

# ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ VE LABORATUVAR UYGULAMASI

*Ayfer Candemir*  
*Kimya Mühendisi*

*Esra Kınal*  
*Kimya Mühendisi*

## ÖZET

Ölçüm, tanımlanmış ölçüm niceliğinin değerini belirlemektir(1). Bir ölçümün sonucu ölçümün niceliğinin sadece bir tahmini veya kabaca yaklaşımıdır, eksik olarak nitelendirilir. Verilen ölçüm sonuçları ancak bir belirsizlik ifadesini de içerdiği zaman tamamlanmış sayılır ve itibar kazanır. Bir ölçümün sonucu rapor edilirken, sonucun kalitesini belirten bir ifade bulunmalıdır. Böylece o sonucu kullanan kullanıcılar, verilen değerlerin güvenilirliğini belirleyebilirler. Eğer ölçüm sonuçları sonucun kalitesini belirten bir ifade içermediği takdirde kendi aralarında, sertifikalarda veya standartlarda verilen değerlerle karşılaştırılabilirler. Bu nedenle bir ölçümün kalitesini karakterize eden, hemen uygulanabilir, kolaylıkla anlaşılabilir ve genel anlamda kabul gören bir işlemin olması çok önemlidir. Bu ise ölçüm sonucunda elde edilen değerlerin belirsizliğini hesaplamak ve ifade etmektir. Bu belirsizlik verilen sonucun ölçülen niceliği ne kadar temsil ettiği konusundaki şüphedir.

Küreselleşen dünyamızda belirsizliğin hesaplanması ve ifade edilmesinde kullanılan yöntemin bütün dünyada aynı olmasının, farklı ülkelerde yapılan ölçümlerin hemen karşılaştırılabilmesi açısından önemi büyüktür.

Bu çalışma körikli doğalgaz sayaçlarının kalibrasyonu sonucunda elde edilen ölçüm sonucuna ilave edilen belirsizliğe etki eden faktörleri ve hesaplamalarını içermektedir.

## 1. Belirsizlik ve Olası Nedenleri

Ölçüm; Ölçülecek niceliğin ölçüm metodunun ve ölçüm işleminin uygun bir şekilde izahı ile başlar. Bir ölçümün sonucu, ölçülen niceliğin sadece bir tahmini veya yaklaşımıdır. Ancak bir belirsizlik ifadesi ile birlikte verilirse tamamlanmış sayılır.

Belirsizlik; Ölçülen değerlerin belli bir olasılıkla ortalama değer etrafında bulunduğu aralığı tanımlayan parametredir. Bu parametre bir standart sapma yahut güven aralığının genişliği olabilir. Belirsizlik genelde bir rakam olarak verilirken, mutlak ve göreceli olabilir(2).

Bir ölçümün sonucunda verilen ölçüm belirsizliği, ölçülen değerlerin tam olarak bilinmemesinden kaynaklanır. Belirsizlik ölçüm sonuçlarının dağılımının ifadesidir ve yok edilemez(3). Ölçüm belirsizliği nümerik bir analizdir. Test sonucundaki ölçme belirsizliğindeki bilgi, testin performansındaki işlemler veya sonuçların değerlendirilmesi kadar önemlidir.

### 1.1 Ölçüm Belirsizliği hangi koşullarda hesaplanır;

- Müşteri talebi doğrultusunda,
- Yasal olarak belirli bir aralıkta değerlendirilmesi gerektiği durumda,
- Kritik sonuçlarda hesaplanır.

Böyle bir durum olmaması halinde en azından belirsizlik bütçesini çıkarmak ve mümkün olan en iyi tahmini yapmak gerekir.

Kalibrasyon laboratuvarları ölçüm belirsizliklerini düzenledikleri sertifikalarda vermek zorundadırlar.

