlenir.

Binom-Poisson dağılımları arasındaki  $\lambda = np$  ilişkisinden verilen  $p$  için  $n$  bulunur.

b) İstenilen bir kusurlu  $p^*$  oranının yakalanması olasılığı yaklaşık %50 olacak biçimde örnek büyüklüğünün belirlenmesi :

$$p^* = p' + 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$$

$$d = p^* - p'$$

$$d = 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$$



$$n = \left(\frac{3}{d}\right)^2 p'(1-p')$$

c) Pozitif  $AKS_p$  olacak biçimde örnek büyüklüğünün belirlenmesi :

$$AKS_p = p' - 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}} > 0$$



$$n > \frac{9 \cdot (1 - p')}{p'}$$

# Örnek

(BURNAK ve DEMİRTAŞ, 2019:TKY’de İstatistiksel Süreç Kontrolü, ESOGÜ Yayınları)

**Örnek 7.1:** Kömür sobası ve yardımcı ürünlerini üreten bir işletmede, sobanın altına konan 800x1100x1,5 mm boyutlarına sahip tabla, saç levhalardan preslenerek üretilmektedir. Süreçten eşit zaman aralıklarında 100 tabla alınarak pres hataları kontrol edilmektedir. Son 12 örnekteki hatalı tabla sayıları ve bağlı olarak hatalı oranları Tablo 7.1'de verilmiştir. Sürecin kontrol altında olup olmadığını belirleyiniz.

**Tablo 7.1** Hatalı tabla sayıları ve oranları

Örnek No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hatalı Sayısı	3	8	6	7	9	4	8	10	7	5	6	5
$p_i$	0,03	0,08	0,06	0,07	0,09	0,04	0,08	0,10	0,07	0,05	0,06	0,05

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m} = \frac{0,78}{12} = 0,065$$

olarak hesaplanır. p-kontrol grafiğinin kontrol sınırları,

$$\bar{ÜKS}_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,065 + 3 \sqrt{\frac{0,065(1-0,065)}{100}} = 0,13895$$

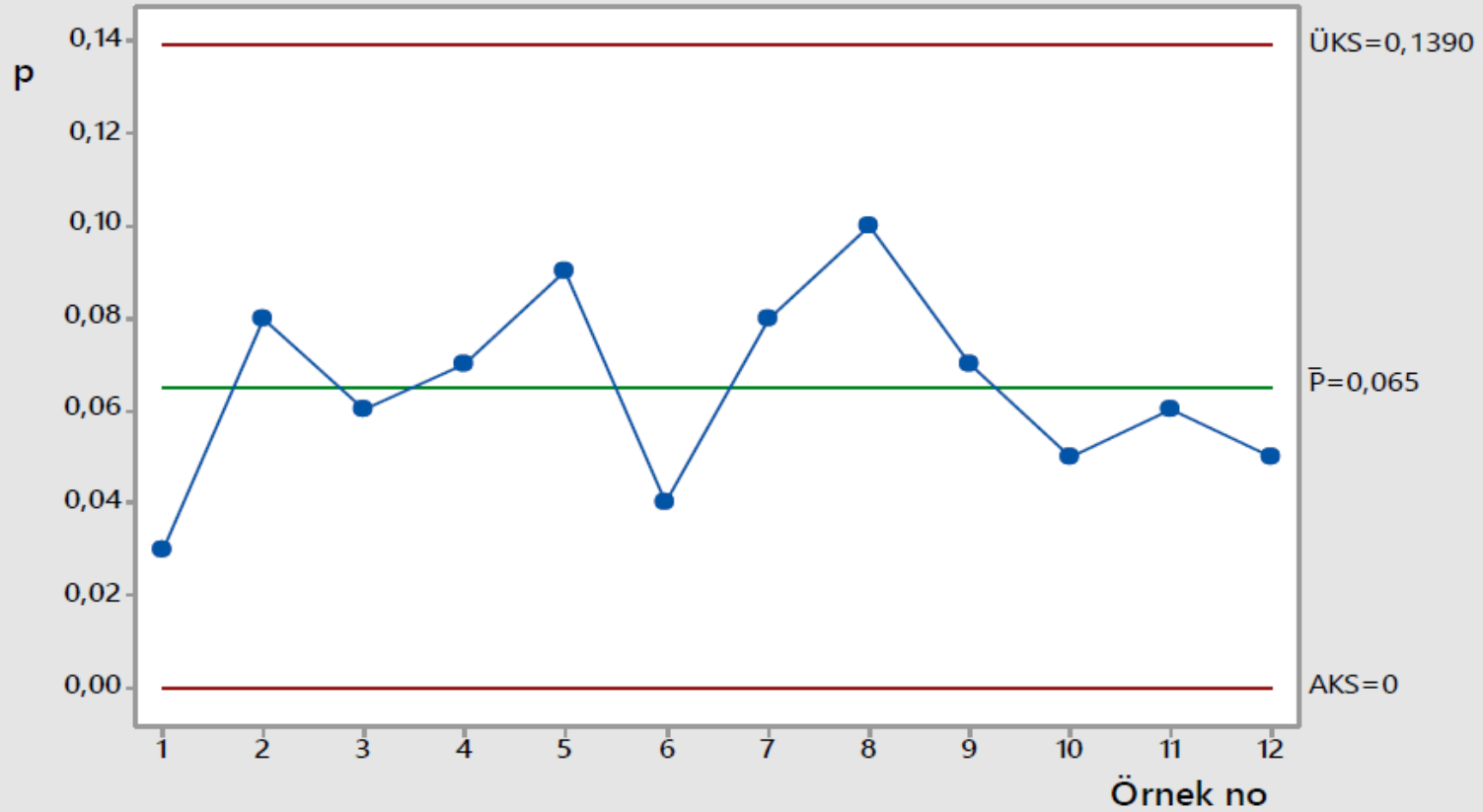
$$AKS_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,065 - 3 \sqrt{\frac{0,065(1-0,065)}{100}} = -0,00895$$

olur.  $AKS_p < 0$  olduğundan,  $AKS_p = 0$  alınır. Böylece, p-kontrol grafiği,

$$\bar{ÜKS}_p = 0,139$$

$$OÇ_p = 0,065$$

$$AKS_p = 0$$



**Kontrol grafiği incelendiğinde AKS-ÜKS dışında bir nokta görülmemekte ve özel düzenlerin varlığı dikkat çekmemektedir. Sürecin kontrol altında olduğu söylenebilir.**

**Örnek 7.2:** Yay üreticisi bir işletme ürettiği yayları, herbiri 500 adetlik kutularla müşterisine göndermektedir. Yapılan son çekme testlerinde, her kutudan rassal olarak 40 yay seçilmektedir. Test sonucu kırılan yayların kutu temelindeki oranını, müşteri isteği üzerine işletme, p-kontrol grafiği ile izlemeye başlar. Son 12 testin sonuçları Tablo 7.2'de verilmiştir. Yay üretim sürecini yorumlayınız.

