

**T.C.**  
**Çevre ve Şehircilik Bakanlığı**  
**Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü**  
**İklim Değişikliği ve Uyum Dairesi Başkanlığı**

**Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında**  
**Tebliğ**

**Belirsizlik Değerlendirmesine İlişkin Rehber**

Bu rehber, Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmeliğin uygulanmasını kolaylaştırmak ve mevzuatın daha doğru yorumlanması hususunda yardımcı olmak amacıyla hazırlanmıştır.

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Bu doküman hakkında

Bu rehber, Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik ve alt mevzuat kapsamında hazırlanmıştır. Bu rehber, tesisler için belirsizlik değerlendirmesi koşullarını daha ayrıntılı şekilde açıklamaktadır ve belirsizlik değerlendirmesine ilişkin hususlar ile ilgili olarak Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Tebliğini (İRT) yorumlamaktadır.

Rehber, İRT'nin gerekliliklerini mevzuat dili kullanmadan açıklayarak söz konusu belgeyi desteklemek üzere yazılmıştır. İRT'nin zorunlu koşullarına yenilerini eklememekte ancak yorumlamanın daha doğru yapılmasına ve uygulamanın kolaylaştırılmasına yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Bununla birlikte, her zaman İRT'nin hükümleri esastır.

## 1.2 Yasal metinler

- 17.05.2014 tarih ve 29003 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik
- 22.07.2014 tarihli ve 29068 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ (Değişiklik Tarihi: 05.02.2021 tarihli ve 31386 sayılı Resmi Gazete)
- 02.12.2017 tarihli ve 30258 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Sera Gazı Emisyon Raporlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Akreditasyonu Tebliği

## 1.3 Daha fazla bilgi nereden edinilir

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan rehberler aşağıda sıralanmaktadır:

- Belirsizlik Değerlendirmesine İlişkin Rehber: Tesisler için olan bu doküman, kullanılan ölçüm ekipmanına bağlı belirsizliğin değerlendirilmesi konusunda bilgi verir ve böylece işletmeye özel kademe gereklilikleri ile uyumu sağlayıp sağlamadığını belirlemesi konusunda yardımcı olur.
- Örnekleme ve Analize İlişkin Rehber
- Veri Akış Faaliyetleri ve Kontrol Sistemine İlişkin Rehber
- Biyokütle ile İlgili Hususlara İlişkin Rehber
- Aday Baş Doğrulayıcı/Doğrulayıcı Yetiştirilmesi ve Atanmasına İlişkin Rehber
- Analiz Gerektiren Kademe Uygulamalarına İlişkin Rehber
- Doğrulama Sözleşmelerine İlişkin Rehber
- Teknik Uzmanların Değerlendirilmesi ve Atanmasına İlişkin Rehber

## 2. BELİRSİZLİK DEĞERLENDİRMESİ

### 2.1. Belirsizlik nedir?

“Veri ne kadar iyi?” ve “Emisyon verisinin üretildiği ölçümlere güvenebilir miyiz?” gibi sorular sera gazı emisyonlarının izlenmesi, raporlanması ve doğrulanmasına ilişkin oluşturulan (İRD) sistemin kalitesini belirlemeye yönelik temel sorulardır. Ölçümlerin kalitesi değerlendirildiğinde uluslararası standartlar “belirsizlik” miktarına atıfta bulunmaktadır. Bu kavramın daha fazla açıklanması gerekmektedir.

“Belirsizlik” gibi sıkça kullanılan başka terimler de bulunmakta olup anlamları aşağıda açıklanmıştır. Bunlar eş anlamlı olmayıp her birinin kendi anlamı vardır:

**Doğruluk:** Ölçülen değer, gerçek değere olan yakınlığını ifade eder. Eğer bir ölçüm doğru ise, ölçüm sonuçlarının ortalaması “gerçek” değere yakındır (örneğin, onaylı standart bir malzemenin nominal değeri olabilir). Eğer bir ölçüm doğru değilse, bu sistematik hatadan dolayı olabilir. Genellikle, cihazların ayarlanması ve kalibrasyonu yolu ile bu durumun üstesinden gelinir.

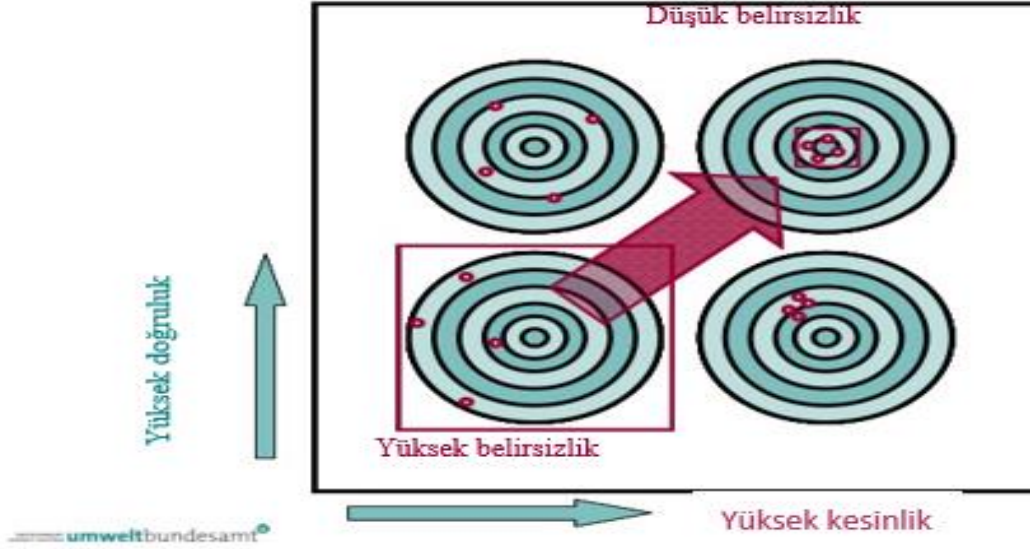
**Kesinlik:** Aynı nicelikte ölçülmüş miktarın aynı şartlar altında ölçüm sonuçlarının yakınlığını tanımlar (örneğin aynı şeyin birçok defa ölçülmesi). Bu terim genelde ortalamanın çevresindeki değerlerin standart sapması olarak nitelenmektedir. Tüm ölçümlerin azaltılabilen fakat tamamen yok edilemeyen rastgele hatalar içerdiği gerçeğini yansıtır.

**Belirsizlik:** Bu terim, gerçek değer, belirtilen bir güven seviyesinin içerisinde yer almasının beklendiği aralığı ifade eder. Belirsizlik, kesinlik ve ön görülen doğruluğu birleştiren kapsayıcı kavramlardan biridir. Şekil 1’de gösterildiği üzere, ölçümler doğru fakat kesin olmayabilir, ya da tam tersi olabilir. İdeal durum ölçümün hem doğru hem de kesin olmasıdır.

Laboratuvarlar, yöntemlerini değerlendirmek ve optimize etmek için doğruluk ve kesinliği birbirinden ayırırlar. Bu şekilde hata ve kusurları belirleyebilirler. Bu sayede hataların farklı nedenlerini, örneğin ölçüm aletlerinin bakım veya kalibrasyon ihtiyacı ya da personelin daha iyi eğitilmesi, görebilirler. Bununla birlikte, Bakanlık veya tesisler ise gerçek değer içinde bulunabileceği aralığın ne kadar büyük olduğunu bilmek istemektedir (ölçülen ortalama değer  $\pm$  belirsizlik).

Emisyon raporunda, emisyonlar için sadece bir değer verilir. Doğrulanmış emisyon verisi olarak sadece tek bir değer girilir. Bu nedenle söz konusu belirsizliğin ortaya konması ve bu değer olabildiğince azaltılması önemlidir. Bu çerçevede, Bakanlık izleme planında yer alan belirsizlik değerlerini inceleyerek izleme planını onaylar, işletmeler de bu onaylı değerlere ve kademelere uymak zorundadır.

İRT uyarınca belirsizlik değerlendirilmesi, destekleyici belge olarak izleme planına eklenir.