### 1.2 Belirsizlik Hesabı Aşamaları;

- Matematiksel Model
- Belirsizlik Kaynaklarının Tanımlanması
- Belirsizlik Bileşenlerinin Hesaplanması
- Belirsizlik Bütçesi
- Toplam Belirsizlik
- Genişletilmiş Belirsizlik
- Belirsizlik Beyanı

### 1.3 Ölçüm Belirsizliğinin Kaynakları;

- Ölçüm büyüklüğünün yetersiz tanımlanmış olması.
- Ölçüm büyüklüğünün tanımının gerçekleştirilmesi.
- Uygun örnekleme yapılmaması, alınan örnekler ölçme yönteminin tam olarak uygun olamaması.
- Çevre şartlarının ölçüm sonuçlarına etkisinin tam bilinmemesi
- Analog cihazların okunmalarından kişisel hatalar
- Cihazın çözünürlüğünün sınırlı olması
- Ölçüm standartlarının ve referans malzemelerin tam değerlerinin elde edilmemesi.
- Dış kaynaklardan elde edilen ve sistemde kullanılan diğer parametrelerin ve sabitlerin tam bilinmemesi.
- Ölçüm yöntemlerde ve prosedürlerdeki yaklaşımlar ve varsayımlar.(4)

### 2. Belirsizlik Beyanı

Belirsizlik kesinlikle genişletilmiş belirsizlik olarak ifade edilmelidir. Belirsizlik beyanında genişletilmiş belirsizlik hesaplanırken kullanılan kapsama faktörünün ne olduğu mutlaka belirtilmelidir.

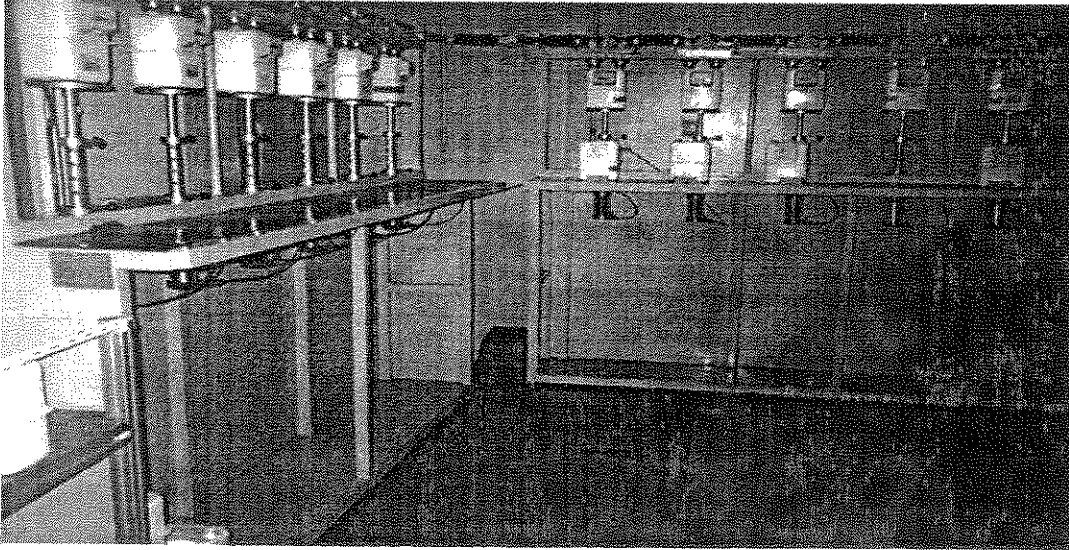
#### 2.1 Belirsizlik beyanı neleri içermelidir;

- Ölçülenin tam tanımı
- Ölçüm birimleri ile birlikte en iyi tahmin ve toplam standart belirsizlik, genişletilmiş belirsizlik
- Genişletilmiş belirsizliği hesaplarken kullanılan kapsama faktörü, k
- Güven seviyesi, bulunmalıdır. (5)

### 3. Doğalgaz Sayaçlarının Kalibrasyonu Sonucuna Katılan Ölçüm Belirsizliğinin Hesaplanması:

Bu çalışmada doğal gaz sayaçlarının kalibrasyonu sonucuna ilave edilen belirsizlik etkenleri tanımlanıp, belirsizlik bütçesi oluşturulmaya çalışılmıştır.

Doğalgaz sayaçlarının kalibrasyonu ; primer seviyede standart ile (Bell-Prover) kalibre edilmiş referans metreden (ıslak tip debi metre) okunan değerlerin, sayaçtan okunan değer ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi esasına dayanır. (Karşılaştırmalı Ölçüm Metodu)



Resim1. "Sayaç Kalibrasyon laboratuvarından bir kesit"