**Tablo 7.2 Yay çekme testi sonuçları**

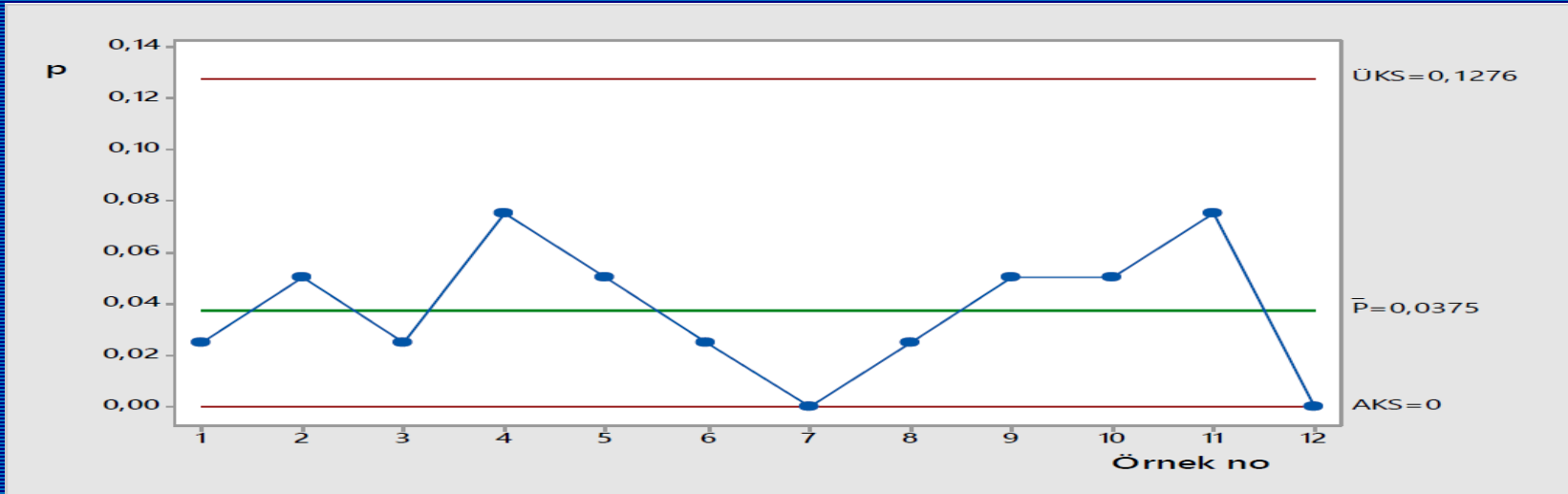
Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kırık yay	1	2	1	3	2	1	0	1	2	2	3	0
$p_i$	0,025	0,050	0,025	0,075	0,050	0,025	0	0,025	0,050	0,050	0,075	0

**BURNAK ve DEMİRTAŞ, 2019**

Gerekli işlemleri yaparak grafiği çiziniz.  
Yorumlar için bir sonraki slaytı inceleyiniz.



# Yorum:



Süreçte kararsız bir yapı görülmektedir. Her ne kadar ÜKS üzerinde ve ÜKS'ye yakın nokta bulunmasa da gözlem değerlerinin bazılarının alt sınırdan olduğu ve rassallığı bozan bir durumun olabileceği görülmektedir. Özel düzenlerin varlığı için testler yapılarak süreç yeniden incelenebilir. Alınacak örnek sayısı da önemlidir. (bkz. sonraki slayt)

Bir sürecin öngörülen ya da gerçekleşen kusurlu oranı çok küçük olduğunda, örnek büyüklüğünün seçimi ayrı bir önem kazanmaktadır. Bir önceki kusurlu yay örneğinde;

$$k = 3 \text{ ve } \bar{p} = 0,0375 \text{ olmak üzere,}$$

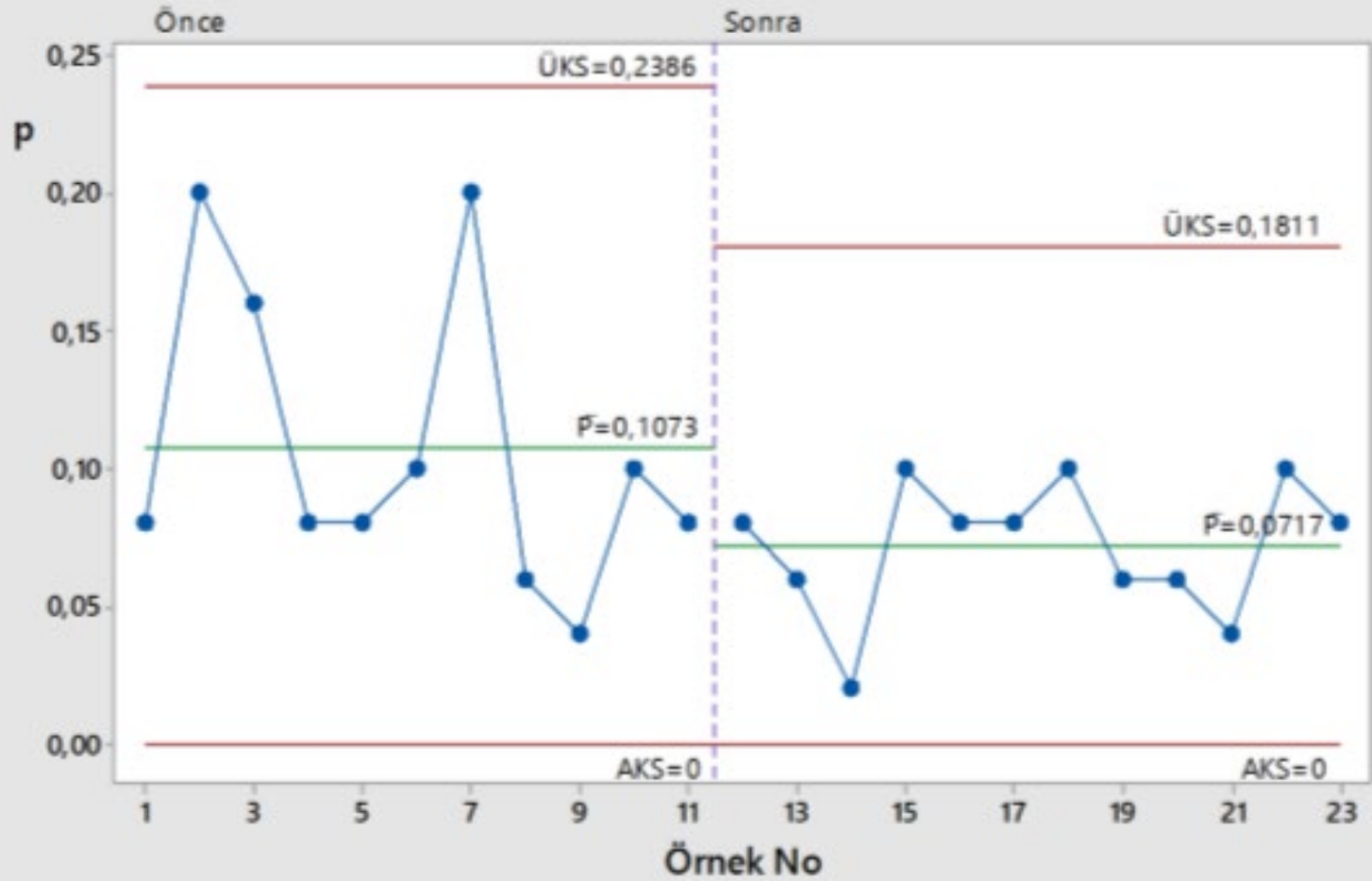
AKS pozitif olacak şekilde her bir seferde alınması gereken yay sayısı ;

$$n > \frac{(1 - 0,0375)}{0,0375} 3^2 = 231$$

olmalıdır.