Şekil 1: Doğruluk, kesinlik ve belirsizlik kavramlarının gösterimi

Şekil 1’de yer alan dairelerin ortası varsayılan gerçek değeri, kırmızı noktalar ise ölçüm sonuçlarını temsil etmektedir.

## 2.2. İRT Uyarınca Belirsizlik

İRT’de “belirsizlik” kavramı birçok durumda karşımıza çıkmaktadır. En önemli kısımları ise şunlardır:

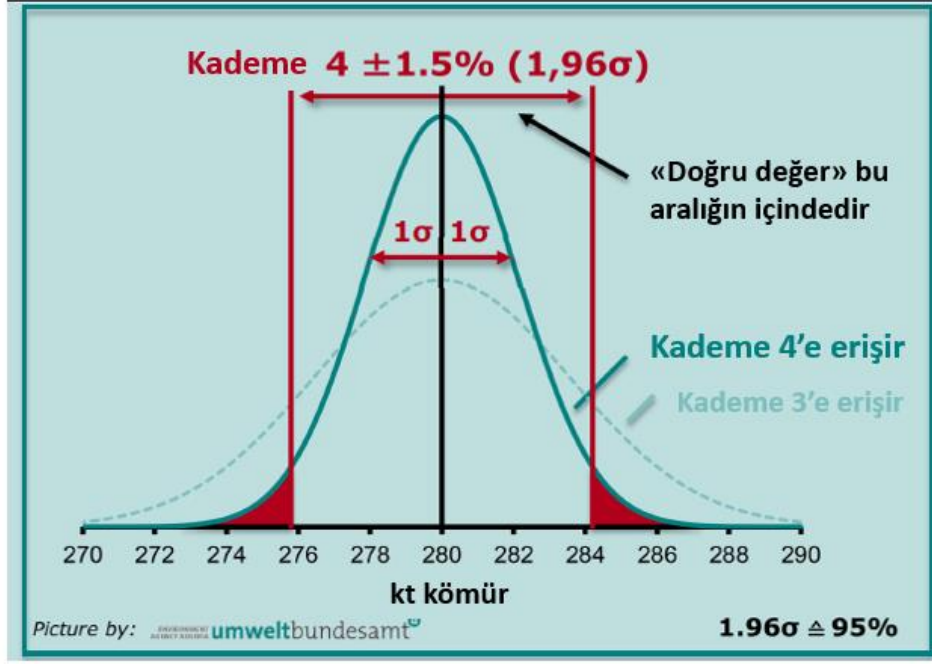
- İRT uyarınca, tesisler aşağıdaki bilgi ve belgeleri izleme planı ile birlikte sunar:
  - Faaliyet verisine ilişkin belirsizlik eşiklerinin sağlandığına dair bilgi ve belge<sup>1</sup>,
  - Gerekli ise, hesaplama faktörleri için istenen belirsizliğin sağlandığına dair bilgi ve belge,
  - Varsa, ölçüm temelli yöntemlere ilişkin belirsizlik gereksinimlerinin sağlandığına dair bilgi ve belge,
  - Tesisin tümü veya bir bölümü için asgari yöntem (kademelere dayanmayan izleme yöntemi) uygulanıyorsa, belirsizlik eşiğinin karşılandığını göstermek amacıyla tesisin toplam emisyonları için bir belirsizlik değerlendirmesi.
- İRT uyarınca, düşük emisyonlu tesisler Bakanlığa belirsizlik değerlendirmesi sunmaktan muaf tutulmaktadır. Ancak doğrulama sürecinde kademelere dayalı bir yöntem ile izleme yapılıyor ise belirsizlik değerlendirmesi doğrulayıcı kuruluşa sunulmalıdır.

Belirsizliğin, İRT uyarınca gerekli kılınan %95 güven seviyesi içerisinde olması gerektiğine dikkat edilmelidir. Bu, doğru değer belirsizlik olarak belirtilen aralıkta olma ihtimalinin %95 olduğu anlamına gelir. Gerekli olduğu durumlarda bu olasılığı %95’e çıkarmak için standart belirsizliğin iki katı olarak hesaplanan genişletilmiş belirsizliğin kullanılması gerekir.

### Örnek: Kömür tüketiminin belirsizliği

Örnek bir C kategori tesis, yılda 280.000 ton kömür tüketiyor. Bu tesis için, yakıt miktarının belirlenmesi için kademe 4’ün kullanımı gereklidir (belirsizlik:  $\pm\% 1,5$ ).

<sup>1</sup> Örneğin, üreticinin açıklamaları ya da yapılan hesapları içeren dokümanlar olabilir. Sunulan bu bilgi/belge, Bakanlığın izleme planını onaylaması için yeterli içerikte olmalıdır.



Şekil 2: Kademe Güven Aralığı Gösterimi

Bu, ölçüm sisteminin %95 ( $2\sigma$ ) güven seviyesinde "doğru değer"  $280 \pm 4,2$  kt ( $\pm 1,5$ ) dahilinde olmasına izin veren sonuçlar sağlanması gerektiği anlamına gelir<sup>2</sup>.

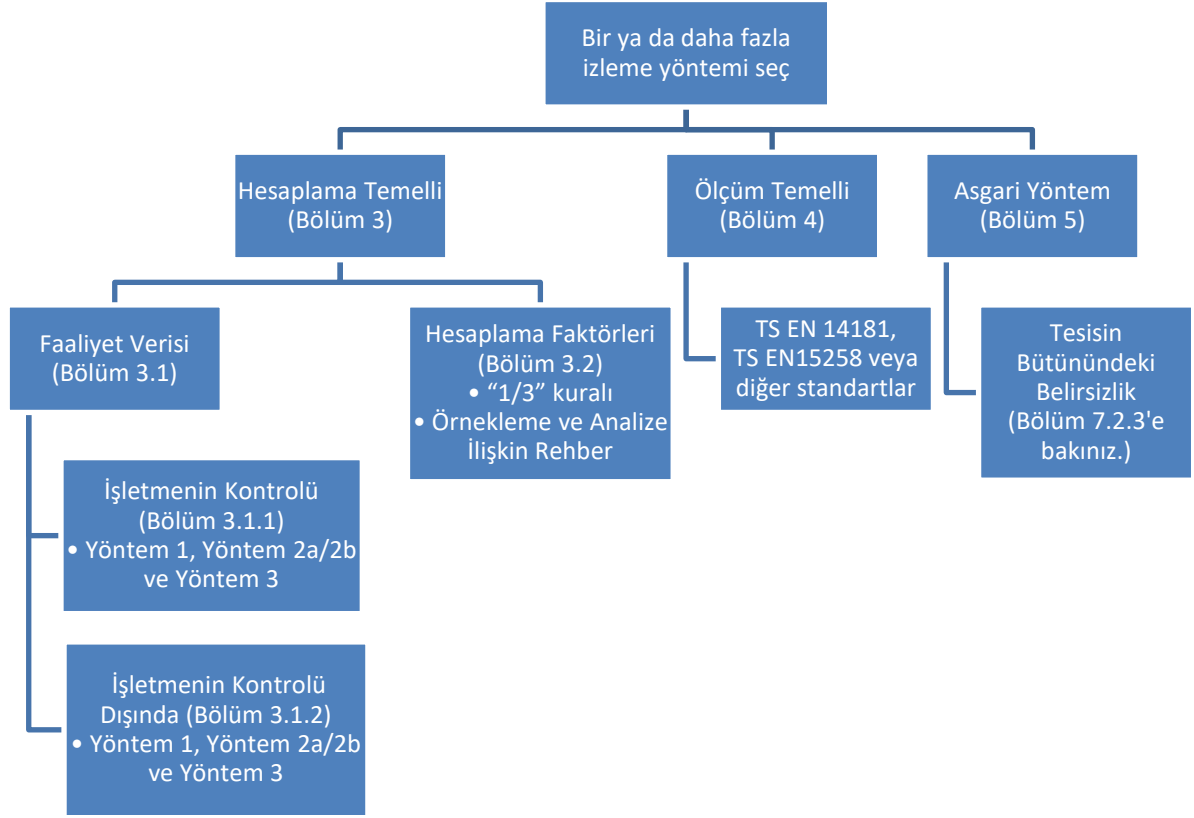
**Önemli not:** Belirsizlik değerlendirmesi hangi kademenin karşılandığını belirlemek için gereklidir. İzleme planı her zaman için gereken en düşük kademeyi değil, gerçekte uygulanan kademeyi yansıtmalıdır. Halihazırda daha yüksek kademeler sağlanabiliyorsa ilgili veriler kullanılmalıdır. Ayrıca, genel kural işletmelerin mümkün olduğu yerde izleme sistemlerini geliştirmesidir.