Laboratuvarımızdaki sistem on iki adet doğalgaz sayacının aynı anda kalibre edilmesini sağlamaktadır. Ölçüm, laboratuvar ortamında vakumla çekilen havanın sayaçlardan geçirilmesi ile yapılır. Kompresörden gelen basınçlı hava pnömatik butonları hareket ettirerek sayaçlar sisteme bağlanır. Kalibrasyon üç noktadan yapılmaktadır. Max. debi, min. debi, %20 max. debi. Tolerans aralığı  $Q_{max}$  ve  $0,2 Q_{max}$  için  $\pm 2$ ,  $Q_{min}$  için  $\pm 3$ 'e göre değerlendirilir. (TS 5910'a göre)

Doğalgaz sayacı kalibrasyonu sonucuna katılan ölçüm belirsizliğini bir laboratuvar uygulaması üzerinde sayısal olarak görelim;

**UYGULAMA:** Bir sayaç kalibrasyon laboratuvarında G4 tip körüklü doğalgaz sayacının Karşılaştırmalı Ölçüm Metodu kullanılarak  $Q_{max,0,2Q_{max}}$  ve  $Q_{min}$  debilerde kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonda maksimum(Tip 25) ve minimum(Tip 1) debi testleri için ıslak tip referans metreler kullanılmıştır. Kalibrasyonda kullanılan debi metrelere ait belirsizlik değerleri;

Tip 1(min. Debi için kullanılan)'in belirsizlik değeri = %0,953 ---- Çözünürlüğü= 0,01  
 Tip 25(max. Debi için kullanılan)'in belirsizlik değeri = %0,348 ----Çözünürlüğü =0,5

Test başlangıcında laboratuvar sıcaklığı 20°C iken test bitiminde 20,3°C olarak ölçülmüştür.

Belirsizlik Kaynakları;

- Debi metrenin belirsizliği
- Debi metrenin çözünürlüğü
- Laboratuvar ortamının sıcaklığı
- Ölçümü yapan kişiden kaynaklanan hata,doğalgaz sayacının ölçüm sonucunu etkilemektedir.

$Q_{max,0,2Q_{max}}$  ve  $Q_{min}$  debilerde,ölçülen test değerleri;

Qref.	Qtest	Qref.	Qtest	Qref	Qtest
200	201,6	100	101,8	6	6
200	200,8	100	101,9	6	6
200	201,2	100	101,1	6	6
200	201,6	100	101,4	6	6
200	200	100	101,2	6	6
200	201,8	100	101,8	6	6,2
200	201	100	101,2	6	6
200	201,8	100	101,4	6	5,8
200	200,8	100	101,4	6	6,2
200	201	100	101,6	6	6

Olarak verilmiştir. Bu verilere göre sözü geçen sayacın genişletilmiş belirsizliğini hesaplayınız.

Qref	Qtest	Bağıl Hata	Std.Sapma	Qrefavg	Qtestavg	Avg.Bağ.
200	201,6	0,8	0,67330033	222,2222	223,5111	0,58
200	200,8	0,4				
200	201,2	0,6				
200	201,6	0,8				
200	200	0				
200	201,8	0,9				
200	201	0,5				
200	201,8	0,9				
200	200,8	0,4				
200	201	0,5				
100	101,8	1,8	1,58534959	111,1111	112,7556	1,48
100	101,9	1,9				
100	101,1	1,1				
100	101,4	1,4				
100	101,2	1,2				
100	101,8	1,8				
100	101,2	1,2				
100	101,4	1,4				

100	101,4	1,4				
100	101,6	1,6				
6	6	0	1,9245009	6,666667	6,688889	0,333333
6	6	0				
6	6	0				
6	6	0				
6	6,2	3,33333333				
6	6	0				
6	5,8	-3,33333333				
6	6,2	3,33333333				
6	6	0				
	223,5111	0,58				
	112,7556	1,48				
	6,688889	0,333333				

