

ÖLÇÜM SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Onur ÖZVERİ (*)

Ali ŞEN (**)

ÖZET

Kalite kontrol çalışmalarında yapının istenilen özelliklerde olup olmadığını tespit edebilmek için istatistiksel Süreç Kontrolunda yapın'a ait kalite karakteristikleri, süreç içinde kontrol altında tutulmaya çalışılır. Çalışmada, yapının kendisi dışında ölçüm sisteminin de değişkenliğe sebep olabileceği bir uygulama ile konu açıklanmaya çalışılmıştır.

1. ÖLÇÜM DEĞİŞKENLİĞİ

Yapın ve parçaların istenilen özelliklerde olup olmadığının tespiti için ölçüm aletleri kullanılmaktadır. Bu nedenle, ölçüm aletlerinden elde edilen sonuçlar doğru olmadıkça yapılan kontroller hiç bir anlam taşımayacaktır. Yapın veya parçaların istenilen özellikleri sağlamasına rağmen, ölçüm aletleri gereği gibi ayarlanmadığı için yapın veya parçaların istenilen özelliklere uymadığı sonucuna varılabilir. Bu durum, kontrol çalışmalarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Ölçüm değişkenliklerinin yalnızca ölçüm sisteminden kaynaklanması durumunda firma bunu tespit edemez ise, değişkenliğin yapına bağlı olduğu sonucuna vararak değişkenliğin kaynağını üretim aşamasında arayacak, bu da gereksiz bir zaman kaybı ve ek maliyeti ortaya çıkarabilecektir. Ölçüm sistemlerinin iyi bir şekilde analizi ile sorunun yapından mı yoksa, ölçüm sisteminden mi kaynaklandığı tespit edilebilmektedir.

Yapın ve parçaların kontrolü için yapılan ölçümlerlerde kullanılan ölçüm ve deney teçhizatının görevini tam ve doğru olarak yapması kalite kontrol çalışmaları açısından oldukça önemlidir. Firma, muayene, ölçüm ve deney verilerinin temel alındığı karar ve faaliyetlerde güvenin sağlanması ve yapının belirlenen şartlara uyduğunu göstermek amacıyla; bir yapının geliştirilmesi, üretilmesi ve tesisinde kullanılan tüm ölçme, muayene ve deney teçhizatının kontrol, ayar, bakım ve muhafazasını yerine getirmelidir (Kalite Güvencesi ve Yönetimi, TSE, 1993, s.175).

Bir kalite kontrol sistemi ne kadar iyi olursa olsun, ölçüm sistemlerinden elde edilen sonuçlar doğru değilse; kontrolün etkinliği tam olarak sağlanamayabilir. Bu nedenle, ölçüm sistemi iyi analiz edilmelidir. Gerek ölçüm aletleri, gerekse bu aletleri kullanan operatörler kapsam altına alınarak incelenmelidirler. Çünkü, kalite kontrol sisteminin can alıcı noktalarından birisi ölçüm sistemidir. Ölçüm sonuçları ne kadar doğru ve hashas olursa, kalite kontrol çalışmalarında o kadar anlamlı olacaktır.

