

SU SAYAÇLARI KALİBRASYONU, İZLENEBİLİRLİLİĞİNİN SAĞLANMASI VE YASAL METROLOJİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Vahit ÇİFTÇİ

ÖZET

Sıvı veya gaz sayaç ve debimetreleri, endüstrinin ve günlük hayatın vazgeçilmez cihazlarıdır. Bu cihazlar akışkanın toplam miktarının veya debisinin ölçülmesinde kullanılırlar.

Petrol, kimya, su, doğalgaz, atık su, gıda, boya, kozmetik, otomotiv, uçak, uzay, inşaat, tekstil ve akışkan kullanılan diğer bütün sanayi tesislerinde, uygulama alanı bulan sayaçlar ve debimetreler, zaman, işgücü ve maliyet kaybını önlemesinin yanı sıra, doğru bir maliyet hesabı ve üretim kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunurlar.

Su, akaryakıt, doğalgaz, solventler, asitler, yağlar, sıvı gıdalar ve diğer sıvı ve gazların kullanıldığı tesisler ve kalite kontrol laboratuvarlarında tam bir kontrol sağlamak için, akışkan debisinin ölçülmesi şarttır.

Bir şantiyede; araçlara verilen mazotun sayaçla ölçülmesi, hem sarfiyatın kontrolü ve usulsüzlerin önlenmesini sağlayacak, hem de alınan akaryakıtın kullanılanla karşılaştırılarak kontrol edilmesini sağlar.

Bir cam fırını veya demir çelik fırınında kullanılan akaryakıtın ölçülmesi, hem birim maliyetlerin tespitinde ve hem de tesis verimliliğinin belirlenmesini sağlamaktadır.

Bir kimya fabrikasında, bir karışıma katılacak su veya sıvı kimyasalların sayaç ile ölçülerek verilmesi hem zaman kaybını önleyecek, hem insan hatası sebebi ile çıkacak problemleri en aza indirecek, hem de üretimin kalitesini arttıracaktır. Zira yanlış ölçüm hatalı formül, hatalı formül kalitesiz ürün demektir.

Fabrikalar için başka bir gereklilik de çevre korumaya yönelik, yönetmelikler doğrultusunda yapılan baca gazı ölçümleridir. Baca gazlarının emisyon ölçümlerinde de baca gazı debisinin doğru olarak tespit edilip, emisyon oranının belirlenmesi gerekmektedir.

İşte sanayide ve evlerde kullanılan bu sayaç ve debimetrelerin doğru ölçtüklerinden emin olmamız gerekir. Bu nedenle bu cihazların belli periyotlarla, uluslar arası izlenebilirlikleri olan Referans cihazlar yardımıyla kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir.

1. KISALTMALAR VE TARİFLER:

CE : Conformity of Europe

EC : European parliament and of the Council

MI : Measurement Instrument

MİH : Maksimum izin verilebilir hata

Su sayacı: Ölçme şartlarında, ölçüm çeviricisinden geçen suyun hacminin ölçülmesi, hafızaya alınması ve görüntülenmesi için tasarımı yapılan ölçü aletidir.

Minimum debi (Q_1 veya Q_{min}) : Su sayacının, maksimum izin verilebilir hatalar (MİH'ler) dâhilinde çalışması için gerekli olan en düşük debidir.

Geçiş debisi (Q_2 veya Q_t) : Geçiş debisi, debi aralığının "üst bölge" ve "alt bölge" olarak iki bölgeye ayrıldığı daimi ve minimum debiler arasında oluşan debidir. Her bir bölge bir karakteristik MİH değerine sahiptir.

Daimi Debi (Q_3 veya Q_n) : Daimi debi, normal kullanım şartları altındaki debidir

Maximum debi (Q_3 veya Q_{max}) : Daimi debi, normal kullanım şartları altında (örneğin daimi ya da fasıllı akış şartlarında) su sayacının uygun ve istenilen şartlarda çalıştığı en yüksek debidir.

Aşırı debi (Q_4 veya Q_r) : Aşırı debi, su sayacının bozulmadan kısa bir süre için uygun ve istenilen şartlarda çalıştığı en yüksek debidir.

2. SU SAYAÇLARI KALİBRASYONU

2.1 KALİBRASYONUN TARİFİ

Kalibrasyonun basit ve kısa tanımı, belirli koşullar altında, izlenebilirliği olan doğruluğundan emin olduğumuz referans bir ölçme cihazı veya bir ölçme sisteminin gösterdiği değerler ile ölçüm yapılacak cihaz veya sistemin gösterdiği değerlerin karşılaştırılması olarak tanımlanabilir.