### GENİŞLETİLMİŞ BELİRSİZLİĞİN HESAPLANMASI

U(x)	Ölçüm Belirsizliği Bileşenleri	Standart Belirsizlik	İstatistiki dağılım Fonksiyonu	Hassasiyet Katsayısı	k	$U_i \pm d_m^3$
Ustand.sapma	Verilerin Tekrarlanabilirliği	$1,92/\sqrt{10} = 0,608$	Normal Dağılım	1	1	0,608
Uref.1	Referans ölçüm belirsizliği(min.)	$0,95/100 = 0,0095$	Normal Dağılım	1	2	$0,0095/2 = 0,0047$
Uref.25	Referans ölçüm belirsizliği(max.)	0,00348	Normal Dağılım	1	2	$0,00348/2 = 0,00174$
Uçöz.n.1	Referans debimetrenin çöz.(min.)	0,01	Dikdörtgen Dağılım	1	$\sqrt{3}$	$0,01/\sqrt{3} = 0,0058$
Uçöz.n.25	Referans debimetrenin çöz.(max.)	0,5	Dikdörtgen Dağılım	1	$\sqrt{3}$	$0,5/\sqrt{3} = 0,289$
Uisc.	Sıcaktan gelen belirsizlik	0,3	Dikdörtgen Dağılım	1	$\sqrt{3}$	$0,3/\sqrt{3} = 0,173$
Uokuma	Okuma hatasından gelen belirs.	0,001	Dikdörtgen Dağılım	1	$\sqrt{3}$	$0,001/\sqrt{3} = 0,0005$
Utoplam						0,402

Ölçüm Belirsizliği genel olarak birçok bileşenden oluşur. Bu bileşenlerden bir kısmı bir dizi tekrarlı ölçümle oluşan bir sonuçlar serisinin istatistiki dağılımından hesaplanır. Bazı bileşenler ise standart sapmalarla karakterize edilir. Bunlar tecrübe veya mevcut bilgilerin kullanımı ile farz edilen olasılık dağılımlarının yardımı ile hesaplanır. İstatistiki dağılımlardan yola çıkarak hesaplanan belirsizlik bileşenlerine "A" tipi, tecrübe ve edinilen bilgiye dayanarak tahmin edilen belirsizlik bileşenlerine "B" tipi belirsizlik bileşenleri denir.

**B Tipi belirsizlik hesaplama yönteminde kullanılan bilgiler:**

- Daha önce yapılan ölçümlerde elde edilen veriler
- İlgili malzemeler ve kullanılan cihazlar konusundaki deneyim ve daha önce edinmiş bilgiler
- Üretici firmaların belirttiği özellikler (çözünürlük vs.)
- Kalibrasyon sertifikalarındaki verilen belirsizliktir.

**B Tipi Belirsizlik Hesaplama Yönteminde Kullanılan Dağılımlar:**

- **Dikdörtgen Dağılım:** Bu dağılım, bir büyüklüğün sadece değişim gösterebilecek aralık bilindiği takdirde kullanılır. (Genel Belirsizlik/ $\sqrt{3}$ )

- **Üçgen Dağılım:** Bu dağılım, bir büyüklüğün değişim gösterebilecek aralık ve eğilim bilindiği takdirde kullanılır. (Genel Belirsizlik/ $\sqrt{6}$ )

- **U Tipi Dağılım:** Genel Belirsizlik/ $\sqrt{2}$

İstatistik yöntemler kullanılarak yapılan A-tipi belirsizlik hesaplama yöntemi tekrarlanan ölçümler sonuçlarına uy-

gulanır.

Kullanılan istatistik dağılımlar:

-Normal Dağılım: Genel Belirsizlik/Kapsama Faktörü

-Student Dağılım: Alınan ölçüm adedi 10'dan küçük olduğunda uygulanır.

Standart sapmanın en büyük değerini alıyoruz.

$$\text{Ortalamanın sapması: } S_q = S_q / \sqrt{n} = 1,9245009 / \sqrt{10} = 0,608$$

$$U_c = \sqrt{U(\text{stand.sapma})^2 + U(\text{ref.25})^2 + U(\text{ref.1})^2 + U(\text{çözn.25})^2 + U(\text{çözn.1})^2 + U(\text{sıc.})^2 + U(\text{okuma})^2}$$