(*) Arş.Gör., D.E.Ü., İ.İ.B.F.İşletme Bölümü

(**) Doç.Dr., D.E.Ü., İ.İ.B.F.Ekonometri Bölümü

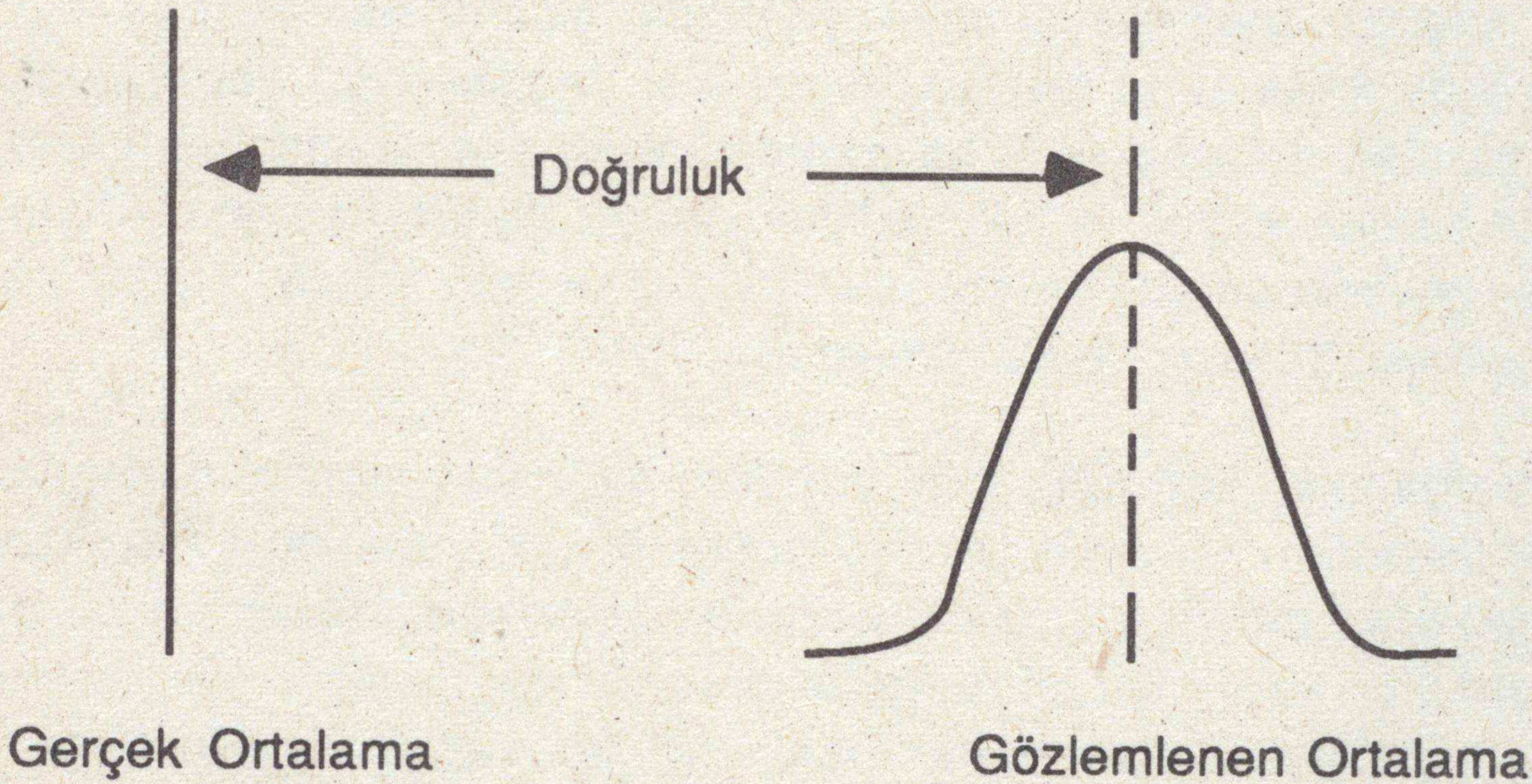
1.1. ÖLÇÜM DOĞRULUĞU

Gerçek ortalama ile ölçülen ortalama arasındaki fark "Ölçüm Doğruluğu" dur. Diğer bir ifade ile, ölçülen parçanın gerçek ortalaması ile ölçüm dağılımının ortalaması arasındaki farktır. Gerçek ortalama çok hassas ölçümlerle elde edilir (GM, 1989, s: 2-2).

Ölçüm doğruluğunu belirleyebilmek için alınan örnek parçalar doğru olarak ölçümlenmelidir. Bu, muayene ekipmanının yerleşimi, konumu veya kullanıcıya bağlıdır. Ölçüm doğruluğunun normalden fazla olmasının sebepleri şunlar olabilir.

- * Ölçüm aletinin yanlış kullanımı,
- * Ölçüm aletinin aşınması,
- * Ölçüm aletinin yanlış ayarlanması,
- * Operatörün, ölçüm aletini yanlış kullanması.

Şekil 1: Ölçüm Doğruluğu



Kaynak: GM, 1989, s: 3-1.