**(Daha detaylı örnekler ve minitab uygulamaları için bkz. BURNAK&DEMİRTAŞ, 2019: Bölüm 9)**

# Çalışma Sorusu



# Çalışma Sorusu (devam)

Bir önceki yansındaki her örnek 50 birimden oluşmaktadır. Süreçte yapılan iyileştirme çalışmalarının anlamlı olup olmadığını %5 anlam düzeyinde test ediniz.

**İpucu:  $n^*$  değerleri kullanılacaktır!!!**

Yapılan iyileştirmenin anlamlı olup olmadığını test etmek için oranlar farkı hipotez testini kullanmak mümkündür.

$p_1'$  : İyileştirme öncesi kusurlu oranı

$p_2'$  : İyileştirme sonrası kusurlu oranı olmak üzere;

Hipotezler:

$$H_0: p_1' - p_2' = 0$$

$$H_a: p_1' - p_2' > 0$$

Test İstatistiği:

$$\hat{p} = \frac{n_1' \cdot \bar{p}_1 + n_2' \cdot \bar{p}_2}{n_1 + n_2}$$

olmak üzere,

$$Z = \frac{(\bar{p}_1 - \bar{p}_2) - (p_1' - p_2')}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \sim N(0,1)$$

Anlam Düzeyi  $\alpha=0,05$

Hipotezin tek/çift yönlü olma durumuna göre karar kuralı oluşturulup, sonuç yorumlanmalıdır.

$Z > z_\alpha$  ise  $H_0$  RED (%5 anlam düzeyinde yapılan iyileştirmenin kusurlu oranını azalttığı söylenebilir.)

# Örnek Büyüklüğü Değişken

- Değişik nedenlerle örnek büyüklüğünde değişimler olabilir.
- Oluşturulacak p-kontrol grafiğine söz edilen bu durum yansıtılır.
- Kontrol sınırları her bir  $n_i$  dikkate alınarak belirlenir.

# Kontrol grafiğinin oluşturulması

- $n_i$  : i-inci örneğin örnek büyüklüğü,  $i = 1, 2, \dots, m$
- $p_i$  : i-inci örneğin kusurlu oranı,

$$p_i = \frac{X_i}{n_i}$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

## a) Değişken kontrol sınırları

$$\text{ÜKS}_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}$$

$$\text{OC}_p = \bar{p}$$

$$\text{AKS}_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}$$

## b) $\bar{n}$ Değerini kullanmak

$\bar{n}$  kullanılarak kontrol sınırları oluşturulur.

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{m}$$

- $OC_p = \bar{p}$  aynı kalır.



## c) Standartlaştırılmış p-Kontrol Grafiği

- Her bir örneğin kusurlu oranı  $p_i$  için,

$$z_i = \frac{p_i - p'}{\sqrt{\frac{p'(1 - p')}{n_i}}}$$

dönüşümü ile standartlaştırılmış  $z_i$  değerleri elde edilir.

- Grafiğin kontrol sınırları, Standart Normal dağılımdan,  $Z \sim N(0;1)$ ,
- $\bar{ÜKS}_Z = 3$
- $OÇ_Z = 0$
- $AKS_Z = -3$

olur.

# Burnak & Demirtaş, 2019

**Örnek 7.4:** Bir motorda kullanılacak V-kayışlarının iç çapları, üretimden eşit zaman aralıklarında %1 oranında örnek alınarak geçer-geçmez mastarıyla kontrol edilmektedir. Üretimdeki aksamalar nedeniyle, her bir aralıkta aynı sayıda kayış üretilmemektedir. Son 15 örnekleme sonuçları Tablo 7.4'te verilmiştir. Sürecin kontrol altında olup olmadığını belirleyiniz.

Örnek No	Örnek Büyüklüğü	Kusurlu Sayısı	Kusurlu oranı	$\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n_i}$	AKSp	ÜKSp
1	120	8	0,067	0,0235	0,0005	0,142
2	115	4	0,035	0,0240	0,0	0,143
3	86	5	0,058	0,0277	0,0	0,154
4	98	8	0,082	0,0259	0,0	0,149
5	85	4	0,047	0,0279	0,0	0,155
6	105	10	0,095	0,0251	0,0	0,146
7	90	9	0,100	0,0271	0,0	0,152
8	85	6	0,071	0,0279	0,0	0,155
9	100	7	0,070	0,0257	0,0	0,148
10	102	5	0,049	0,0254	0,0	0,147
11	115	5	0,044	0,0240	0,0	0,143
12	95	8	0,084	0,0264	0,0	0,150
13	87	7	0,081	0,0275	0,0	0,154
14	96	9	0,094	0,0262	0,0	0,150
15	105	10	0,095	0,0251	0,0	0,146