Bu rehber, İRT'de belirsizliğe nasıl yaklaşıldığına ve belirsizliğin önemine ilişkin genel anlayış sağlamaktadır.

### 2.3. Rehberin İçeriği

Tesis için seçilen izleme yöntemlerine ilişkin belirsizliğin değerlendirilmesi için bu rehberde hangi bölümlere bakılması gerektiği Şekil 2'de gösterilmektedir.

<sup>2</sup> %95 güven seviyesi, standart sapmanın 1,96 katı ile ilgilidir. Basit olması için bu değer genellikle standart sapmanın iki katına yuvarlanır.



Şekil 3: Belirsizliğin değerlendirilmesine dair rehberin ilgili bölümleri

Yukarıdaki şekilden de görüleceği üzere, bu rehber kullanılan izleme yöntemine göre bölümlere ayrılmıştır:

- Hesaplama temelli yöntemler Bölüm 3'te,
- Ölçüm temelli yöntemler Bölüm 4'te,
- Asgari yöntem ise Bölüm 5'te açıklanmaktadır.

İRT kapsamında çeşitli basitleştirme seçeneklere bağlı olarak, Şekil 2'de gösterildiği üzere genellikle tesisin belirli kademelere denk gelen belirsizlik seviyelerini sağladığını gösterebileceği birçok yol bulunmaktadır. Bu yollar rehberin ilgili bölümlerinde kodlar aracılığı ile ifade edilmektedir. Örneğin, eğer hesaplama temelli yöntem kullanılmışsa ve bir kaynak akışının faaliyet verileri tesisin kontrolü dışında bir ölçüm sistemi ile izlenmişse, Bölüm 3, 3.1 ve 3.1.2 (Yöntem 1, Yöntem 2a/2b veya Yöntem 3) faaliyet verileri ile ilgili belirsizliğin değerlendirilmesi için rehberlik sağlar.

### 3. HESAPLAMA TEMELLİ YÖNTEMLER İÇİN BELİRSİZLİK

Aşağıdaki formül, İRT çerçevesinde standart yöntem ile yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonlarının hesaplanmasını göstermektedir:

Örnek 1:

Örnek: Yakıtların yanmasının hesaplama temelli yöntem ile izlenmesi

$$Em = FV \times NKD \times EF \times YF \times (1-BO)$$

Burada;

Em ..... = Emisyonlar [t CO<sub>2</sub>]

FV ..... = Faaliyet verisi (= yakıt miktarı) [t ya da Nm<sup>3</sup>]

NKD ..... = Net Kalorifik Değer [TJ/t veya TJ/Nm<sup>3</sup>]

EF ..... = Emisyon Faktörü [t CO<sub>2</sub>/TJ, t CO<sub>2</sub>/t veya t CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>]

YF ..... = Yükseltgenme Faktörü [birimsiz]

BO ..... = Biyokütle Oranı [birimsiz]

Her bir parametre için İRT, teknik olarak elverişli olması kaydı ile uygulanacak kademeleri tanımlamaktadır. Bu parametreler iki gruba ayrılabilir:

- Faaliyet verisi: Buradaki kademeler, raporlama döneminde yanan yakıt miktarı kapsamında gereksinim duyulan minimum belirsizlik ile ilgilidir. Bu kapsamdaki belirsizlikler ile ilgili hususlar Bölüm 3.1’de açıklanmıştır.
- Hesaplama faktörleri (NKD, EF, Karbon İçeriği vb.): Buradaki kademeler, her faktörün belirlenmesi için İRT’de ortaya konulan spesifik metodoloji ile ilgilidir. Örneğin, varsayılan değerlerin kullanılması veya analizler yapılması. Bu tür belirsizlik ile ilgili hususlar Bölüm 3.2’de açıklanmıştır.

#### 3.1 Faaliyet verileri

Dikkat: Bu bölümde hesaplama temelli yöntemle izlenen bir kaynak akışının faaliyet verileri ile ilgili açıklanan hususlar, kütle dengesi yöntemi ile izlenen kaynak akışının girdi ve çıktıları için de geçerlidir.

Bir kaynak akışının faaliyet verisine ilişkin kademeler, bir raporlama dönemi boyunca yakıt ya da malzeme miktarının belirlenmesi için kabul edilen maksimum belirsizlik eşiği kullanılarak tanımlanır. Düşük emisyonlu tesisler hariç olmak kaydıyla, gerekli kademelerin karşılandığı Bakanlığa izleme planıyla birlikte sunulan belirsizlik değerlendirmesi ile gösterilir.

Tablo 1, yakıtların yanması için kademe tanımlarını göstermektedir. Kademe eşiklerinin tam listesi İRT’de yer almaktadır.

Tablo 1: Yakıtların yanmasına dair faaliyet verilerinin belirsizliği için kademe tanımları

Kademe	Açıklama
1	Raporlama döneminde <sup>3</sup> azami izin verilebilir belirsizlik olan $\pm 7,5$ 'ten daha düşük belirsizlikle belirlenmiş yakıt miktarı, [t] ya da [Nm <sup>3</sup> ]
2	Raporlama döneminde azami izin verilebilir belirsizlik olan $\pm 5$ 'ten daha düşük belirsizlikle belirlenmiş yakıt miktarı, [t] ya da [Nm <sup>3</sup> ]
3	Raporlama döneminde azami izin verilebilir belirsizlik olan $\pm 2,5$ 'ten daha düşük belirsizlikle belirlenmiş yakıt miktarı, [t] ya da [Nm <sup>3</sup> ]
4	Raporlama döneminde azami izin verilebilir belirsizlik olan $\pm 1,5$ 'ten daha düşük belirsizlikle belirlenmiş yakıt miktarı, [t] ya da [Nm <sup>3</sup> ]

Basitleştirmelerin uygulanabileceği durumlar dışında, belirsizlik tanımının “cihazlar ve kalibrasyona ilişkin belirsizlikler, uygulamada cihazların nasıl kullanıldığı ile bağlantılı tüm ek belirsizlikler ve çevresel etkileri de içeren tüm belirsizlik kaynakları” olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Mümkün olan durumlarda, raporlama döneminin başlangıcında ve sonundaki stok değişimlerinin belirlenmesinin etkisi de hesaba dahil edilmelidir.

İRT uyarınca faaliyet verilerini belirlemek için iki seçenek vardır:

- Emisyona neden olan proseslerde sürekli ölçüm,
- İlgili stok değişimlerini dikkate alarak ayrı ayrı ölçülen miktarların toplanması.

Bu çerçevede ölçüm cihazları aşağıdaki şekilde gruplanmıştır:

- İşletmenin kontrolü altındaki ölçüm cihazları (Bölüm 3.1.1'e bakınız),
- İşletmenin kontrolü dışındaki ölçüm cihazları (özellikle yakıt tedarikçileri; Bölüm 3.1.2'ye bakınız).

Yakıt satın alma gibi ticari işlemler kapsamındaki ölçümler genellikle ticari ortaklar tarafından yapılır. Bu tür ölçümlerin yasal metrolojik kontrole tabi olduğu durumlarda, ticari ortağın ölçümünden kaynaklı belirsizliğin makul bir şekilde düşük olduğunu varsayabilir. Alternatif olarak, satın alma sözleşmelerine cihazlar için bakım ve kalibrasyonu da içeren kalite garantisi gereksinimleri eklenebilir.