1.2. ÖLÇÜMÜN YİNELENEBİLİRLİĞİ

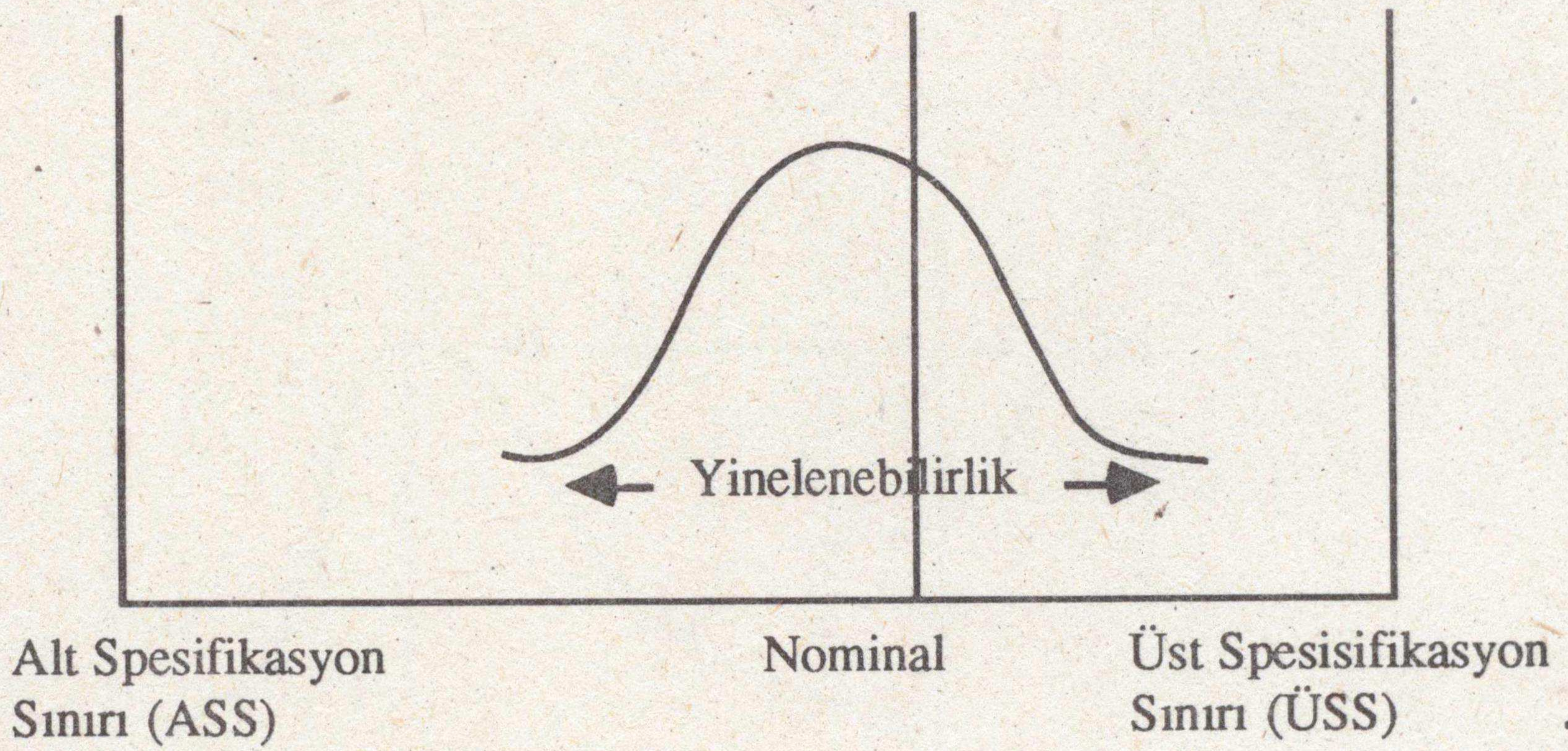
Aynı parçaların eşdeğer karakteristiklerini, aynı ölçüm aletini kullanan bir operatörün birkaç kez ölçümlemesi durumunda elde edilen değişkenliğe "Yinelenebilirlik" denir (HRADESKY, 1988, S:74). Üretim sistemi içerisinde aynı ölçme sistemini kullanan operatörün yaptığı ölçümleme sonuçlarının gösterdiği dağılımdır. Ölçümün yinelenebilirliği ele alınmadan önce araştırmalar yapılmalı ve gerekli düzenlemeler gerçekleştirilmelidir.