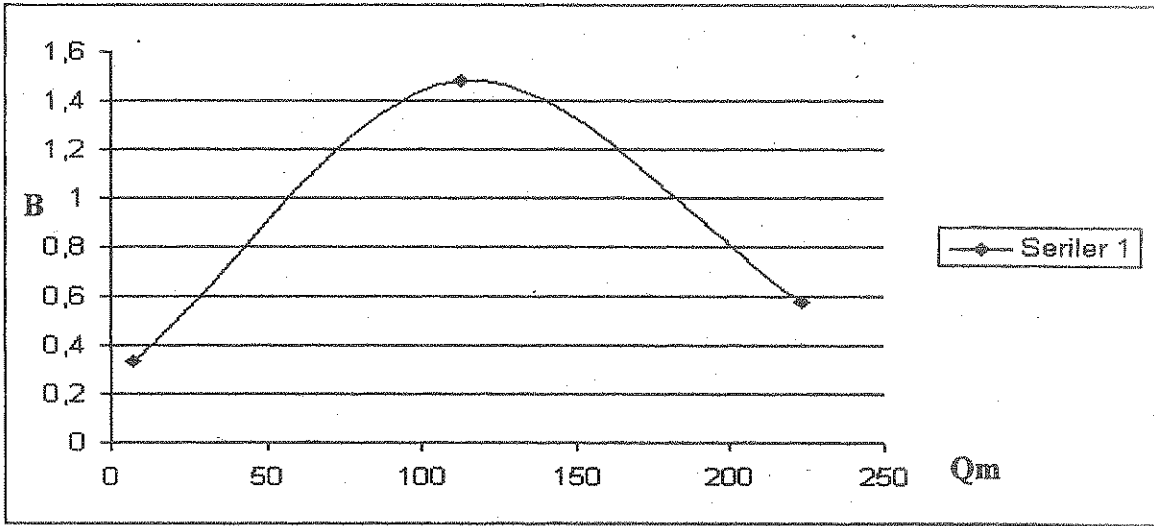
$$U_c = \sqrt{0,1699}$$

$$U_c = 0,402 \quad \%68 \quad k=1$$

Genişletilmiş belirsizlik  $\rightarrow U = k \cdot U_c$

$$U = 0,402 \cdot 2$$

$$U = \% 0,804 \quad \%95 \text{ için}$$



Grafik 1. "Kalibre edilen sayaca ait bağıl hata grafiği"

$$Q = Q_m(1 - (B)/100 \pm 0,00804)$$

Q= Gerçek debi değeri(dm<sup>3</sup>/h)

Q<sub>m</sub>= Sayaçtan hesaplanan değer(dm<sup>3</sup>/h)

Q<sub>r</sub>= Referanstan okunandeğer(dm<sup>3</sup>/h)

B=Tablo ve grafik 1'deki bağıl hata

## 5. Sonuç:

Günümüzde laboratuvarlar ölçüm belirsizliğini tespit etme yönünde teşvik edilmektedir(6). Yasal bir zorunluluğu olmasa bile, bu hesaplama, laboratuvar ölçüm sonuçlarının kalitesini görebilmek açısından önemlidir. Ölçüm belirsizliğinin hesaplanması hangi etkenlerin belirsizlik üzerinde etkin olduğunun tespit edilmesini, laboratuvar çalışanın kullandığı yöntemin noktalarda iyileştirilmelere gerek olduğunu gösterir, daha güvenilir sonuçlar verilmesini temin eder.

## 6. Kaynaklar:

[1] UME 95-014, "Ölçüm Belirsizliği", Kasım 1995, s.9

[2] UME, "Ölçüm ve Kalibrasyonlarda Belirsizlik Hesapları" eğitim notları

[3] A.BAŞTÜRK, TÜRKAK, "Ölçüm Belirsizliği Hesaplamaları Eğitim Notları"

- [4] Ş.ÖZGÜL, “Ölçme ve Belirsizlik Hesabına Giriş Notları” ,Kasım 2002  
[5]TÜRKAK, Kalibrasyon laboratuvarlarında Ölçüm Belirsizliği Tahmini İçin Türkak Prensipleri”  
[6]TSE EN ISO/IEC 17025/Mayıs 2000 “Deney ve Kalibrasyon laboratuvarlarının Yeterliliği İçin Genel Şartlar”

### **ÖZGEÇMİŞ:**

#### **Ayfer CANDEMİR**

1989 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Özel bir laboratuvarında 1 yıl çalıştı. Daha sonra Beybi Eldiven Fabrikası'nda operatör eldiveni üretim sorumlusu olarak görev yaptı. 1992 yılında İGDAŞ'ta göreve başladı. 1992-1997 yılları arasında işletme mühendisi,1997-2002 yılları arasında proje mühendisi olarak görev yaptı. Halen Teknik İşler ve Onarım Müdürlüğü Sayaç Şefliği'nde mühendis olarak çalışmaktadır.

#### **Esra KINAL**

1978 Bartın doğumludur. 1998 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1998 yılı güz döneminden itibaren İGDAŞ Teknik İşler ve Onarım Müdürlüğü Sayaç Şefliği'nde mühendis olarak görev yapmaktadır. Doğalgaz sayaçları,belirsizlik hesaplamaları,kalibrasyon ve laboratuvar akreditasyonu üzerine çalışmaktadır.