Böylece, işletme kendi cihazlarını kullanmayı ya da tedarikçi tarafından sağlanan cihazlara güvenmeyi seçebilir. Ancak, İRT tarafından işletmenin kendi kontrolü altındaki ölçüm cihazlarına küçük bir ayrıcalık tanınmıştır. İşletme, kendi bünyesindeki ölçüm cihazlarına sahip olmasına rağmen ticari ortağının kontrolündeki diğer cihazları kullanmak isterse, Bakanlığa tedarikçinin cihazlarının en azından aynı kademeye uyduğunu, daha güvenilir sonuçlar verdiğini ve kontrol risklerine kendi cihazlarına kıyasla daha az açık olduğunu gösteren kanıt sağlamalıdır. Bu kanıt, basitleştirilmiş bir belirsizlik değerlendirmesi ile birlikte sunulmalıdır.

Bu duruma bir istisna, düşük emisyonlu tesislerin işletmelerinin yakıt ya da malzemenin miktarını, kendi cihazlarının kalitesini tedarikçinin cihazlarıyla kıyaslamadan, mevcut ve belgelendirilmiş satın alma kayıtlarını ve tahmin edilen stoku kullanarak belirleyebilmesidir.

Bu rehberde belirsizliğin değerlendirilmesine yönelik farklı yöntemler tartışılmaktadır. Bu seçeneklerin birçoğunun eksiksiz olarak hazırlanmış belirsizlik değerlendirmesinin basitleştirilmeleri olduğu akılda tutulmalıdır. Ancak, basitleştirilmiş yollardan hiçbiri tercih edilen yol olarak

<sup>3</sup> Raporlama dönemi bir takvim yılıdır.



düşünülmemelidir. Genellikle işletme her zaman tek (tam veya eksiksiz) belirsizlik değerlendirmesi yapmalıdır (Bölüm 7'ye bakınız).

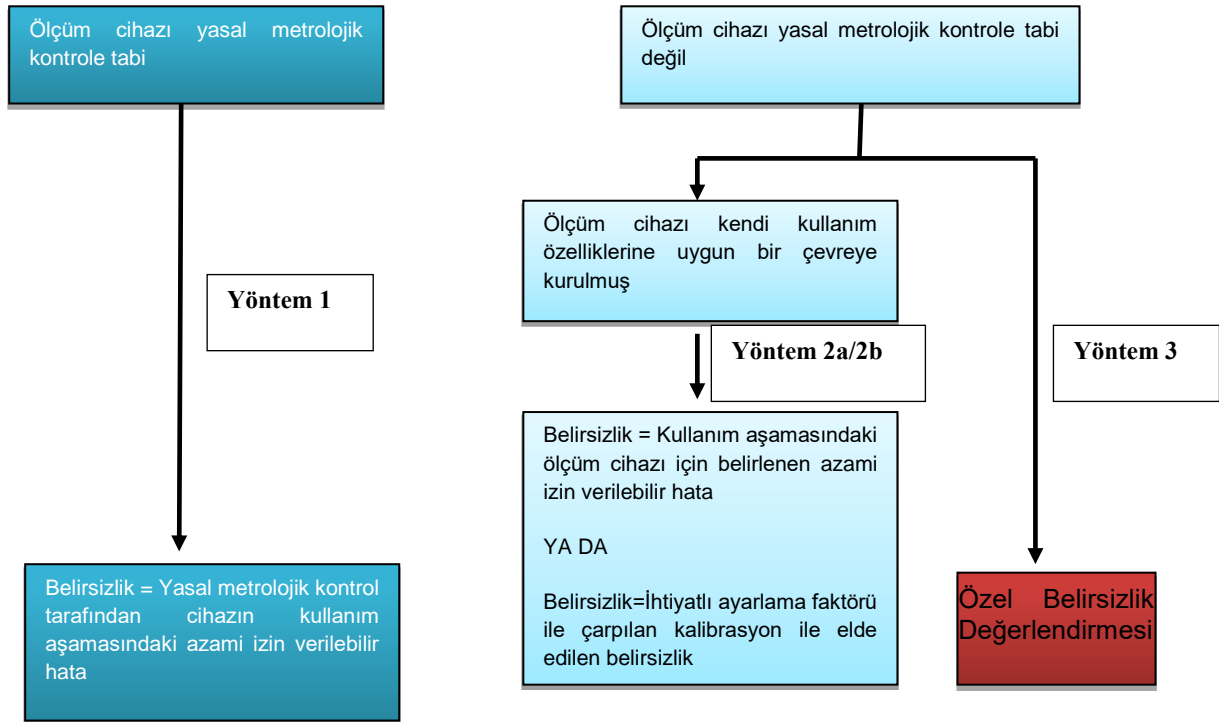
### 3.1.1 İşletmenin kontrolü altındaki ölçüm sistemi

#### 3.1.1.1 Genel hususlar

Eğer işletme kendi kontrolü altındaki ölçüm sistemlerine dayanan ölçüm sonuçlarını kullanıyorsa, ilgili kademe seviyesinin belirsizlik eşliğinin karşılandığından emin olmalıdır. Sonuç olarak, bir belirsizlik değerlendirmesi gereklidir. Düşük emisyonlu tesislerin işletmeleri, Bakanlığa belirsizlik değerlendirmesini sunma gereksiniminden muaf olmalarına rağmen, yine de bu tür bir değerlendirmeyi, örneğin belirli bir faaliyet verisi kademesine uygunluğu göstermek için, yapmaları gerekir.

Özellikle kesinlik (örneğin; debimetreden önce ve sonra bulunan boru uzunluğu ya da üretici firma tarafından belirlenen cihazın uygun kurulum koşulları tarafından etkilenen ölçüm cihazının belirsizliğidir) ve doğruluğun (örneğin; sapmayla sonuçlanabilecek, cihazın yaşlanma ve paslanması) bulunmamasından kaynaklanan hatalar gibi belirsizliğin birçok kaynağı bulunmaktadır.

Bu nedenle de kalibrasyondan ve belirsizliği etkileyebilecek diğer tüm olası parametrelerden kaynaklanan etkilerin yanı sıra İRT, belirsizlik değerlendirmesi için ölçüm cihazının belirsizliğinin de dikkate alınmasını gerekli kılar. Ancak, uygulamada bu tür belirsizlik değerlendirmesi zorlu olabilir ve bazen işletmelerin kaynaklarını aşabilir. Her zaman daha fazla belirsizlik kaynağını dikkate almak mümkündür. Bu nedenle, belirsizliğe katkıda bulunan en ilgili parametrelere odaklanmak önemlidir.



Şekil 4: Hesaplama Temelli Yöntemde Faaliyet Verisi, Ulaşılan Belirsizliği Belirleme Yöntem Ve Yaklaşımları

Şekil 3, İRT'nin kademe gereksinimlerine uygunluğunun sağlandığını kanıtlamak için ortaya konulan farklı belirsizlik değerlendirmesi yöntem ve yaklaşımlarını göstermektedir.

İşletme, şu şartlarda belirsizlik değerlendirmesini basitleştirebilir:

- Ölçüm cihazı<sup>4</sup> yasal metrolojik kontrole tabidir (Yöntem 1). Bu durumda ilgili yasal metrolojik mevzuatta belirtilen azami izin verilebilir hata, genel belirsizlik olarak kullanılabilir.
- Ölçüm cihazı<sup>5</sup> yasal metrolojik kontrole tabi değildir fakat cihazının kurulumu kendi kullanım özelliklerine uygun bir ortamda yapılmıştır. İşletme, faaliyet verilerine ilişkin kademe tanımlarının gerektirdiği şekilde, tüm raporlama dönemindeki belirsizliğin;
  - Kullanım halindeki bu cihaz için belirlenen azami izin verilebilir hataya (Yöntem 2a), ya da
  - Cihazın kullanımından kaynaklı belirsizliğin etkisini dikkate almak için ihtiyatlı ayarlama faktörü ile çarpılan kalibrasyon sonuçlarından elde edilen belirsizliğe, daha düşük bir değer olması durumunda, (Yöntem 2b)

eşit olduğunu varsayabilir.

Bu basitleştirmelerin geçerli olmadığı ya da gereksinim duyulan kademeye ulaşamadığı durumlarda, Yöntem 3 ve Bölüm 7 ile uyumlu olacak şekilde özel bir belirsizlik değerlendirmesinin yapılması gerekir. İşletme, basitleştirici yaklaşımların herhangi birini kullanmak zorunda değildir. Her zaman Yöntem 3'ü kullanabilir.