Yinelenebilirliğin fazla olması istenmeyen bir durumdur.

Aşağıdaki hususlara dikkat edilerek bu durum önlenir (GM,1989, s:7);

- * Operatörlere ölçüm aletini nasıl kullanacağı tam olarak öğretilmelidir,
- * Ölçüm aleti üzerindeki göstergeler anlaşılır ve kolay okunur olmalıdır,
- * Ölçüm aletinin bakımı periyodik olarak yapılmalıdır,
- * Ölçüm sisteminin tasarımı uzman kişilerce yapılmalıdır.

Şekil 2: Ölçüm Yinelenebilirliği



Kaynak: HRADESKEY, 1988, s:75

1.3. ÖLÇÜM TÜRETİLEBİLİRLİĞİ

Aynı ekipman ve metod ile ölçümlene yapılan aynı parçalar üzerinde, kişilerin yaptığı ölçümlerin ortalaması arasındaki fark "Türetilebilirlik" tir (HRADESKEY,1988, s:75). Diğer bir deyişle, aynı ölçüm aletini kullanan farklı operatörlerin yaptığı ölçümlerinin dağılımlarının ortalamaları arasındaki farktır.

R türetilebilirlik standart sapmasını ifade ettiğinde, ölçülen iki değişken arasındaki farkın büyüklüğü %95 olasılıkla aşağıdaki şekilde olacaktır (DIN.1319, 1983, s:172);

$$\text{Türetilebilirlik} = 1,96 \sqrt{2} \sigma_R = 2,77 \sigma_R$$

Aynı üretim sistemi içerisinde aynı ölçüm sistemini kullanan operatörlerin yaptığı ölçümler arasında farklılıklar olabilir. Burada önemli olan değişkenliğin operatörlerden kaynaklanıp kaynaklanmadığını ve bunun ne derece olduğunu tespit edebilmektir. Değişkenliğin yalnızca operatörler arası

farklılıklardan kaynaklandığı sonucuna varılır ise, bunun nedeni araştırılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.