$$\bar{p} = \frac{\sum d_i}{\sum n_i} = \frac{105}{1484} = 0,071$$

Tabloda yer alan değerler 1.örnek için,

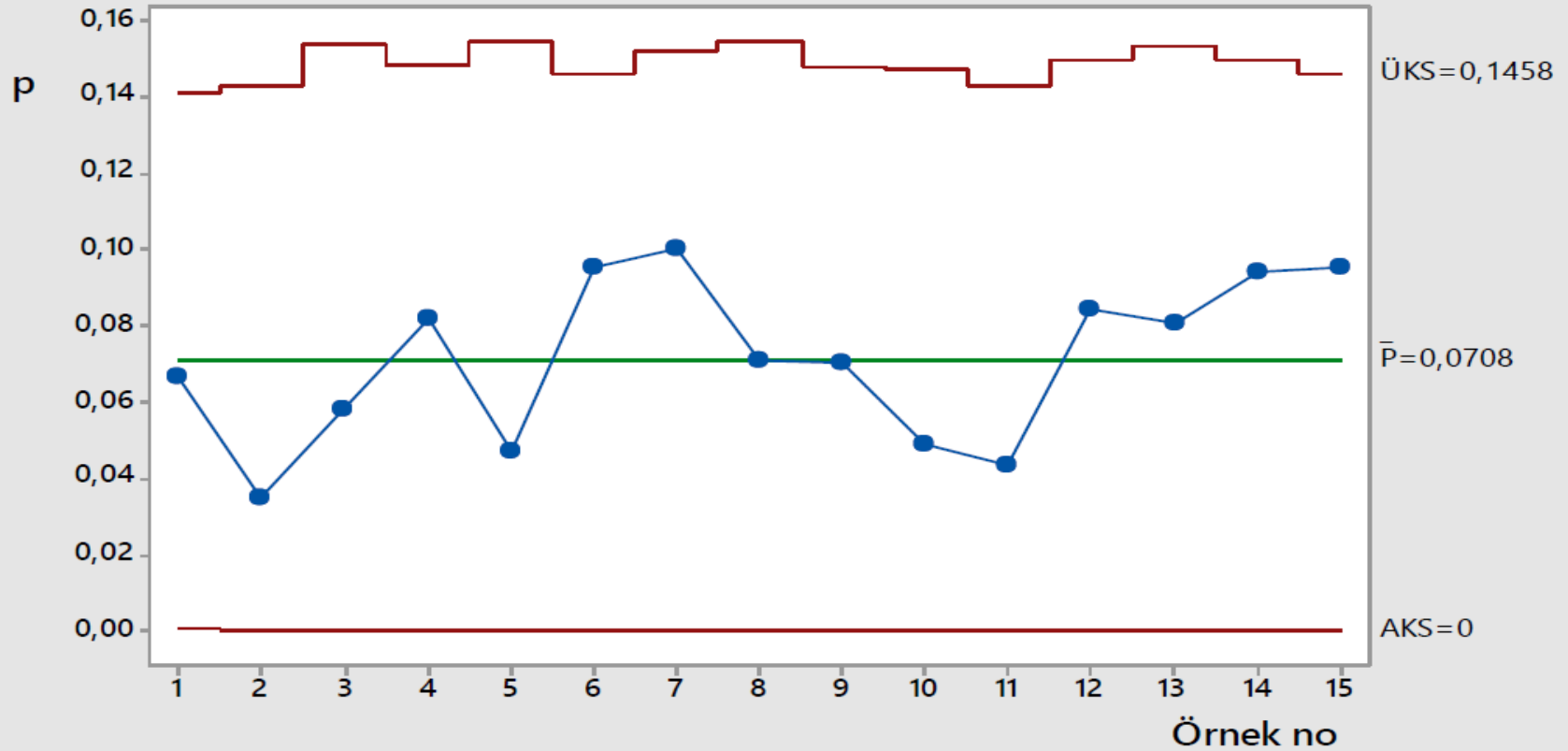
$$p_1 = 8/120 = 0,067$$

$$\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n_1} = \sqrt{0,071(1-0,071)/120} = 0,0235$$

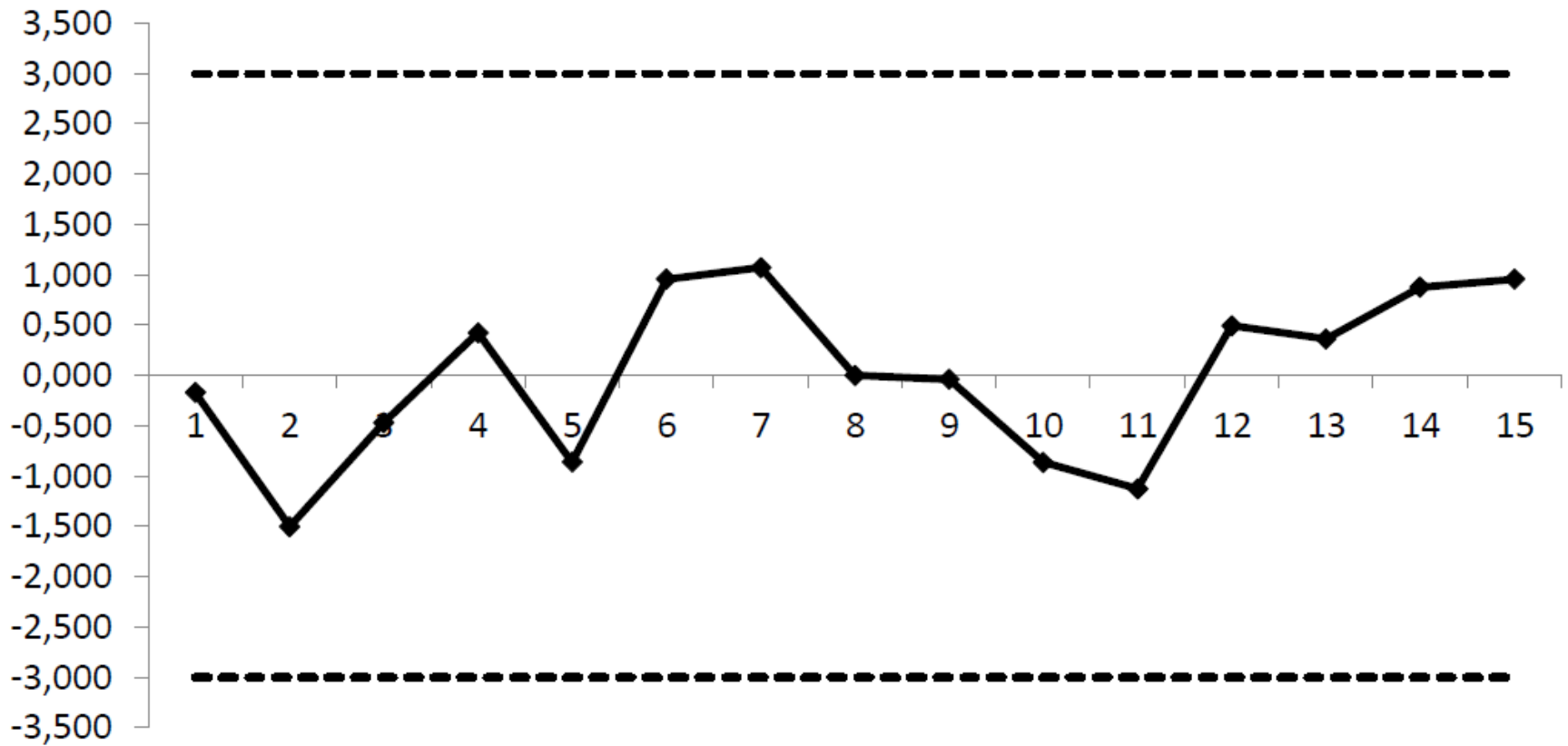
$$AKS_p = 0,071 - 3 \cdot 0,0235 = 0,0005$$

$$\ddot{U}KS_p = 0,071 + 3 \cdot 0,0235 = 0,1415$$

Tüm örnekler için kontrol sınırları benzer şekilde hesaplanacaktır.



- Sınırların değişken olduğuna dikkat ediniz.
- Eğer bu soruyu ortalama  $\bar{n}$  değerini kullanarak çözmüş olsaydık kontrol sınırları ne olurdu?
- Ortalama  $\bar{n}$  değerini kullanmak bazen dezavantaj yaratır mı?? Birinci ve ikinci tip hata yapma ihtimali artar mı???