Yasal metrolojik kontrole tabi bir cihazın veya ölçüm sisteminin, ilgili ulusal metroloji mevzuatına göre belirlenmiş ve hesaplanmış olan nihai bileşik belirsizliğinin İRT 'de tanımlanmış olan ve tesisin uymakla yükümlü olduğu kademe gereksinimlerinden yüksek olduğu ancak kademe gereksiniminin %0,5 ini aşmadığı durumlarda İRT mevzuat gereksinimini karşılamış kabul edilir.

### 3.1.1.2 Bir yaklaşım seçilmesi

En basit yaklaşımı arayan bir işletme, ilk önce Yöntem 1'in geçerli olup olmadığını kontrol etmelidir; örneğin, ölçüm cihazı yasal metrolojik kontrole tabi ve uygulanması gereken kademelerin gereksinimleri asgari olarak karşılanmış ise<sup>6</sup>. Eğer metrolojik kontrole ilişkin mevzuatta belirtilen kullanım aşamasına ait azami izin verilebilir hata, ulaşılması gereken kademe için gereksinim duyulan belirsizlikten daha yüksekse işletme daha farklı, ancak daha az basitleştirilmiş bir yaklaşımı kullanabilir. Örneğin bu durumda Yöntem 2a ya da Yöntem 2b'yi kullanabilir. Eğer bu iki yöntem de gereksinim duyulan sonuca götürmüyorsa işletme, Yöntem 3 aracılığı ile Ek-2'ye uyumlu özel bir belirsizlik değerlendirmesi yapmak zorunda kalacaktır.

Hangi yol seçilirse seçilsin, belirsizlik değerlendirmesi ile elde edilen sonucun kademe gereksinimlerini karşılaması ve buna dair sağlam bir kanıt sunması gerekir. Bu sonuca ulaşamadı durumlarda işletme, İRT'ye uyum sağlamak için aşağıdaki adımları izlemelidir:

- Düzeltici faaliyet yürütmek; örneğin kademe gereksinimlerini karşılayan bir ölçüm sistemi kurmak, ya da
- Uygulanması gereken kademelerin teknik olarak elverişli olmadığını gösteren kanıt sağlamak ve belirsizlik değerlendirmesinin sonuçlarıyla uyumlu bir sonraki daha düşük

<sup>4</sup> Kaynak akışına ilişkin faaliyet verisinin belirlenmesinde birden fazla cihazın kullanılması durumunda, basitleştirmeler tüm cihazlara uygulanır. Elde edilen faaliyet verilerine ilişkin birimler ile ilgili belirsizlik, hata yayılımı ile belirlenebilir (Bölüm 7'ye bakınız).

<sup>5</sup> İRT'de hesaplama temelli yöntem için tesis kategorisine ve kaynak akışı kategorisine göre hangi kademelerin uygulanacağı tanımlanmaktadır.

kademeyi kullanmak.

### 3.1.1.3 Yöntem 1

Ölçüm cihazı yasal metrolojik kontrole tabi ise:

**Toplam belirsizlik = Kullanım aşamasında azami izin verilebilir maksimum hata /  $\sqrt{3}$**

Not: Standart belirsizlik (kalibrasyon raporları, üretici spesifikasyonları, bileşik belirsizlik) standart dağılıma sahiptir. Ancak, azami izin verilebilir hata, toleranslar ve referans değerler dikdörtgen dağılıma sahip olduğundan, bu değeri standart dağılıma çevirmek için karekök üç değerine bölmek gereklidir.

İRT tarafından izin verilen ilk basitleştirme, uygulamada en açık olanıdır: İşletme, kullanılan ölçüm cihazının yasal metrolojik kontrole tabi olduğunu Bakanlığa ispat ettiği durumlarda, metrolojik kontrole ilişkin mevzuatta yer alan azami izin verilebilir hata daha fazla kanıt sağlamadan toplam belirsizlik olarak alınabilir<sup>7</sup>. Yasal metrolojik kontrol altındaki cihazın değerlendirilmesinde en uygun kanıt, cihazın resmi olarak onaylı olduğunu gösteren sertifika veya belgedir.

Genellikle yasal metrolojik kontrole tabi ölçüm cihazları daha güvenilir sayılmaktadır. Bu durumun en önemli nedenleri ölçüm cihazının değerlendirmesinin zorunlu olması ve ölçüm cihazının güvenilir akredite bir kuruluş ya da devlet kurumu tarafından kontrol ve kalibre edilmesidir (Kalibrasyon için Yöntem 2b'ye bakınız).

#### ***Yasal metrolojik kontrole ilişkin mevzuatta yer alan azami izin verilebilir hata üzerine genel bilgi***

Kalibrasyon sürecinin sonucunda ortaya çıkan belirsizlik, doğrulamadaki azami izin verilebilir hatadan düşük ise, yasal metrolojik kontrol altında kalibrasyon geçerlidir. Buradaki “doğrulama” kavramı, metrolojik bir kavramdır ve İRT altındaki doğrulama ile karıştırılmamalıdır.

Ayrıca, düzenli olarak kullanılan ölçüm cihazının ölçüm sonuçlarına etki edebilecek ölçüm şartlarına maruz kaldığı dikkate alınır. Bu konu kullanım/çalışma halindeki azami izin verilebilir hata parametresinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu değer, ilgili mevzuat ile uyumlu düzenli metrolojik kontrole tabi bir cihazın düzenli çalışma halindeki belirsizliğinin adil bir şekilde tahminini temsil eder. Bu değer, düzenli çalışma sırasında uygulanabilecek basitleştirilmiş kontroller için bir eşik koyar ve bu nedenle ölçüm ekipmanının günlük çalışmasına atfedilmesi gereken belirsizlik olarak değerlendirilir. Bu, metrolojik kontrolün nihai hedefi olan malların adil takasını sağlamak için kullanım/çalışma halindeki azami izin verilebilir hatayı kullanmanın daha uygun olduğu anlamına gelir.

Bazı ölçüm cihazları için azami izin verilebilir hata, Ölçü Aletleri Yönetmeliğinin “Nominal çalışma şartları altında”<sup>8</sup> ya da Otomatik Olmayan Tartı Aletleri Yönetmeliğinde düzenlenmektedir. Hizmetteki kullanım haline ilişkin azami izin verilebilir hata, mevzuata tabidir. Metrolojik kontrol sistemleri genellikle doğrulamadan elde edilen azami izin verilebilir hatayı kullanım halindeki azami izin verilebilir hataya çevirmek için 2 faktörünü kullanır. Bu faktörün (standart ve genişletilmiş belirsizlik arasındaki farkın aksine) istatistiksel olarak elde edilmemektedir. Bu faktörün başarılı tip onay testleri

<sup>7</sup> Bu yöntemde, metrolojik kontrolden sorumlu Bakanlık Çevre ve Şehircilik Bakanlığı değildir.

<sup>8</sup> Ölçü Aletleri Yönetmeliğinin Ek 1’inde tanım şu şekildedir: “Bir ölçü aletinin normal çalışma şartlarını oluşturan ölçüm büyüklük ve etki büyüklüğü için belirlenen değerdir.” Böylece, Ölçü Aletleri Yönetmeliğinde yer alan azami izin verilebilir hata tanımı hizmetteki (kullanım aşamasındaki) azami izin verilebilir hataya atıfta bulunur. Ancak, Ölçü Aletleri Yönetmeliğinin sadece piyasaya sürme ve kullanıma sokma konularını düzenlediği not edilmelidir. Ölçü Aletleri Yönetmeliği, hizmette/kullanım halinde gerçekleştirilen herhangi bir kalibrasyon ya da bakımı düzenlememektedir.

yapılan ölçüm cihazlarına ilişkin bir metrolojinin genel deneyimlerinden elde edildiğini belirtmek gerekmektedir<sup>9</sup>.

#### 3.1.1.4 Yöntem 2a

Ölçüm cihazı metrolojik kontrole tabi değil ama cihaz kendi kullanım özelliklerine uygun bir çevreye/ortama kurulmuş ise:

**Toplam belirsizlik = Kullanım haline ilişkin azami izin verilebilir hata /  $\sqrt{3}$**

Not: Standart belirsizlik (kalibrasyon raporları, üretici spesifikasyonları, bileşik belirsizlik) standart dağılıma sahiptir. Ancak, azami izin verilebilir hata, toleranslar ve referans değerler dikdörtgen dağılıma sahip olduğundan, bu değeri standart dağılıma çevirmek için karekök üç değerine bölmek gereklidir.