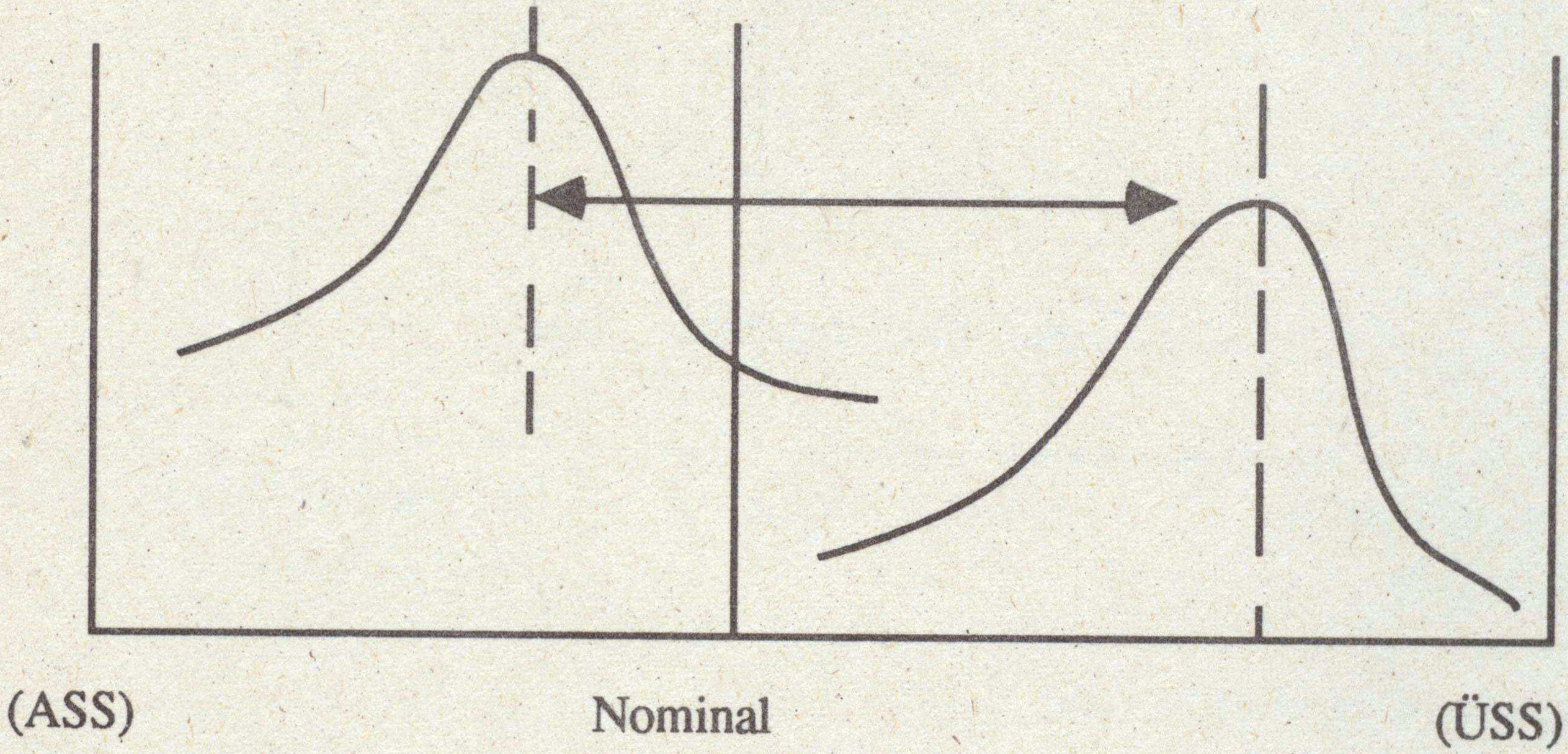
Gözlemlenen ölçümler ortak bir değişkenliği meydana getirirler. Genel olarak gözlemlenen toplam değişkenlik şöyle ifade edilebilir (KENNON-WOODWARD, WI/STM/301, 1991, S:4):

$$\sigma_{Göz}^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots$$

$\sigma_{Göz}$ = Gözlemlenen ölçümlerin standart sapması

$\sigma_{1,2,3,\dots}$ = Yinelenebilirlik, türetilebilirlik, standart sapması,...