2.2 TÜBİTAK-UME SU SAYAÇLARI KALİBRASYONUNDA KULLANILAN REFERANS CİHAZ VE SİSTEMLERİN TANITILMASI

UME de 0-3000 m³/h debi aralığındaki su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak için gerekli sistemler kurulmuştur. Mevcut laboratuvar içerisinde bulunan 5m x 20m x 3m boyutlarındaki havuzda bulunan yumuşak su, havuz üzerinde bulunan muhtelif debi ve basınçtaki frekans kontrollü paslanmaz çelik pompa ve borularla, laboratuvar ölçüm seviyesinden 35 m yükseklikte ki bir kulede bulunan ve iç içe paslanmaz çelikten oluşan her birinin hacmi 50, 15, ve 5 m³ olan sabit seviye tanklarına basılmakta ve bu sabit seviye tanklarından gelen su ile UME' ye ait referans sayaçlar, uluslararası karşılaştırmalar için gelen transfer standartları veya akredite olmuş laboratuvarlara ait transfer standartları ile özel isteğe bağlı sayaçlar sabit basınçta kalibre edilmektedir. Hata oranı büyük olan sayaçların beslenmesi ise sabit seviye tankından değil direkt olarak frekans kontrollü pompalardan sağlanmaktadır.

Tüm su besleme ve kontrol işlemlerini yapan otomasyon sistemi mevcut olup; bu otomasyon sistemi; pompaları ve frekans konverterlerini, besleme hatları üzerindeki otomatik vanaları, tank seviyelerini, ölçüm hattından gelen bilgiler doğrultusunda otomatik olarak kontrol eder ve yine bu hatlar üzerinde mevcut olan sıcaklık ve basınç algılayıcıları tarafından alınan gerekli bilgiler istenilen yere gönderilmektedir. Yine bu sistem, besleme sistemi üzerindeki arızaların yerini belirlemektedir. UME de bulunan başlıca referans veya ulusal su standartları aşağıda tarif edilmiş olup, **Şekil - 1** ile gösterilmiştir. Bu standartlar:

2.2.1 ULUSAL STANDARTLARIN TANITILMASI

Büyük Test Hattı - Gravimetrik Su debi ölçüm Standardı

250, 400, 600 mm çaplı, %0,035 (k=2) belirsizlikte, 300-3000 m³/h debi aralığındaki Su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak üzere, 30 ton kapasiteli gravimetrik debi ölçüm sistemi bulunmaktadır. Bu sistem aynı zamanda orta test ile de bağlantılıdır.

Orta Test Hattı - Gravimetrik Su debi ölçüm Standardı

200, 150, 125 mm çaplı, %0,015 (k=2) belirsizlikte, 30-500 m³/h debi aralığındaki Su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak üzere, 5 ton kapasiteli gravimetrik debi ölçüm sistemi bulunmaktadır. Bu sistem aynı zamanda büyük test hattı ve küçük test hattı ile de bağlantılıdır.

Küçük Test Hattı-1-Gravimetrik Su debi ölçüm Standardı

Ölü ağırlık test sistemli, 100, 80, 65, 50 mm çaplı, %0,015 (k=2) belirsizlikte, 10-100 m³/h debi aralığındaki Su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak üzere, 1 ton kapasiteli gravimetrik debi ölçüm sistemi bulunmaktadır. Bu sistem aynı zamanda Orta test hattı ve küçük test hattı-2 ile de bağlantılıdır.

Küçük Test Hattı-2-Volumetrik Su debi ölçüm Standardı

40, 32, 25, 20 mm çaplı, %0,015 (k=2) belirsizlikte, 0,030-103 m³/h debi aralığındaki Su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak üzere, 1 ve 5 galon kapasiteli volumetrik debi ölçüm sistemi-piston prover bulunmaktadır.. Bu sistem aynı zamanda Küçük test hattı-1 ve küçük test hattı-3 ile de bağlantılıdır.

Küçük Test Hattı-3-Gravimetrik Su debi ölçüm Standardı

15, 10, 5 mm çaplı, %0,015 (k=2) belirsizlikte, 0,001-2 m³/h debi aralığındaki Su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak üzere, 10 kg kapasiteli gravimetrik debi ölçüm sistemi bulunmaktadır. Bu sistem aynı zamanda küçük test hattı-2 ile de bağlantılıdır.

2.2.2 REFERANS STANDARTLARIN TANITILMASI**Büyük Test Hattı- DN 400 ve DN 250'lik Elektromanyetik Debimetreler**

200, 250, 400, 600 mm çaplı, %0,2 (k=2) belirsizlikte, 0-1000 m³/h ve 0-2500 m³/h debi aralıklarındaki Su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak için DN 400 ve DN 250'lik elektromanyetik debimetreler **kullanılmaktadır**. Bu sistem aynı zamanda Gravimetrik Su debi ölçüm Sistemiyle de bağlantılıdır.

Orta Test Hattı- DN 150' lik Türbin Tip Debimetre

150, 125, 100 mm çaplı, %0,3 (k=2) belirsizlikte, 60-600 m³/h debi aralığındaki Su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak için DN150'lik türbin tip debimetre kullanılmaktadır. Bu sistem aynı zamanda gravimetrik Su debi ölçüm Sistemiyle de bağlantılıdır.