İRT'nin kabul ettiği ikinci basitleştirme, metrolojik kontrole tabi olmayan ancak kendi kullanım özelliklerine uygun bir çevreye kurulmuş ölçüm cihazları için geçerlidir.

Diğer belirsizlik kaynaklarının yeterince azaltılabildiği durumda, bir kaynak akışının faaliyet verisine ait toplam belirsizliğin belli bir tip bir cihazın bilinen belirsizliğine yakınlştırılabilmesine imkan veren basitleştirici bir yaklaşım bulunmaktadır. İRT, ölçüm cihazlarının kendi kullanım özelliklerine uygun bir çevreye kurulumu sağlandığı takdirde, işletmenin cihaz için özelleştirilmiş "kullanım haline ilişkin azami izin verilebilir hatayı"<sup>10</sup> toplam belirsizlik olarak kullanmasına imkan vermektedir. "Kullanım haline ilişkin azami izin verilebilir hata" için hiçbir bilginin mevcut olmadığı ya da işletmenin varsayılan değerden daha iyi değerlere ulaşabildiği durumlarda, kalibrasyondan elde edilen belirsizlik, cihaz "kullanımda" iken ortaya çıkan daha yüksek belirsizliği dikkate almak için bir ihtiyatlı ayarlama faktörü ile çarpılarak kullanılabilir. Burada sözü edilen yaklaşım, Yöntem 2b'yi göstermektedir.

Bilgi kaynağı ve uygun kullanım şartları konularında esneklik sağlamak amacıyla İRT'de "kullanımdaki azami izin verilebilir hata"<sup>11</sup> detaylarıyla açıklanmamıştır. Aşağıdakiler, cihazın kullanımdaki azami izin verilebilir hata için uygun kaynaklar olarak öngörülebilir:

- Üreticinin spesifikasyonları,
- Metrolojik kontrolün spesifikasyonları, ve
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yayımlanmış olan her türlü rehber ve doküman.

Ancak, bu kaynaklarda yer alan belirsizlik değerleri, eğer ölçüm cihazları kullanımlarına uygun bir çevreye veya ortama kurulmuşlarsa (aşağıdaki Adım 1'den 4'e kadar karşılanmışsa) toplam belirsizlik olarak alınabilirler. Durum bu şekilde ise bu kaynaklardan alınan değerler, kullanımdaki azami izin verilebilir hatayı temsil eden değerler olarak düşünülebilir ve bu

<sup>9</sup> Bazı tür teçhizata dair, özel tecrübelerden kaynaklanan, 1.25'ten (örneğin otomatik tartı sistemleri için) 2.5'a kadar (örneğin trafik hız ölçüm cihazları için) başka değerler bu faktör için ortak yaygın olarak kullanılmaktadır.

<sup>10</sup> Kullanım halindeki azami izin verilebilir hata, yeni cihazın azami izin verilebilir hatasından yüksektir. Hizmetteki azami izin verilebilir hata, genellikle yeni cihazın azami izin verilebilir hatasının bir faktörle (genellikle 2) çarpımı olarak ifade edilir.

<sup>11</sup> Metrolojik kontrol kapsamındaki cihazlar için 'azami izin verilebilir hata' ve 'kullanım halindeki azami izin verilebilir hata', tecrübeye bağlıdır ve endüstriyel ölçüme aktarılamaz. Metrolojik kontrole tabi olmayan cihazların aynı şekilde isimlendirilmesi sadece kolaylık sağlama amaçlıdır.

belirsizlik değerinin daha fazla düzeltilmesi gerekmez.

İşletme, aşağıdaki dört adımın tüm şartlarının karşılandığına dair kanıt gösterirse, bu tür durumlarda İRT'nin koşullarını sağladığını varsayabilir:

### **Adım 1: Etkileyen parametrelere ilişkin çalışma şartları mevcut<sup>12</sup>**

Ölçüm cihazının üretici spesifikasyonları, çalışma şartlarını içermektedir. Örneğin, akış, sıcaklık, basınç, ortam gibi etkileyen parametreler konusunda kullanım özelliklerinde adı geçen uygun çevrenin tanımı ve bu etkileyen parametreler için azami izin verilebilir sapma. Bundan farklı olarak üretici, ilgili etkileyen parametrelere ilişkin ölçüm cihazının kabul edilebilir çalışma şartlarını ortaya koyan uluslararası bir standart (CEN ya da ISO standardı) veya diğer örnek oluşturan dokümanlar (OIML<sup>13</sup> tavsiyeleri gibi) ile uyumlu olduğunu beyan etmiş olabilir.

### **Adım 2: Etkileyen parametrelere ilişkin çalışma şartları karşılanır**

İşletme, ilgili etkileyen parametrelere ilişkin çalışma şartlarının sağlandığına dair kanıt gösterir. Bu kanıt için işletme farklı ölçüm cihazları için ilgili etkileyen parametrelere dair bir kontrol listesi hazırlamalı ve her parametre için belirtilen aralıkla kullanılan aralığı karşılaştırmalıdır. Bakanlığa yeni ya da güncellenmiş bir izleme planı sunulurken, bu liste belirsizlik değerlendirmesinin bir parçası olarak verilmelidir.

Bu adımın sonucunda aşağıdaki hususlarda bir değerlendirme yapılmalıdır;

- Ölçüm cihazı uygun bir şekilde kurulmuştur,
- Ölçüm cihazı ölçüm için kullanılan maddeyi ölçmeye uygundur,
- Ölçüm cihazının belirsizliği üzerinde olumsuz sonuçlar yaratacak başka bir faktör bulunmamaktadır.

Bütün bu hususlar yerine getirilmişse uygun kaynakta sağlanan azami izin verilebilir hatanın (yukarıya bakınız) daha fazla düzeltilmeksizin kullanılması uygun sayılabilir.

### **Adım 3: Kalite kontrolü yapılmış kalibrasyon proseslerinin yürütülmesi**

İşletme, düzenli kalibrasyonun (kalibrasyon için Yöntem 2b'ye bakınız) TS EN 17025, CEN, ISO ya da mevcut ulusal standartlara göre akredite olan bir kurum tarafından yapıldığına dair kanıt gösterir. Alternatif olarak, kalibrasyon akredite olmamış bir kurum tarafından gerçekleştirilmişse ya da üreticinin kalibrasyonu ise işletme, cihazın kalibrasyonunun üreticinin önerdiği prosedür kullanılarak gerçekleştirildiğine ve sonuçların üreticinin şartnameleri ile uyumlu olduğuna dair bir uygunluk kanıtı (örneğin, kalibrasyon sertifikası) göstermelidir.

### **Adım 4: Ölçüm faaliyeti verilerine ilişkin ilave kalite güvence prosedürleri**

İRT uyarınca işletmenin söz konusu ölçüm cihazının kalite güvencesi ve elde edilen verilerin yönetimini de içerecek şekilde etkili bir kontrol sistemi kurmak amacıyla birçok yazılı prosedürü oluşturması, belgelemesi, uygulaması ve muhafaza etmesi gerekmektedir. Kontrol faaliyetlerinin (kalibrasyon, bakım, gözetim ve kayıp/başarısızlık yönetimi vs.) yapıldığından emin olmak amacıyla ISO 9001, EN ISO 14001 ve EMAS gibi sertifikalandırılmış kalite ya da çevre yönetim

<sup>12</sup> 'CE' ile işaretlenmiş ölçüm cihazları Ölçü Aletleri Yönetmeliği'nin Ek I'inde verilen gereksinimlerle uyumludur. Bu Ek üreticilerin bu tür çalışma şartlarını tanımlamalarını gerektirir. Eğer üreticinin tanımlamaları ilgili etkileyen parametrelere dair çalışma şartlarını içermiyorsa, işletme tek bir belirsizlik değerlendirmesi (Yöntem 3) yapmalıdır. Ancak, basit durumlarda, özellikle önemsiz kaynak akışları ve düşük emisyonlu tesisler için uzman görüşü yeterli olabilir.