Şekil 4: Türetilebilirlik



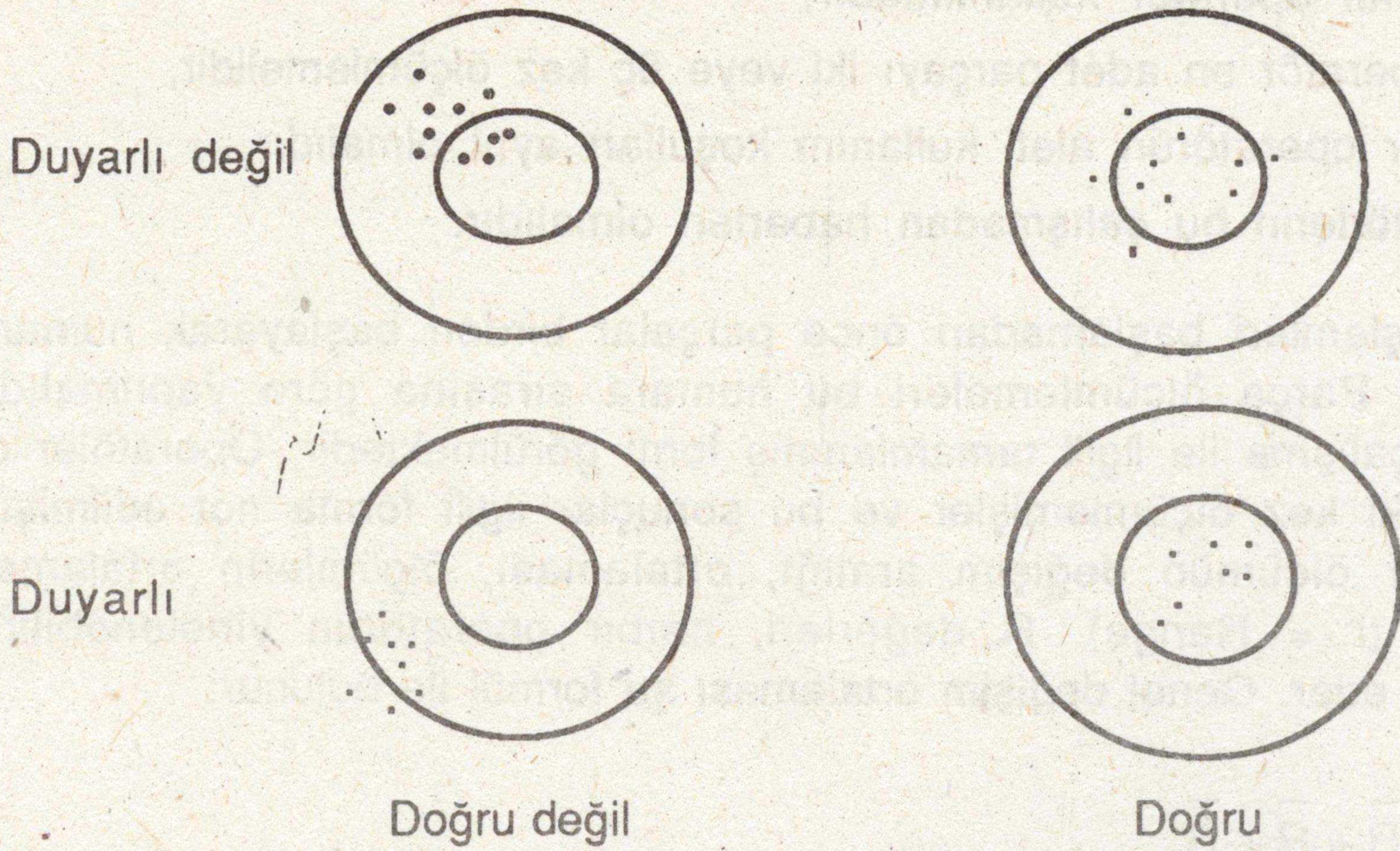
Kaynak: HRADESKY, 1988, s:76.

2. ÖLÇÜM HATALARININ KAYNAKLARI

Bir üretim sistemi içerisinde, ölçme sistemini kullanan bir operatörün yaptığı ölçümler gösterdiği değişkenlik de türetilebilirlikle özdeşir ve bu da bir hata kaynağıdır. Ayrıca, ölçüm aletinin dışı boşluğu, ısı şartlarından etkilenme, dış çevreden gelen manyetik etkiler, aşınma gibi nedenler de hata kaynağı olabilmektedir.

Ölçme aletlerinin seçiminde önemli bir konudur. Ölçme aletinin seçiminde öncelikle doğruluk ve duyarlılık kriterleri göz önüne alınmalıdır. Doğruluk göreceli bir kavramdır. Örneğin bir mikrometrenin yapılan tüm ölçümlerde daima 0,002 mm'lik fazlalık göstermesi, doğruluk derecesini gösterir. Duyarlılık ise, aletin çeşitli ölçümlerde verdiği değerler arasındaki farktır (KOBU, 1981, s:241). Şekil.4'de ölçüm aletlerinin doğruluk ve duyarlılığı görülmektedir.

Şekil 4: Ölçme aletlerinin doğruluk ve duyarlılığı



Kaynak: KENNON- WOODWARD/ WI/STM/301, 1991, s:2.

3. ÖLÇÜM SİSTEMİ DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASININ HAZIRLANMASI

Mümkün olan tüm değişkenlik kaynakları göz önüne alınarak ölçümleme sisteminin yeteneği değerlendirilmelidir. Ölçüm ekipmanlarına yönelik gerekli ayarlamalar yapılmalı ve toplam ölçümleme değişkenliği güvenilir bir şekilde tahminleyebilecek bir çalışma planı tasarlanmalıdır. Bu çalışma, tüm değişkenleri içermelidir.