Aynı örnek için standart z değerlerini kullanarak grafik çizebilir ve yorumlayabiliriz. Grafikteki z değerlerini hesaplayınız.

## 2. KUSURLU SAYISI KONTROL GRAFİĞİ

- ( $np$  - Kontrol Grafiği)
- Örneklerdeki birim sayıları eşit olduğunda kusurlu sayısını izlemek üzere geliştirilen bir kontrol grafiğidir. Birim sayıları eşit değilken mutlaka kusurlu oranı ( $p$ ) grafiği kullanılmalıdır.

# Kontrol grafiğinin oluşturulması

Süreç parametresi

a) Biliniyor

$$\ddot{ÜKS}_{np} = np' + 3\sqrt{np'(1-p')}$$

$$OÇ_{np} = np'$$

$$AKS_{np} = np' - 3\sqrt{np'(1-p')}$$

Süreç parametresi

b) Bilinmiyor

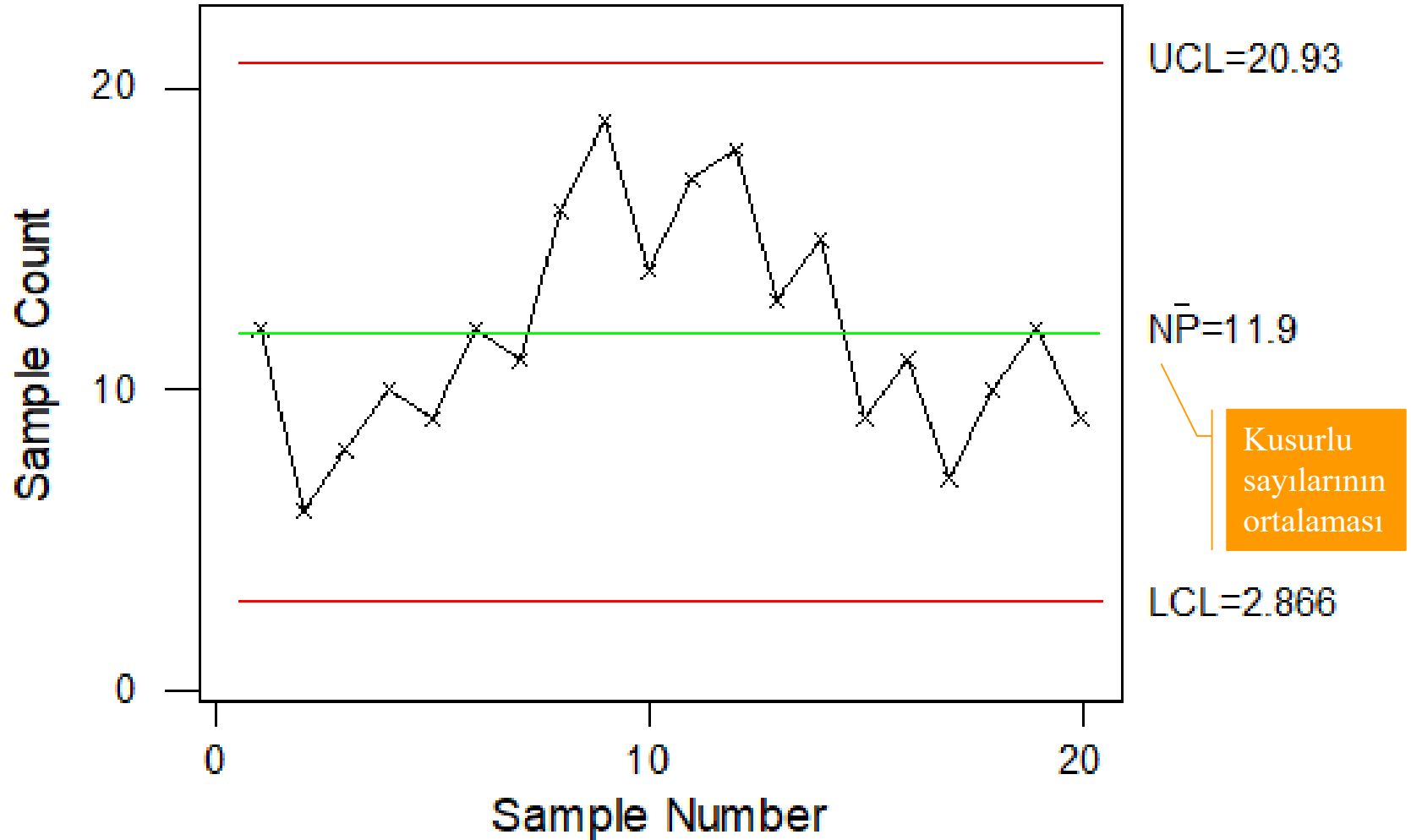
$$\ddot{ÜKS}_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$OÇ_{np} = n\bar{p}$$

$$AKS_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$



Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kusurlu S.	12	6	8	10	9	12	11	16	19	14
Örnek no	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Kusurlu S.	17	18	13	15	9	11	7	10	12	9



## YORUM:

Grafik incelendiğinde;

kontrol dışı bir durum görülmemekle birlikte uzun dönemde daha çok örnek alarak özel düzen oluşturan periyodik bir yapının var olup olmadığı araştırılabilir.

**\*Şu ana kadar tüm örneklerde süreç parametreleri tahmin edilmiştir. Bilinen bir p değeri verilmiş olsaydı bu değerin kullanılacağı unutulmamalıdır.**

**(Daha detaylı örnekler ve minitab uygulamaları için bkz. BURNAK&DEMİRTAŞ, 2019)**

**ÖDEV: 13 no'lu slayttaki örnek için np kontrol grafiğini oluşturarak süreci yorumlayınız.**

### 3. KUSUR SAYISI KONTROL GRAFİĞİ

- Ürünlerdeki kusur sayılarını izlemek amacıyla geliştirilen kontrol grafiğidir.
- $c'$  : Üründe beklenen kusur sayısı
- $c_i$  :  $i$ -inci örnekte belirlenen kusur sayısı
- $n$  : örnek büyüklüğü, sabit

# Grafiğin oluşturulması

- $c_i \sim \text{Poisson}(c')$

$$p(c) = \begin{cases} \frac{e^{-c'} (c')^c}{c!} ; c = 0, 1, 2, \dots \\ 0 ; d.d. \end{cases}$$

$$\mu = c'$$

$$\sigma^2 = c'$$

# Süreç parametresi

a) Biliniyor

$$\ddot{U}KS_c = c' + 3\sqrt{c'}$$

$$O\zeta_c = c'$$

$$AKS_c = c' - 3\sqrt{c'}$$

b) Bilinmiyor

$$\ddot{U}KS_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$O\zeta_c = \bar{c}$$