<sup>13</sup> Uluslararası Yasal Metroloji Örgütü (OIML) tarafından kabul edilen teknik özellikleri içeren dokümanlar için bkz.. <http://www.oiml.org/>

sistemlerinin mevcut olduğu durumlarda<sup>14</sup>, bu sistemlerin Yönetmelik kapsamında ölçüm faaliyeti verilerinin kalite güvencesini de içermelidir.

Dört adımın tüm gerekleri karşılanmadan, uygun kaynaklardan alınan hizmet/kullanım aşamasındaki azami izin verilebilir hatanın (yukarıya bakınız) ilave düzeltme yapılmaksızın belirsizlik için kullanılamaz. Ancak, toplam belirsizlikler, uygun kaynaklarda sağlanan belirsizlik ile bu uyumsuzluğa neden olan parametrelerle ilgili belirsizliğin ihtiyatlı bir tahmini ile birleştirilmesiyle sağlanmaktadır; örneğin hata yayılımı ile akış hızı normal çalışma aralığının bir miktar dışındadır (Kalibrasyon için Yöntem 2b'ye bakınız).

### 3.1.1.5 Yöntem 2b

Ölçüm cihazı yasal metrolojik kontrole tabi değilse ancak kendi kullanım özelliklerine uygun bir çevreye kurulmuş ise:

**Toplam belirsizlik = Kalibrasyondan gelen belirsizlik x ihtiyatlı ayarlama faktörü**

### Kalibrasyon

Düzenli kalibrasyon performansı, metrolojinin, kullanılan ölçüm cihazlarının bilinen bir uluslararası ölçüm standardına uygunluğunu sağlamak amacıyla ölçüm cihazı ve proseslerine uygulandığı işlemdir. Bu performans, bir ölçüm standardı olarak kullanılan “gerçek değer” kapalı zincir izlenebilirliğini sağlayan referans malzemelerinin kullanılması veya referans yöntemlerin uygulanmasıyla ulaşılmaktadır.

Eğer mümkünse kalibrasyon, akredite bir laboratuvar tarafından yapılmalıdır. Uygun kalibrasyon prosedürleri ve zaman aralıkları üreticinin spesifikasyonunda, akredite laboratuvarlarca sağlanan standartlarda, vb. bulunabilir<sup>15</sup>.

**Örnek: Statik başlama/durma ölçümlü suda çözünmeyen sıvılar için bir debi ölçerin kalibrasyonuna ilişkin gereklilikler**

Kalibrasyon için aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Debi ölçer, üreticinin şartnamesi ile uyumlu bir şekilde kurulur.
- Debi ölçer ve kalibrasyon sisteminin geri kalanının tamamı doldurulur ve gazlardan arındırılır.
- Debi ölçer, işletim/çalıştırma sıcaklığındadır.

<sup>14</sup> Tesiste genelde kalite kontrolü ya da maliyetleri düşürmek gibi diğer amaçlara yönelik bir kontrol sistem kuruludur. Birçok durumda malzeme ve enerji akışları da iç raporlama sistemleri ile özellikle ilgilidir (mali kontrol gibi).

<sup>15</sup> Ayrıca “Uluslararası metroloji sözlüğü” ne bakınız.

NOT 1 Kalibrasyon; bir beyan, kalibrasyon fonksiyonu, kalibrasyon diyagramı, kalibrasyon eğrisi veya kalibrasyon tablosu ile ifade edilebilir. Bazı durumlarda ilgili ölçüm belirsizliği ile göstergenin ilave ya da çarpım düzeltilmesinden oluşabilir.

NOT 2 Kalibrasyon, genelde hatalı bir şekilde “kendi kendine kalibrasyon” olarak tanımlanan ölçüm sisteminin ayarlanması ve [metrolojik] kalibrasyonun doğrulanması ile karıştırılmamalıdır.

- Tüm parametre ayarlamaları mümkün olduğunca belgelendirilmelidir.
- Sıfır debi boyunca ölçümün öncesinde ve sonrasında bir akışı belirtilen hiçbir sinyal tespit edilmez.
- Kalibrasyon koşulları (debi, sıcaklık, basınç, sıvı tipi,...) işletim/çalıştırma koşulları dahilindedir.
- Debi dengelidir.
- Basınç, kavitasyonu (kovuklaşmayı) ve gazlaşmayı önlemek için yeterince yüksek olmalıdır<sup>16</sup>. Yoğunluk ve viskozite de kalibrasyon eğrisi üzerinde bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, (niyetlenen) normal işletim süresince olduğu gibi aynı koşullar altında kalibre etmek ve mümkünse aynı, değilse benzeri sıvıları kullanmak uygundur.
- Sıfıra ayarlama (“sıfırlama”) ölçüm serisi sürecinde değil, öncesinde yapılmalıdır. Sıvının durumu (sıcaklık, basınç) sıfırlama esnasında kayıt altına alınmalıdır. Eğer sıfır debi için çıktı sinyali, üretici tarafından sağlanan sıfır değerine ilişkin aralıktan daha düşükse sıfırlama gerekli değildir.

Her kalibrasyon prosedürünün temel unsuru, kalibrasyon fonksiyonunun ve ölçüm belirsizliklerinin belirlenmesini mümkün kılan bir prosedürü uygulayarak, ölçüm sonuçlarının bir referans standart ile karşılaştırılmasıdır. Kalibrasyonun sonucu kalibrasyon fonksiyonu, doğrusallığı (bu bir gereklilik olduğunda) ve ölçüm belirsizliğinin güvenilir bir değerlendirmesi olacaktır.

Kalibrasyondan elde edilen belirsizlik kullanımdaki ölçüm cihazının çalışma/işletim aralığı ile mümkün olduğunca ilişkili olmalıdır. Bu nedenle, kalibrasyon prosedürü, cihazın kurulu olduğu çalışma/işletim koşullarını (örneğin, fiilen nerede uygulandığını) mümkün mertebe yansıtmalıdır.

Birçok durumda ölçülen ilgili büyüklük doğrudan ölçülmez ancak fonksiyonel ilişkisi olan diğer girdi miktarlarından hesaplanır (örneğin bir hacimsel debi ( $f_v$ ),  $f_v=f_v(p, \Delta p)$  ilişkisiyle yoğunluk ( $\rho$ ) ve basınç değişimi ( $\Delta p$ ) gibi ölçüm girdileri ile hesaplanır). Ölçülen ilgili büyüklüğe dair belirsizlik hata yayılımı yolu ile birleştirilmiş standart belirsizlik olarak belirlenecektir<sup>17</sup> (Bölüm 7’ye bakınız). Ölçüm sonucuyla ilgili birleştirilmiş standart belirsizlik için, (kalibrasyona bağlı belirsizliğin yanında) uzun dönemli sapma ve işletimsel şartların belirsizlik katkıları dikkate alınması gereken önemli etkilerdir.

**Ölçümün genişletilmiş belirsizliği**, birleştirilmiş standart belirsizlik ile kapsam faktörünün çarpılmasından elde edilir. Bu faktör genellikle verinin normal dağılımı için 2 olarak alınır (Gaussian dağılımı). 2 faktörü, doğru değer içinde bulunduğu %95’lik bir olasılığa karşılık gelmektedir (örneğin, %95’lik güvence aralığı). Kapsam faktörünün halen kalibrasyondaki ölçüm belirsizliği ifadesinin bir parçası olduğunu not ediniz. Bu kapsam faktörü, ihtiyatlı ayarlama faktörü değildir (aşağıya bakınız).

### **Kalibrasyonun sıklığı**

Ölçüm cihazının tipine ve çevresel koşullara göre bir ölçümün belirsizliği zaman içinde artabilir ya da sapabilir. Sapmadan kaynaklanan belirsizlik artışının miktarını belirlemek ve bunu azaltmak için

<sup>16</sup> Kaviteasyon, örneğin türbinlerde olduğu gibi, sıvı hızlı basınç değişimlerine tabi tutulduğunda, sıvıdaki kavitelerin (boşlukların) oluşumu ve sonra bu boşlukların birden iç patlamasıdır.