Bir ölçüm sistemi çalışmasının hazırlanmasında, yapılması gereken ilk iş, çalışmanın amacını belirlemek ve bu amacı yerine getirebilmek için gerekli bilgi türünü saptamaktır. Söz konusu sisteme yönelik aşağıdaki sorular cevaplanmalıdır:

- * Ne tür bir yaklaşım kullanılacaktır?
- * Kaç operatör gereklidir?
- * Kaç örnek parçası test edilecektir?
- * Kaç ölçüm yapılacaktır?

Bu çalışmada ölçüm yinelenabilirliği ve türetilebilirliği ayrı ayrı ve aynı anda nasıl belirlenebildiği gösterilmektedir. Şekil.5'de bu çalışmada kullanılan standart form görülmektedir. Formun üst kısmı ölçümlemeye başlamadan önce sorumlu kişi tarafından doldurulmalıdır. Kolaylık açısından "sıfır eşdeğer" belirlenmelidir. Kaydedilen değerler sıfır eşdeğerdense sapmaları ifade eder.

Çalışmadan yeterli sonuçlar alabilmek için şunlara dikkat edilmelidir:

- * Üç farklı operatör kullanılmadır,
- * Her operatör on adet parçayı iki veye üç kez ölçümlmelidir,
- * Her bir operatörün aleti kullanım koşulları aynı olmalıdır,
- * Operatörlerin bu çalışmadan haberleri olmalıdır.

Ölçme işlemleri başlamadan önce parçalar birden başlayarak numaralandırılmalıdır. Parça ölçümlmeleri bu numara sırasına göre yapılmalıdır. Şekil.5'de bu çalışma ile ilgili tamamlanmış form görülmektedir. Operatörler on adet parçayı iki kez ölçümlemişler ve bu sonuçlar ilgili forma not edilmiştir. Tabloda herbir ölçümün değişim aralığı, ortalaması, ölçümlerin ortalaması görülmektedir ($r = \text{Range}$). R değerleri, herbir operatörün yinelenebilirlik ölçüsünü ifade eder. Genel değişim ortalaması şu formül ile bulunur:

$$\bar{R} = \frac{\bar{R} + \bar{R} + \bar{R}}{3}$$

Şekil 5: Ölçüm Yinelenebilirliği ve Türetilirliği Çalışması.

Bölüm : Dengeleme ve test Ölçüm Birimi : 10 mm
 Ölçüm Tanımı : Hat uzunluğu Karakteristik : Uzunluk
 Spesifikasyon : 10.05 + 0.30 mm Sıfır Eşdeğer : 10.00
 Ölçüm No : P950 - DP

OPERATÖR	A				B				C			
Örnek No	Deneme No			R	Deneme No			R	Deneme No			R
	1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	2	3		1	2	2		0	3	7		4
2	2	1		1	1	1		0	2	5		3
3	0	3		3	3	2		1	4	4		0
4	3	1		2	1	1		0	4	1		3
5	2	2		0	3	0		3	5	2		3
6	6	4		2	6	4		2	4	3		1
7	2	0		2	4	4		0	3	5		2
8	3	5		2	5	6		1	4	3		1
9	2	0		2	3	4		1	4	3		1
10	3	1		2	4	2		2	6	5		1
Toplam	25	20		17	32	26		10	39	38		19
				\bar{R}_A 17				\bar{R}_B 10				\bar{R}_C 19

Toplam	45	Toplam	58	Toplam	77
X_A	2,25	X_B	2,90	X_C	3,85

$$\bar{R} = \bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C = 1,7 + 1,0 + 1,9 = \frac{4,6}{3} = 1,53$$

$$\text{ÜKS} = D_4 * \bar{R} = 3,27 * 1,53 = 5,013$$

$$\text{YİNELENEBİLİRLİK} = K_1 * \bar{R} = 4,56 * 1,53 = 6,976$$

$$\text{TÜRETİLEBİLİRLİK} = K_2 * \bar{X}_F = 2,70 * 1,6 = 4,32$$

$$\begin{aligned} \text{TOPLAM DEĞİŞKENLİK} &= \sqrt{(\text{Yinelenebilirlik})^2 + (\text{Türetilebilirlik})^2} \\ &= \sqrt{(48,6645) + (18,6624)} \\ &= 8,2052 \end{aligned}$$

$$\text{ÖLÇÜM YETENEĞİ} = \frac{8,2052}{60} * 100 = \%13,67$$

4. UYGULAMA

Çalışmada üst kontrol sınırı ÜKS= 5,013 olarak bulunmuştur ve tabloda ki bütün "R" ler bu sınırın altındadır. Yinelenebilirlik değeri denemelerin sayısına dayanan K değerinin, R ile çarpılması sonucunda elde edilir.