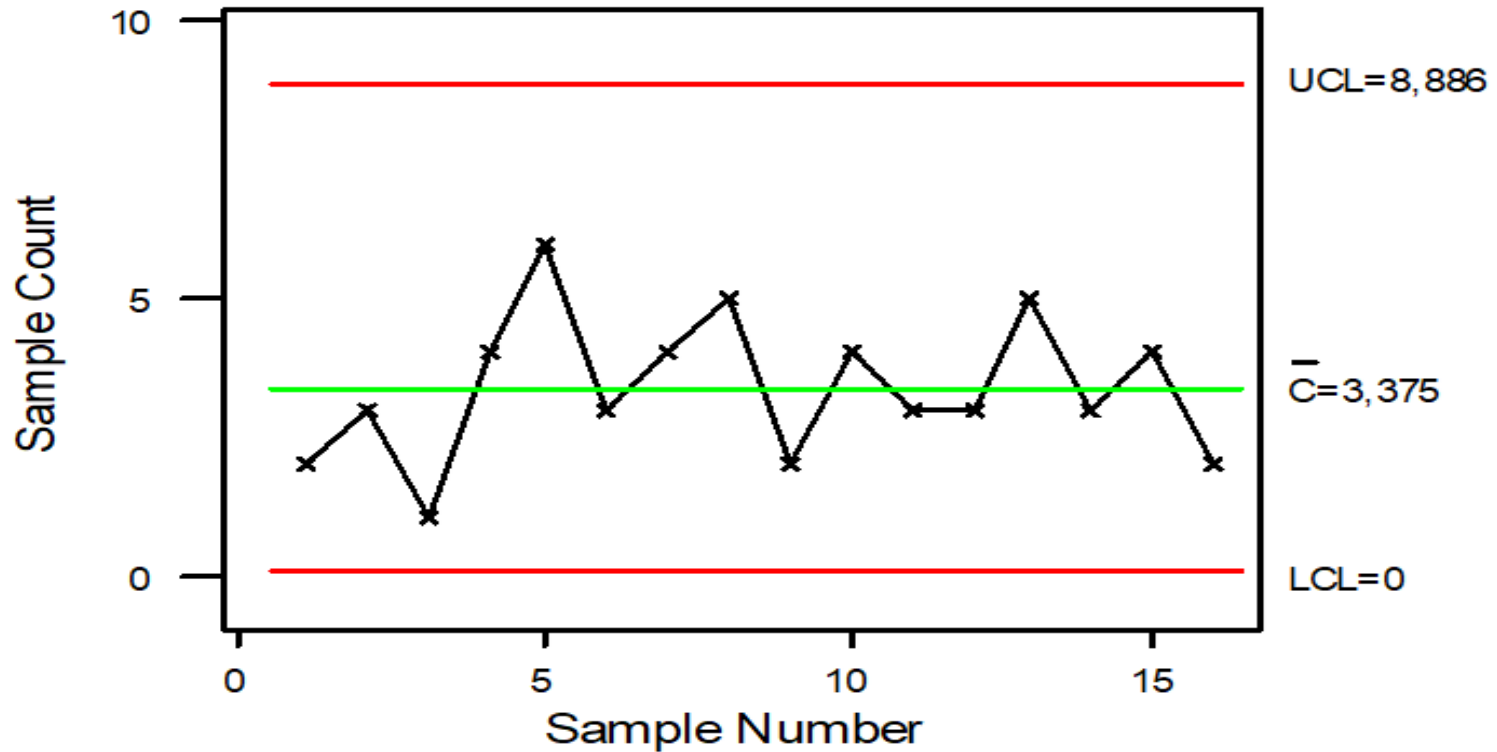
$$AKS_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

# Örnek:

Yuvarlak cam masa üreten bir firmada, cam tablalar üzerlerindeki çizik, hava kabarcığı vb. yönüyle kontrol edilmektedir. Sürecin kontrol altında olup olmadığını belirlemek için 16 gün boyunca her gün düzenli aralıklarla rassal olarak 50'şer tabla alınarak tablalardaki toplam kusur sayıları izleyen tabloya kaydedilmiştir.

(Ortalama kusur sayısı bilinmiyor)

Örnek no	Kusur sayısı (c)	Örnek no	Kusur sayısı (c)
1	2	9	2
2	3	10	4
3	1	11	3
4	4	12	3
5	6	13	5
6	3	14	3
7	4	15	4
8	5	16	2





## **YORUM:**

Grafik incelendiğinde sürecin kontrol altında olduğunu söylemek mümkündür.

## **ÖDEV:**

Eğer üretimde bilinen kusur sayısı ortalaması  $c' = 2,55$  olsaydı; grafiği yeniden çizerek süreci yorumlayınız.

Ders kitabı ve yardımcı kaynaklardan diğer örnekleri ve minitab uygulamalarını inceleyiniz.

# Burnak & Demirtaş, 2019

**Örnek 7.8:** İplik büküm atelyesinde katlı büküm öncesi ipliklerde yağ lekesi ve düğüm sayısı, bobinden belirli uzunlukta iplik sağılarak belirlenmektedir. Bu amaçla rastgele alınan 4 bobinden 20 m. iplik sağılarak taşıdığı yağ lekesi ve düğümler sayılmaktadır. Bu iki kusur için belirlenen standart değer, 4 bobin için,  $c'=12$  'dir. Katlı büküme girecek bobinlerden alınan örneklerdeki kusur sayıları izleyen Tablo 7.7'de verilmiştir.