Küçük Test Hattı- 1- DN 80' lik Türbin Tip Debimetre

80, 65, 50 mm çaplı, %0,3 (k=2) belirsizlikte, 18-180 m³/h debi aralığındaki Su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak için DN80'lik türbin tip debimetre kullanılmaktadır. Bu sistem aynı zamanda gravimetrik ve volumetrik Su debi ölçüm Sistemleriyle de bağlantılıdır.

Küçük Test Hattı- 2- DN 32' lik Türbin Tip Debimetre

40, 32, 25, 20 mm çaplı, %0,2 (k=2) belirsizlikte, 3-30 m³/h debi aralığındaki Su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak için DN32'lik türbin tip debimetre kullanılmaktadır. Bu sistem aynı zamanda gravimetrik ve volumetrik Su debi ölçüm Sistemleriyle de bağlantılıdır.

Küçük Test Hattı- 3- DN 15' lik Türbin Tip Debimetre

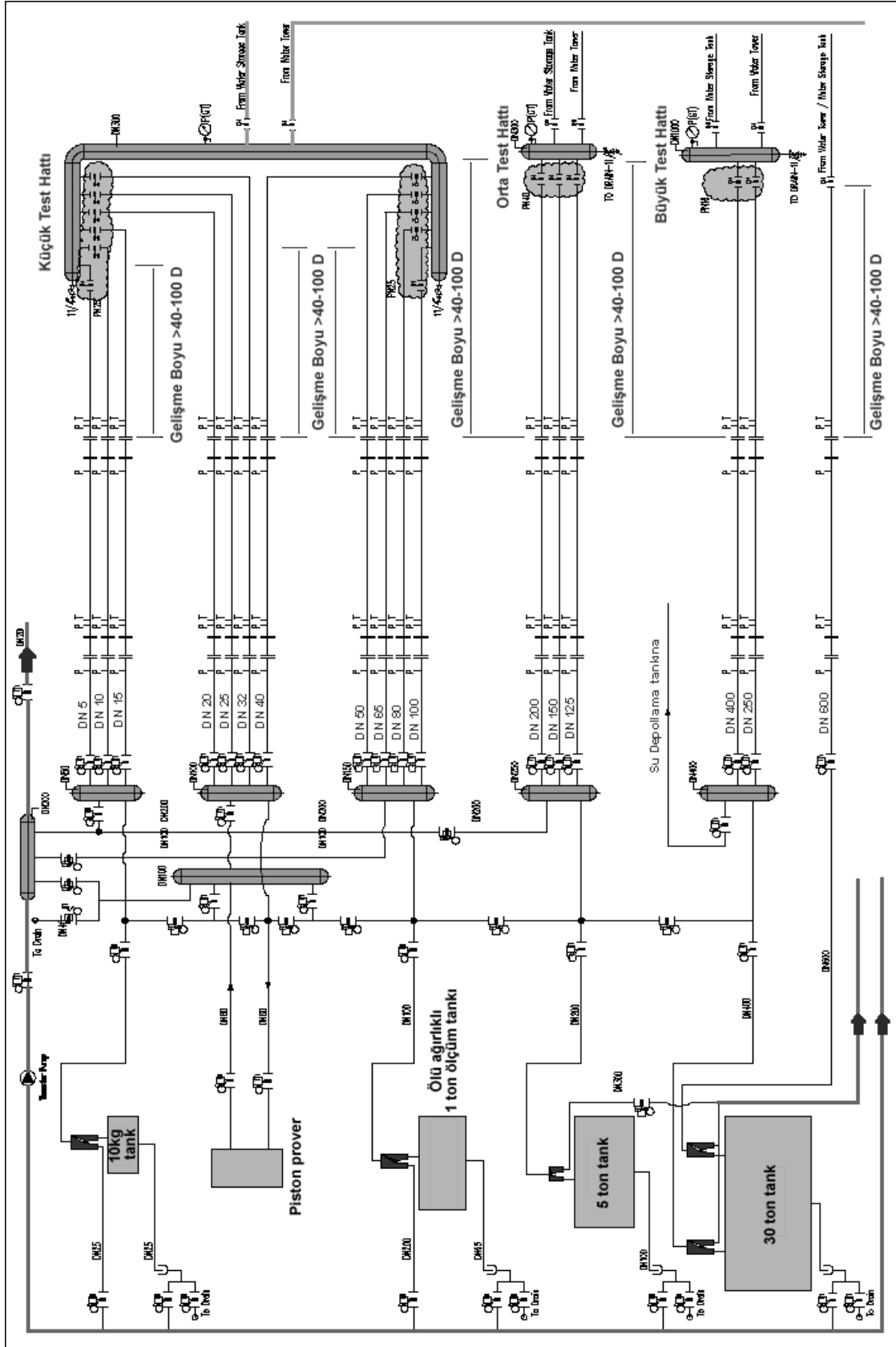
15, 10, 5 mm çaplı, %0,3 (k=2) belirsizlikte, 0,6-6 m³/h debi aralığındaki Su sayaçlarının ölçüm ve kalibrasyon hizmetlerini karşılamak için DN15'lik türbin tip debimetre kullanılmaktadır. Bu sistem aynı zamanda gravimetrik ve volumetrik Su debi ölçüm Sistemleriyle de bağlantılıdır.