Yinelenebilirlik değeri; aynı parçayı sürekli olarak ölçen operatörün elde ettiği ölçümlerlerin %99'unu içeren bir değişimi ifade eder (KENNON, WOODWARD, 1991, WI/STM/303, s: 2).

Türetilebilirlik, operatör sayısına bağlı K değeri ile X'nin çarpımı sonucunda elde edilir ($X = X - X$). Türetilebilirlik değeri, çalışmanın yeterli operatör sayısı ile yapılması durumunda, operatör ortalamalarının %95'ni içeren bir değişimi ifade eder.

Toplam değişkenlik : türetilebilirlik ve yinelenebilirlik değerlerinin, karelerinin toplamının kareköküdür. Toplam değişkenlik; aynı parçaların operatörler tarafından farklı dönemlerde sürekli olarak ölçülmesi durumunda elde edilecek ölçümlerlerin %99'unu içerecek bir değişimi ifade eder. Buradan hareket ederek, ölçüm yeteneği şu formül ile bulunur (KENNON- WOODWARD, 1991, WI/STM/303, s:3):

$$\text{ÖLÇÜM YETENEĞİ} = \frac{\text{Toplam Varyasyonluk}}{\text{Tolerans}}$$

Çalışmada ölçüm yeteneği %13,67 olarak bulunmuştur. Bu değer %10'a yakın olduğundan, ölçümlene sisteminin iyi olduğu sonucuna varılabilir. %10 değerinden çok büyük sapmalar bulunduğu anda, ölçüm sisteminin gözden geçirilmesi sonucuna varılır.

SONUÇ

Üretim sürecinde uygulanan istatistik teknikler yardımı ile süreç kontrol altında tutulmaya çalışılmaktadır. Kontrol işlemleri sırasında yapının istenilen değerden sapıp saptığı devamlı olarak izlenir. Herhangi bir sapma olduğunda bu belirlenir ve kaynağı yok edilir. Söz konusu sapma ve değişkenlikler, yapının kendisinden kaynaklanabileceği gibi, ölçüm sisteminde kaynaklanabilir. Değişkenliğin yapıdan kaynaklanmadığı durumda, hatanın yapıdan kaynaklandığı sonucuna varmak yanlış olacaktır. Bu nedenle, hem yapın hem de ölçüm sistemi incelenmeli, değişkenliğin neden kaynaklandığını tespit edilmelidir. Eğer değişkenlik ölçüm sisteminden kaynaklanıyor ise, yapın ile uğraşmadan ölçüm sistemi incelenmelidir. Burada önemli olan diğer önemli konu da ölçüm sisteminin tasarlanmasıdır. Ölçüm sisteminin tasarlanması uzman kişilerce yapılmalıdır. Çalışmada, bir ölçüm sistemi ile yapılan ölçümler analize tabi tutulmuş ve bu analiz sonucunda, ölçüm sisteminin azda olsa değişkenliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

SUMMARY

In this study, it has been tried to examine whether the variation caused by the product as a result of the quality assurance studies was a consequence of the measurement system or not.

KAYNAKÇA

DIN. 1319, 1983: "Basic concepts in metrology", GERMANY.

GENERAL MOTORS (GM), 1989: "Statistical process control", Prodecure B-01, USE.

HRADESKY, J, L., 1988: "Productivity and quality improvement", Mc Graw- Hill Book Company, USA

KENNON, p.W.-WOODWARD. B.J., 1991: "Measurement error analysis- Preliminary considerations", WI/STM/301, USA.

KENNON, P.W.- WOODWARD, B.J., 1991: "Gauge repeatability and reproducibility", WI/STM/303, USA.

KOBU, B., 1981: "Endüstriyel kalite kontrolü", TÜRKİYE.

TSE, 1993: "ISO 9000, Kalite güvencesi ve yönetimi", Ankara, TÜRKİYE