Tablo 7.7 Örneklerdeki Kusur Sayıları

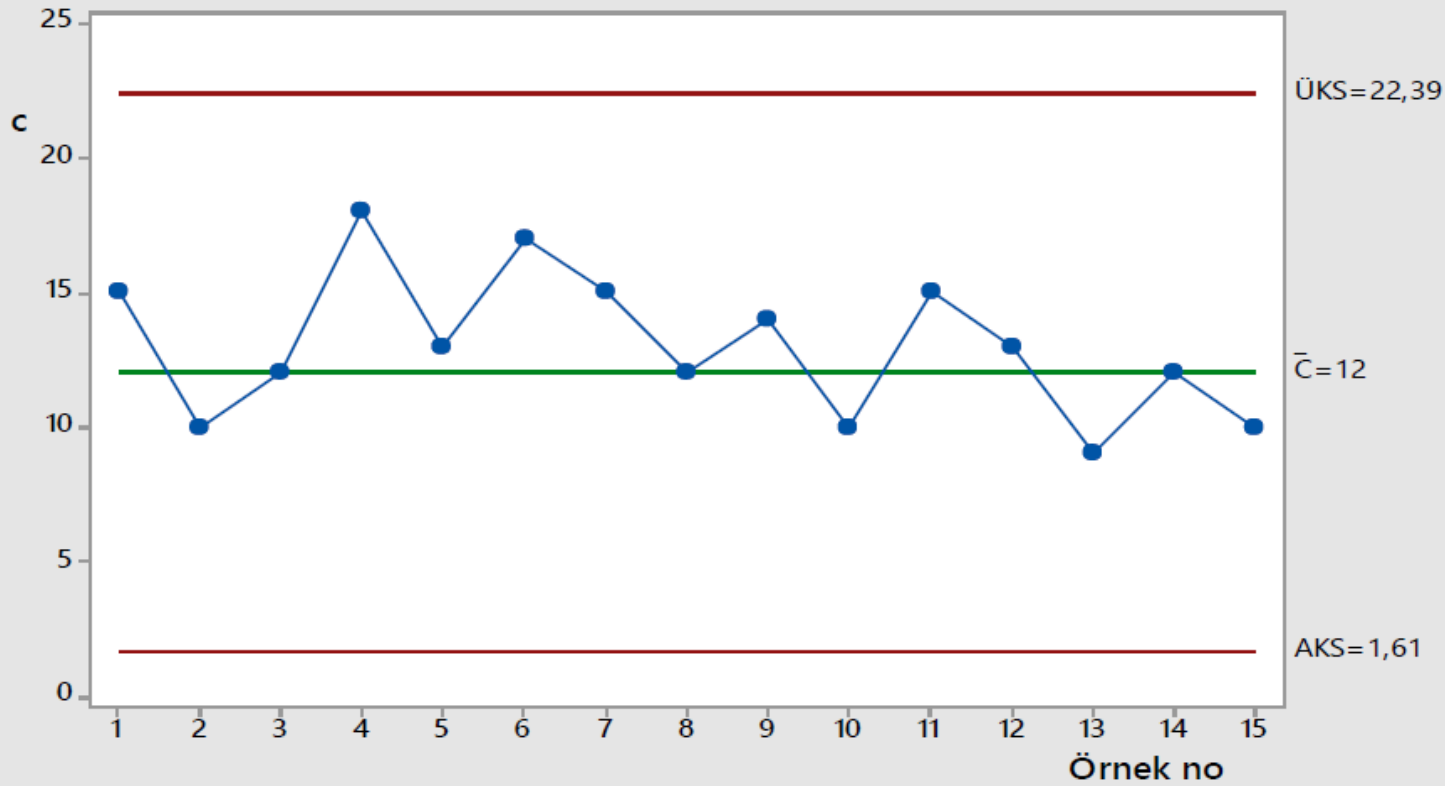
Örnek No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kusur Sayısı : c	15	10	12	18	13	17	15	12	14	10	15	13	9	12	10

Kusur sayısını kontrol etmek için c-kontrol grafiğini oluşturunuz.

$$\bar{ÜKS}_c = c' + 3\sqrt{c'} = 12 + 3\sqrt{12} = 22,4 (\approx 22)$$

$$OÇ_c = c' = 12$$

$$AKS_c = c' - 3\sqrt{c'} = 12 - 3\sqrt{12} = 1,6 (\approx 2)$$



15 örnek için gerçekleşen ortalama kusur sayısı 13 iken, istenen kusur sayısı 12'dir. Bu sebeple grafik  $c'=12$  alınarak oluşturulmuştur. Süreç kontrol altında olsa da ortalama kusur sayısını 12'ye çekmek için çalışmalar yapmak yararlı olacaktır.

## 4. BİR BİRİME DÜŞEN KUSUR SAYISI KONTROL GRAFİĞİ

- ( $u$  – *Kontrol Grafiği*)
- Kusur sayısı kontrolü amacıyla alınan örneklerde birim sayısı ya da kusurun oluşacağı alan değişiyorsa c-kontrol grafiği uygulanamaz.
- Bir birime düşen kusur sayısını izlemek üzere u-kontrol grafiği kullanılır.

- Örnek büyüklüğü  $n_i$  olan bir örnekte belirlenen kusur sayısı  $c_i$  ise, bir birime düşen ortalama kusur sayısı

$$u_i = \frac{c_i}{n_i}$$

- olarak tanımlanır.
- $u_i$  istatistiği Poisson dağılımının özelliklerini sağlar.

- $u'$  : Bir birime düşen ortalama kusur sayısı
- $n_i$  : Örnek büyüklüğü
- $u'$  bilinmiyor ise,

$$\bar{u} = \frac{\sum c_i}{\sum n_i}$$

kullanılır.

# Süreç parametresi

a) Biliniyor

$$\ddot{U}KS_u = u' + 3\sqrt{\frac{u'}{n_i}}$$

$$O\check{C}_u = u'$$

$$AKS_u = u' - 3\sqrt{\frac{u'}{n_i}}$$

b) Bilinmiyor

$$\ddot{U}KS_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$O\check{C}_u = \bar{u}$$

$$AKS_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

# ÖRNEK:

Karton kutu üreten bir firmada A tipi kutulardaki şekil bozukluğuna neden olan kusurlar sayılarak izleyen slayttaki tablo elde edilmiştir.

**$n_i$ :** incelenen kutu sayısı

**$c$ :** kusur sayısı

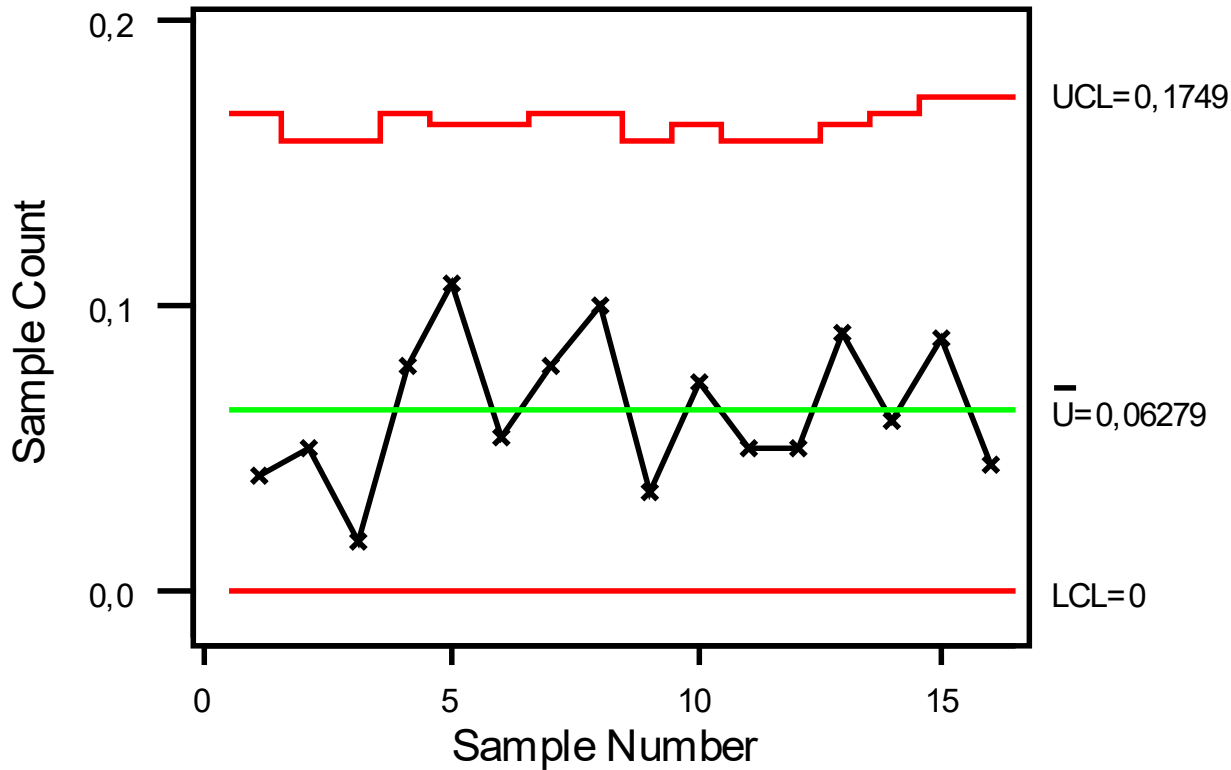
**$u_i$ :** kutu başına düşen kusur sayısı