2.2.3 SICAK SU REFERANS STANDARTLARIN TANITILMASI

100, 50, 25 mm çaplı, %0,15 (k=2) belirsizlikte, 0,2-100 m³/h debi aralığındaki 70 ° C sıcak su sayaçlarının kalibrasyonunu yapacak 3 adet Coriolis debimetre Sistemi (Isıtıcı, besleme, otomasyon, veri alımı ve değerlendirilmesi, v.b) Enstitümüzde çalışır durumda mevcuttur.

2.4 KALİBRASYONUN YAPILMASI

- Kalibrasyonu yapılacak sayaç, gerekiyorsa basınçlı hava ve su ile temizlenir. Mekanik aksamın gözle muayenesi yapılır.
- Kalibrasyonu yapılacak sayacın bütünlüğü ve kalibrasyon kabiliyeti, cihazın beraberinde bulunan kullanım kılavuzu incelenerek belirlenir.
- Kalibrasyonu yapılacak sayacın bağlantı çapına uygun ölçüm hattına kalibrasyon süresi boyunca herhangi bir su kaçağına olanak vermeyecek şekilde montajı yapılır.
- Kalibrasyonu yapılacak sayaç laboratuvar ortam koşullarına gelmesi için kalibrasyona başlamadan önce 1 gün hatta bekletilir.
- Kalibrasyonu yapılacak sayacın kalibrasyonu sırasında debi bilgisinin bilgisayara iletilmesinde kullanılacak analog ve/veya dijital sinyal çıkışlarından yalnızca birinin (eğer varsa), gravimetrik ölçüm sistemine ait klemens panosuna bağlantısı yapılır.
- Genel olarak ilgili referanslarda adı geçen standartlar doğrultusunda, Q_{min} , Q_t , Q_n , Q_{max} ve $1.2 Q_{max}$ olmak üzere, herbir durum için en az üç kere debi değerleri okunur.
- Basınç ve sıcaklıklar okunarak kaydedilir. Gravimetrik sistemden alınan veriler, debi bilgisine çevrilirken hacimsel debi için ölçümün gerçekleştiği andaki su sıcaklığı ile yoğunluk hesaplanır.
- Alınan verilerle, Excel'de, formlardaki ikinci tabloyu kullanarak, yoğunluk, debi, hata ve standart sapma hesaplamaları yapılır.



Şekil 1. TUBİTAK – UME Su Debi Ölçüm Sistemi

2.5 KALİBRASYON ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİNİN HESAPLANMASI

Kalibrasyondaki belirsizlik, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)" ve EA-4/02 dokümanlarına uygun olarak hesaplanmıştır.

2.5.1 MODEL FONKSİYON

1. durum: Direkt Q_m okunduğunda, hata:

$$B = (Q_m + \delta Q_m) - Q_r$$

2. durum: $Q_m = V/t$ olarak hesaplandığında, hata:

$$B = ((V + \delta V)/t) - Q_r$$

2.5.2 BELİRSİZLİK BİLEŞENLERİ

Q_{min}	: Minimum debi
Q_m	: Sayaçtan okunan debi
Q_{max}	: Maximum debi
V	: Sayaçtan geçen akışkan hacmi
Q_t	: İntikal (Geçiş) debisi, maksimum debinin %20 'si
Q_r	: Gerçek debi
t	: Kalibrasyon boyunca geçen zaman
B	: Hata
$u(S_B)$: Standart sapma
δQ_m	: Debi okuma çözünürlüğü
δV	: Hacim okuma çözünürlüğü
$U(t)$: Kronometre belirsizliği

A) Referanstan Gelen Belirsizlik:

1) Referansın Ölçüm Belirsizliği: $U(r)$

B) Ölçülen Değerdeki Belirsizlik

B-1) Direkt Q_m Kütleli debi okunduğu zaman:

1) Hatanın Standart Sapması: $u(S_B)$

Herbir sabit akış değeri için (genellikle; Q_{min} , Q_t , Q_n , $0,7 * Q_{max}$ ve Q_{max} debilerinde) tek tek veriler alınır. Veri ve hesap tablosunda her bir debi için, hata hesaplanır ve hataların standart sapma değerleri aşağıdaki esaslara göre hesap ettirilir.

$$B = (Q_m + \delta Q_m) - Q_r$$

$$u(S_B) = \sqrt{[(\sum (B_i - B_{ort})^2) / (n-1)]}$$

$$\text{Ortalama değer: } B_{ort} = (B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n) / n$$

$u(S_B)$ değerleri, her bir akış değeri için bulunur. Standart sapma \sqrt{n} 'e (aynı debideki ölçüm sayısı) bölünerek, toplam belirsizlik hesabına alınır.

2) Çözünürlükten gelen belirsizlik: $u(\delta Q_m)$

Dijitaller için:

Çözünürlük = okunabilen en küçük değer/2

Analoglar için:

Çözünürlük = en yakın iki çizgi arası/ n (göz kararı)

$u(\delta Q_m)$ = Çözünürlük

Çözünürlükten gelen belirsizlik, dikdörtgensele dağılım gösterir ve toplam belirsizlik hesabında $u(\delta Q_m)/\sqrt{3}$ olarak alınır.

Toplam Belirsizlik:

$$U(B) = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{u(\delta Q_m)}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{u(S_B)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{U(r)}{2}\right)^2}$$

Herbir debi için ayrı ayrı belirsizlik değerleri hesaplanır.

B-2) Debi, V/t olarak hesaplandığı zaman:

1) Hatanın Standart Sapması: $u(S_B)$

Herbir sabit akış değeri için (genellikle; Q_{min} , Q_t , Q_n , $0,7 \cdot Q$ ve Q_{max} debilerinde) tek tek veriler alınır. Veri ve hesap tablosunda her bir debi için, hata hesaplanır ve hataların standart sapma değerleri aşağıdaki esaslara göre hesap edilir.

$s(x) = \sqrt{[(\sum(B_i - B_{ort})^2)/(n-1)]}$ olarak hesaplanır.

Ortalama değer: $B_{ort} = (B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n)/n$

$s(1)$, $s(2)$, $s(3)$, $s(4)$ ve $s(5)$ değerleri her bir akış değeri için bulunur. Standart sapma \sqrt{n} 'e (aynı debideki ölçüm sayısı) bölünerek, toplam belirsizlik hesabına alınır.

2) Hacim okumanın çözünürlüğünden gelen belirsizlik: $u(\delta V)$

Dijitaller için:

Çözünürlük = okunabilen en küçük değer/2

Analoglar için:

Çözünürlük = en yakın iki çizgi arası/ n (göz kararı)

$u(\delta V)$ = Çözünürlük

Çözünürlükten gelen belirsizlik, dikdörtgensele dağılım gösterir ve toplam belirsizlik hesabında $u(\delta V)/\sqrt{3}$ olarak alınır.

3) Zaman sayıcı (kronometre vb.) belirsizliği: $U(t)$

$U(t)$ = sertifika değeri

Genişletilmiş belirsizlik olduğu için, toplam belirsizlik hesabında $U(t)/2$ olarak alınır.

Belirsizlik hesabı:

a) Hacim ölçümünden gelen belirsizliğin hassasiyet katsayısı:

$$\frac{\partial Q_m}{\partial V} = \frac{1}{t}$$

b) Zaman ölçümünden gelen belirsizliğin hassasiyet katsayısı:

$$\frac{\partial Q_m}{\partial t} = -\frac{V}{t^2}$$

Toplam Belirsizlik:

$$U(B) = 2^* \sqrt{\left(\frac{\partial Q_m}{\partial V} * \frac{u(\delta V)}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\partial Q_m}{\partial t} * \frac{U(t)}{2}\right)^2 + \left(\frac{u(S_B)}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{U(r)}{2}\right)^2}$$

Herbir debi için ayrı ayrı belirsizlik değerleri hesaplanır.

Gerçek debi:

Q = Q_m - B ± U(B) olarak bulunur.

3. SU SAYAÇLARI İZLENEBİLİRLİLİĞİ

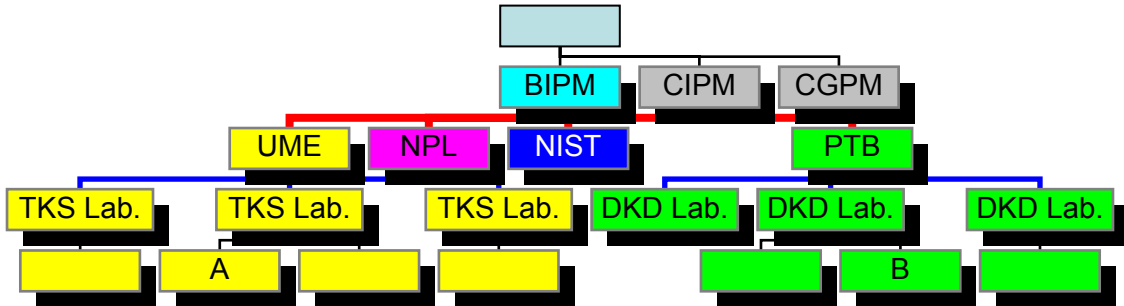
3.1. İZLENEBİLİRLİLİK

Bir ölçüm sonucunun veya bir ölçüm standardının değerinin belirli referanslarla, genellikle ulusal veya uluslararası standartlarla, tamamının ölçüm belirsizliği belirlenmiş olan kesintisiz bir karşılaştırmalı ölçüm zinciri ile ilişkilendirilebilmesi özelliğidir. Ölçme cihazının gösterdiği ölçüm değeri ile ilgili ölçme büyüklüğünün ulusal standartla mukayesesi kademeler halinde sağlanır. Kademelerin her birinde, ölçme cihazı; ölçüm sapması daha önceden bir üst seviye standartla kalibre edilerek belirlenmiş bir standart ile karşılaştırılır.