<b>c</b>	<b>ni</b>	<b>ui</b>	<b>c</b>	<b>ni</b>	<b>ui</b>
2	50	0,04	2	60	...
3	60	0,05	4	55	
1	60	0,017	3	60	
4	50	0,08	3	60	
6	55	0,109	5	55	...
3	55	0,055	3	50	
4	50	0,08	4	45	
5	50	0,10	2	45	0,049

$$\bar{u} = \frac{\sum c_i}{\sum n_i}$$

U Chart for C1



Sürecin kontrol altında olduğu söylemek mümkündür.

**Örnek 7.9:** Belirli bir şerit sac levha için  $50 \text{ m}^2$  'lik alanda ortalama 1,2 tane ezik nokta bulunması istenmektedir. Kontrol masasında muayene edilen 12 rulo sacın alanları ve gözlenen kusur sayıları Tablo 7.9'da verilmiştir. u-kontrol grafiğini oluşturarak hedeflenen değere ulaşıp ulaşılmadığını belirleyiniz.

Rulo alanı/50

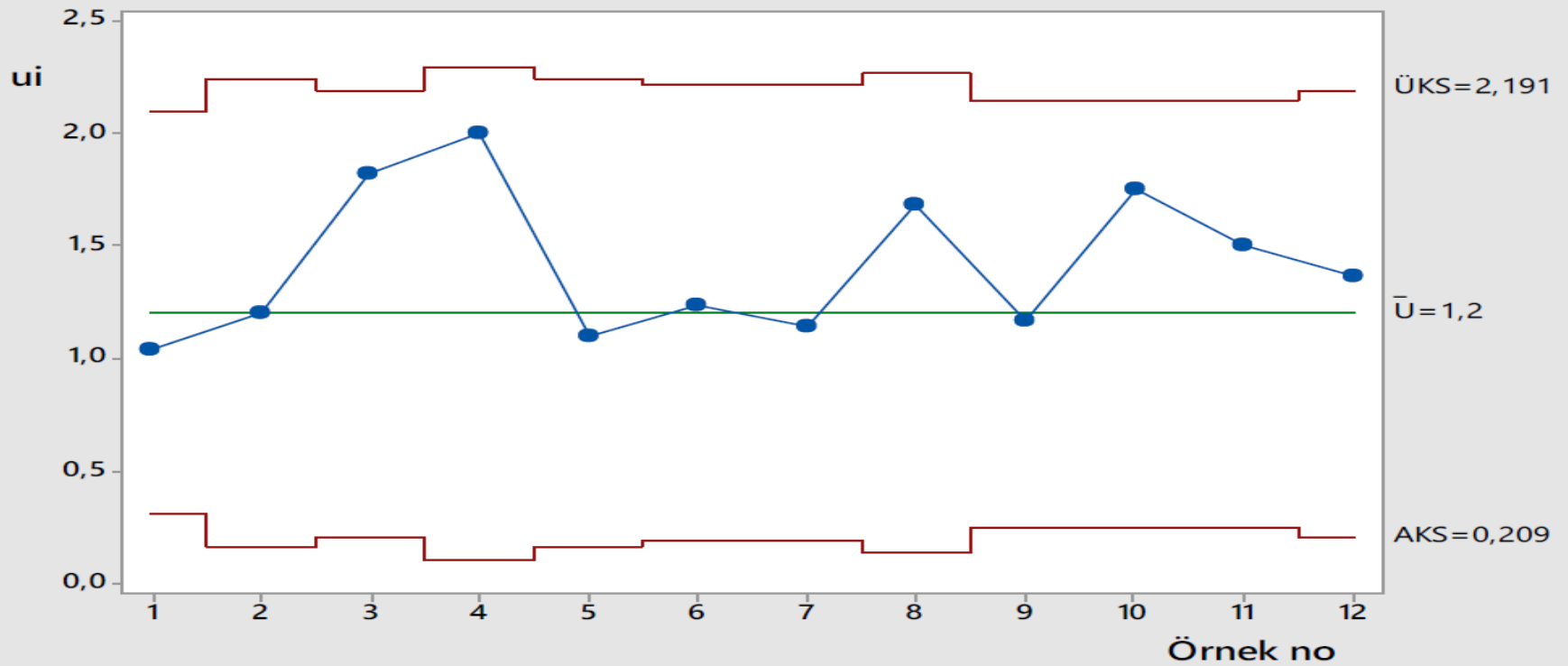
**Tablo 7.9** Sac levha için ezik nokta sayıları

Rulo No	Rulo Alanı ( $\text{m}^2$ )	Toplam Kusur Sayısı	Rulodaki Muayene Birim Sayısı, $n_i$	Birime Düşen Kusur Sayısı, $u_i$
1	675	14	13,5	1,04
2	500	12	10,0	1,20
3	550	20	11,0	1,82
4	450	18	9,0	2,00
5	500	11	10,0	1,10
6	525	13	10,5	1,24
7	525	12	10,5	1,14
8	475	16	9,5	1,68
9	600	14	12,0	1,17
10	600	21	12,0	1,75
11	600	18	12,0	1,50
12	550	15	11,0	1,36

14/13,5

**Burnak&Demirtas, 2019**

Rulo No	$n_i$	$u_i$	$\ddot{U}KS_u = u' + 3\sqrt{u'/n_i}$	$AKS_u = u' - 3\sqrt{u'/n_i}$
1	13,5	1,04	2,09	0,31
2	10,0	1,20	2,24	0,16
3	11,0	1,82	2,19	0,21
4	9,0	2,00	2,30	0,10
5	10,0	1,10	2,24	0,16
6	10,5	1,24	2,21	0,19
7	10,5	1,14	2,21	0,19
8	9,5	1,68	2,27	0,13
9	12,0	1,17	2,13	0,25
10	12,0	1,75	2,13	0,25
11	12,0	1,50	2,13	0,25
12	11,0	1,36	2,19	0,21



$$\bar{u} = \frac{\sum c_i}{\sum n_i} = \frac{184}{131} = 1,4$$

Süreç kontrol altında olmasına rağmen örnekten elde edilen ortalama  $u$  değeri 1,4'tür. Bu değer  $u'=1,2$ 'den büyük olduğundan süreç gözden geçirilebilir.