İzlenebilirliklerin en önemli teyidi ulusal veya uluslar arası karşılaştırmalarla sağlanır.

3.2. ULUSLAR ARASI İZLENEBİLİRLİLİK ZİNCİRİ:

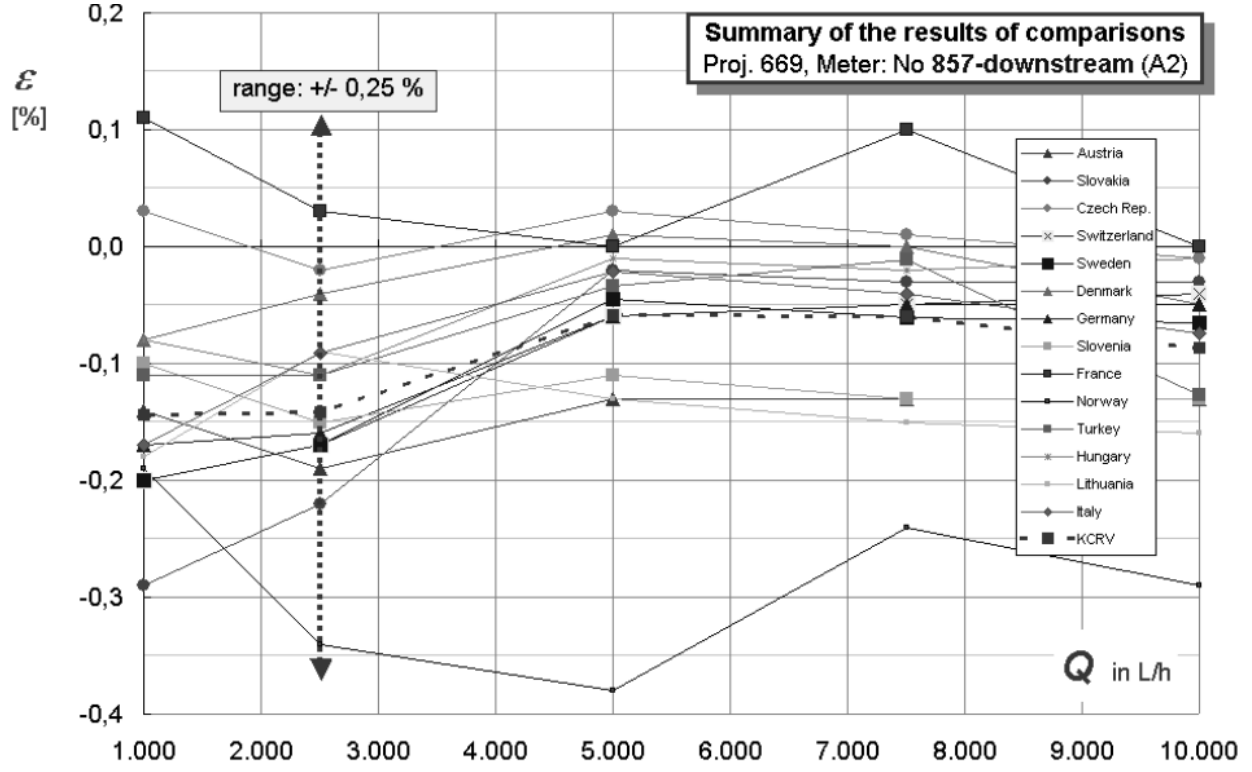
Uluslar arası izlenebilirlik zinciri aşağıdaki şemada gösterilmiştir. Şemanın en tepesinde BIPM ve en sonunda da kullanıcı yer almaktadır.



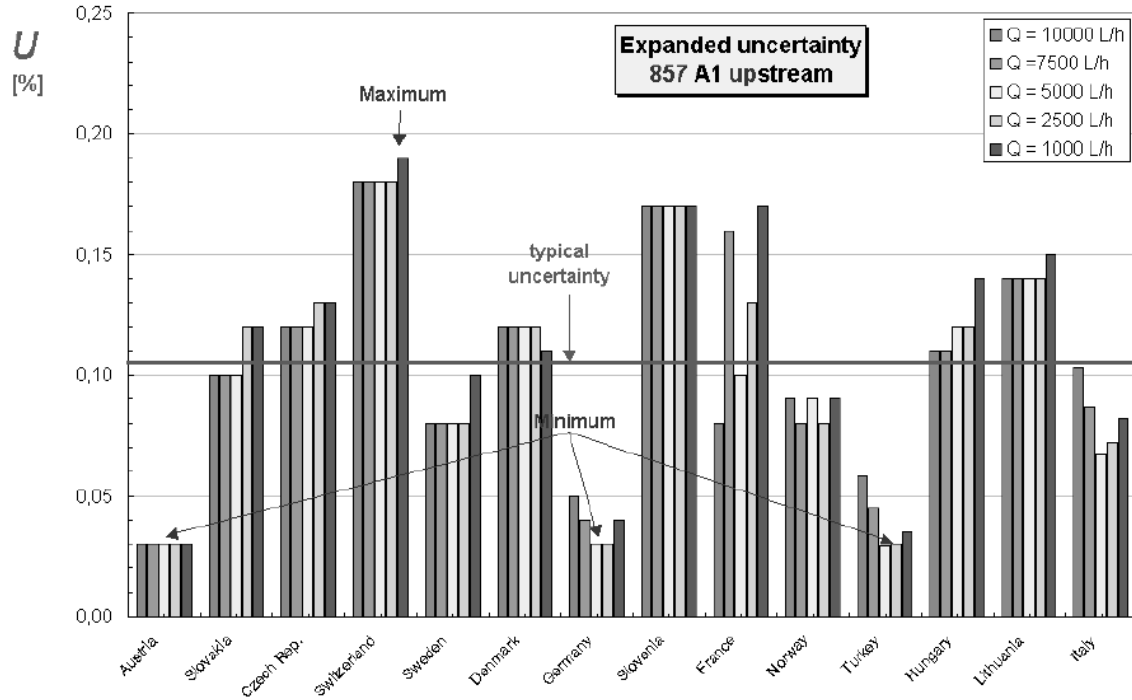
Şekil 2. Uluslararası İzlenebilirlik Zinciri

3.3. UME REFERANS SU STANDARDININ ULUSLAR ARASI KARŞILAŞTIRMA RAPORU

Aşağıdaki grafikler EUROMET 669 Proje raporundan alınmış olup; UME' nin ölçüm sonuçlarının 15 Avrupa ülkesi içerisinde en küçük hata ve belirsizliğe sahip ülkeler içerisinde yer aldığı Şekil-3 ve Şekil -4 den görülmektedir.



Şekil 3. Hata – Debi Karşılaştırma Grafiği



Şekil- 4. Belirsizlik Karşılaştırma Grafiği

4. YASAL METROLOJİ AÇISINDAN SU SAYAÇLARI KALİBRASYONUNUN ÖNEMİ

11/1/1989 tarihli ve 3516 sayılı Ölçüler ve Ayar Kanunu ile 29/6/2001 tarihli ve 4703 sayılı ürünlere ilişkin teknik mevzuatın hazırlanması ve uygulanmasına dair kanuna dayanılarak, 31/3/2004 tarihli ve 2004/22/EC sayılı Avrupa Birliği ölçü aletleri direktifine paralel olarak Sanayi Ticaret Bakanlığı tarafından ölçü aletleri Yönetmeliği (2004/22/AT) hazırlanmış olup, bu yönetmelik 7 Ağustos 2008 perşembe – resmi gazete de çıkararak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik Su sayaçlarını da kapsamaktadır.

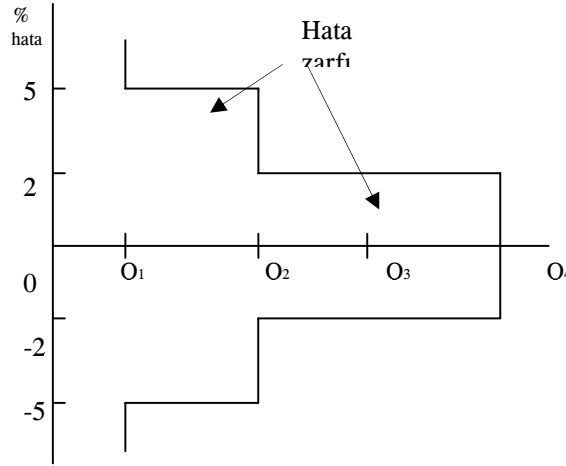
Yönetmeliğin veya direktifin amacı, Kamu menfaati, kamu sağlığı, kamu emniyeti, kamu düzeni, tüketicilerin korunması, çevrenin korunması, vergilerin ve harçların toplanması ve adil ticaret gibi ilgili alanlarındaki ölçü cihazlarının ve işlemlerinin yasal metrolojik kontrollerinin yapılması ve CE işaretinin vurulmasıdır.

Yönetmeliğin veya direktifin kapsamı, su sayaçları (MI-001), gaz sayaçları ve hacim dönüştürme cihazları (MI-002), aktif elektrik enerji sayaçları (MI-003), ısı sayaçları (MI-004), su haricindeki sıvıların miktarlarını sürekli ve dinamik ölçen ölçme sistemleri (MI-005), otomatik tartı aletleri (MI-006), taksimetreler (MI-007), malzeme ölçerler (MI-008), boyutsal ölçüm cihazları (MI-009), egzoz gazı analiz cihazları (MI-010) ile ilgili olarak bu yönetmeliğin cihaza özgü eklerinde tanımlanan ölçüm fonksiyonu olan cihazları ve sistemleri kapsar.

4.1.YASAL METROLOJİ AÇISINDAN SU SAYAÇLARI İÇİN MÜSAADE EDİLEN MAKSİMUM HATALAR

Kalibrasyon sonucu ölçümü yapılan sayacın hata ve belirsizlik değerleri hesap edilir ve yasal metroloji kurallarına göre bu sayacın aşağıdaki şartları ("MIH" değerleri) sağlayıp sağlamaması durumuna göre sayaç kabul veya reddedilir (Şekil-5).

- Minimum debi (Q_{min}) ve geçiş debisi (Q_t) (hariç) arasında maksimum müsaade edilen hata, $\pm 5\%$ dir.
- Geçiş debisi (Q_t) ve aşırı debi (Q_r) arasında maksimum müsaade edilen hata:
 $\pm 2\%$, su sıcaklığı $\leq 30\text{ }^\circ\text{C}$;
 $\pm 3\%$, su sıcaklığı $> 30\text{ }^\circ\text{C}$.
- **Tekrarlanabilirlik:** Aynı ölçme şartları altında, aynı ölçülen büyüklüğün uygulanması halinde ölçüm sonuçları birbirine yakın olmalıdır. Ölçüm sonuçları arasındaki fark, MİH ile kıyaslandığında daha küçük olmalıdır. **Tekrarlanabilirlik, ölçüm belirsizliğinin en önemli parametrelerinden biridir.**



Şekil 5. Su Sayaçları Hata Eğrisi Zarfı

5. SONUÇ

Bu sunuda, kalibrasyonun ne olduğu tariflenmiş olup; TÜBİTAK-UME referans standartları özet olarak anlatılmıştır. Ayrıca;

- Su sayaçları kalibrasyonunun nasıl yapıldığı
- Ölçüm hata ve Belirsizliklerinin nasıl hesap edileceği
- İzlenebilirlik zincirinin gerekliliği ve hiyerarşisi
- UME su standardı karşılaştırma sonucu
- Yasal Metroloji açısından kalibrasyonun önemi anlatılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Directive 2004/22/EC of the European parliament and of the Council of 31 March 2004 on Measuring instruments.
- [2] 2004/22/AT, Ölçü Aletleri Yönetmeliği, 7 Ağustos 2008.
- [3] ISO 4064-1 ve 4064-3 (2005), Measurement Of Water Flow in Fully Charged Closed Conduits- Meters For Cold Potable Water And Hot Water-Part 1, 3.
- [4] OIML R –49 Water Meters İntended For The Metering Of Cold Water.
- [5] EN 14154-3:2005 Water Meters- Part 3: Test Methods And Equipment.
- [6] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)" ve EA-4/02.
- [7] ISOO 5168, Measurement of Fluid Flow- Extermination of Uncertainty of a Flow –Rate Measurement, International Organization for Standardization Switzerland, 1998.
- [8] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, International Organization for Standardization, Switzerland, 1993.
- [9] John Bentley, Measurement Systems,(Long man Group UK Limited) ,1995.
- [10] David Spitzer, Industrial Flow Measurement, (Instrument Society of America), 1990.
- [11] Roger C. Baker, Flow Measurement Handbook, Cambridge University Press, 2000.
- [12] Roger C. Baker, An Introductory Guide to Industrial Flow, MEP, 1995. Jim E. Hardy, Jim O. Hylton, Tim E. McKnight, Carl J. Remenyik, Francis R. Ruppel, John Wiley&Sons Inc., 1999.
- [13] Bela G. Liptak, Flow Measurement, Chilton Book Company, 1993.
- [14] D.W. Spitzer, Flow Measurement, ISA, 2001. D.W. Spitzer, Flow Measurement, ISA, 2001.

ÖZGEÇMİŞ

Vahit ÇİFTÇİ

1975 yılında YTÜ Makine Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. 1977 yılında aynı Üniversitenin Makine Mühendisliği Enerji Makineleri ana bilim dalında Yüksek Mühendislik eğitimini bitirdikten sonra 1977-1978 yılları arasında Zonguldak - Kara elmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümü Termodinamik ve Isı Transferi Ana bilim dalı'nda Asistan olarak görev yapmıştır. 1978 yılında Milli Eğitim Bakanlığı Doktora bursuyla İngiltere' ye gidilerek bir yıl İngilizce dili hazırlık kursu sonrası University of Strathclyde – GLASGOW, da 1983 yılında Doktor unvanını almıştır. 1983-1985 Yılları arasında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik ve Isı Transferi Ana bilim Dalı'nda Yrd. Doç. Dr. Olarak görev yapmıştır. 1985 – 1995 yıllar arası TŞ. C.F.A.Ş de AR-GE Mühendisi olarak çalışmıştır. 1995 yılından beridir de TÜBİTAK – UME' de Başuzman Araştırmacı olarak Akışkanlar Mekaniği Laboratuvarlarında çalışmaktadır.