<sup>17</sup> “Hata yayılımı” daha sık kullanılıyor olmasına rağmen bunu “belirsizliğin yayılımı” olarak kullanmak daha uygundur.

yeniden kalibrasyona ilişkin uygun bir zaman aralığı gereklidir.

Yasal metrolojik kontrole tabi bir ölçüm cihazı söz konusu olduğunda (Yöntem 1) kalibrasyonun sıklığı (yeniden kalibrasyon) ilgili yasal Mevzuat ile düzenlenmektedir.

Diğer ölçüm cihazları için yeniden kalibrasyon aralıkları, örneğin, üreticinin tanımlamaları/şartları ya da diğer uygun kaynaklar temel alınarak belirlenmelidir. Meydana gelen sapmanın miktarının belirlenmesine imkan veren her kalibrasyonun sonucu olarak, önceki kalibrasyonların zaman seri analizi ilgili kalibrasyon aralığını belirlemede yararlı olabilir. İşletme bu bilgiye dayanarak Bakanlığın onayına tabi, uygun kalibrasyon aralıkları kullanmalıdır.

Her durumda işletme, kullanılan ölçüm cihazlarının gerekli kademeye halen uyumlu olup olmadığını yıllık olarak kontrol etmelidir.

### **Sanayideki uygulama**

Sanayide kalibrasyon konusunda aşağıdaki durumlar dahil olmak üzere bazı koşullara dikkat edilmelidir:

- Yasal standartlara göre o dönemde kalibrasyon gerekliliklerini karşılamayan özel uygulamalar için basitleştirmeler,
- Sıfır değerini kontrol etmek ve günlük kalite güvencesini sağlamak için tasarlanabilecek ancak tam kalibrasyonu oluşturmayan tek nokta testleri ya da kısa kontroller,
- Uygun geçici kontroller (izleme ekipmanının düzgün çalışmasını öneren) ve ilgili maliyetler nedeniyle kalibrasyonların ertelenmesi,
- Uygun düzeltmeler yapılarak kalibrasyon sonuçlarının takibinde yaşanan başarısızlık.

Ayrıca, bir cihazın kalibrasyon için kolay erişilebilir olmaması sorun yaratabilir (örneğin, tesisin işletimi sırasında kontroller veya kalibrasyon için cihaz hizmetten kaldırılamaz veya tesiste önemli bir aksamaya ya da ürünle ilgili arz güvenliğinde sorun olmaksızın proses durdurulamaz).

Üretim prosesinin durdurulması işlemleri arasında uzun dönemler olabilir ve bu durumda daha kısa aralıklarla periyodik kalibrasyon yapılamayabilir.

Kalibrasyon için kısıtlı olasılıklar bulunduğu durumda, işletme, izleme planının sunulması sırasında teknik uygulanabilirliğe ilişkin ilgili tüm kanıtların dahil olduğu alternatif bir yaklaşımı izleme planı ile sunar<sup>18</sup>. Hesaplama faktörlerinin belirlenmesi için yapılan kalibrasyonda öncelikli olarak ilgili ISO Standartları dikkate alınır. Uygulanabilir yayımlanmış standartların olmadığı durumlarda örnekleme ve ölçüm belirsizliklerini sınırlandıran uygun taslak standartlar, sanayide en iyi uygulama kılavuzları veya bilimsel olarak ispat edilmiş diğer yöntemler kullanılır.

### **İhtiyatlı ayarlama faktörü**

Hizmet/kullanım halinde çıkan sistematik hatalara ek olarak her rastgele hatayı da dikkate almak için kalibrasyondan elde edilen belirsizlik (yukarıya bakınız, genişletilmiş belirsizlik) bir **ihtiyatlı ayarlama faktörü** ile çarpılmalıdır. İşletme, bu ihtiyatlı ayarlama faktörünü (örneğin, tecrübeye dayanarak) belirlemelidir. Herhangi bir bilginin ya da tecrübenin olmaması durumunda, uyumlaştırılmış faktör olarak 2'nin kullanılması faydacı ve uygun bir yaklaşım olarak

<sup>18</sup> İRT'de geçtiği üzere ölçüm sistemleri bileşenlerinin kalibre edilemediği durumlarda, işletme bunları izleme planında tanımlar ve alternatif kontrol faaliyetleri sunar.



önerilmektedir. Elde edilen sonuç daha fazla düzeltilmeksizin toplam belirsizlik olarak kullanılabilir.

*İhtiyatlı ayarlama faktörünü kullanırken izleme planı kapsamında onaylanan kademe eşiklerinin dikkat edilmelidir. Kademe eşiğinin aşıldığı veya ekipmanın diğer gereksinimleri karşılamadığı durumlarda, işletme hızlı bir şekilde gerekli önlemleri almalı ve en geç 15 gün içerisinde Bakanlığa bilgi vermelidir. Sonuç olarak, Yöntem 2a için tanımlanan gereklilikler (adım 1'den adım 4'e kadar) karşılanmalıdır. Bu gereklilikler karşılanmazsa bu basitleştirme yolu uygulanabilir olmayıp Bölüm 7'de ve Yöntem 3'te tarif edilen özel belirsizlik değerlendirmesi gereklidir.*

### **3.1.1.6 Tam belirsizlik değerlendirmesi ("Yöntem 3")**

İşletme, örneğin, daha güvenilir sonuçlar sağladığı görüşündeysen, her zaman özel belirsizlik değerlendirmesi yapma yetkisine sahiptir. Eğer basitleştirme yollarının hiçbiri (Yöntem 1 ya da Yöntem 2a/2b) mümkün değilse ve özel belirsizlik değerlendirmesi yapılacaksa, Bölüm 7'ye uygun olarak bir belirsizlik değerlendirmesi yapılmalıdır.

*Özel belirsizlik değerlendirmesi yapma zorunluluğunun, bu değerlendirmenin her zaman tamamen baştan yapılması anlamına gelmediğini belirtmekte fayda vardır. Birçok durumda Yöntem 1 ya da Yöntem 2a/2b basitleştirme yollarına dair bazı ön koşullar uygulanabilir. Bu durumlarda buradan elde edilen belirsizlikler yayılım hatası örneğinde olduğu gibi sonraki hesaplamalar için başlangıç noktaları olabilir (Bölüm 7.2'ye bakınız).*

*Bu yaklaşım belirsizliği değerlendirmek için işletmelere daha faydacı ve daha az külfetli bir yol sunmanın yanı sıra, birçok durumda daha güvenilir sonuçlar sağlayabilir.*

#### **Örnek 2:**

Örnek: İşletme, bir sıvı kaynak akışı tüketimi için yasal metrolojik kontrole tabi türbinmetre kullanıyor. İRT, hacimsel debiyi kütle akışına çevirmeyi gerekli kıldığı için işletme sıvının yoğunluğunu belirlemelidir. Yoğunluk ölçer (aerometer) ile düzenli olarak belirlendiği durumda basitleştirme yapılmaz. Örneğin, eğer tonla ifade ediliyorsa kaynak akışı için Yöntem 1 ya da Yöntem 2a/2b uygulanır. Toplam belirsizlik hesaplanmasında hacmin belirlenmesine ilişkin ilgili yasal metrolojik kontrol metninde ortaya konulan belirsizliği kullanması işletmeye tavsiye edilebilir (Bölüm 7.2.2, Örnek 3'e bakınız).

### **3.1.2 İşletmenin kontrolü dışındaki ölçüm sistemleri**

#### **3.1.2.1 Genel hususlar**

İşletme, ilgili ölçüm sisteminin, en az kendi ölçüm sistemi kadar yüksek bir kademe ile uyumlu olduğunu ve kendi ölçüm sisteminden daha güvenilir sonuçlar verdiğini ve kontrol risklerine daha az açık olduğunu sağladığı müddetçe faaliyet verilerini belirlemek için kontrolü dışındaki bir ölçüm sistemini kullanabilir. Bu durumlarda faaliyet verileri şu şekillerde belirlenebilir:

- Ticari ortak tarafından kesilen faturalardan alınan miktarlar veya
- Ölçüm sisteminden alınan doğrudan okumalar kullanılarak.

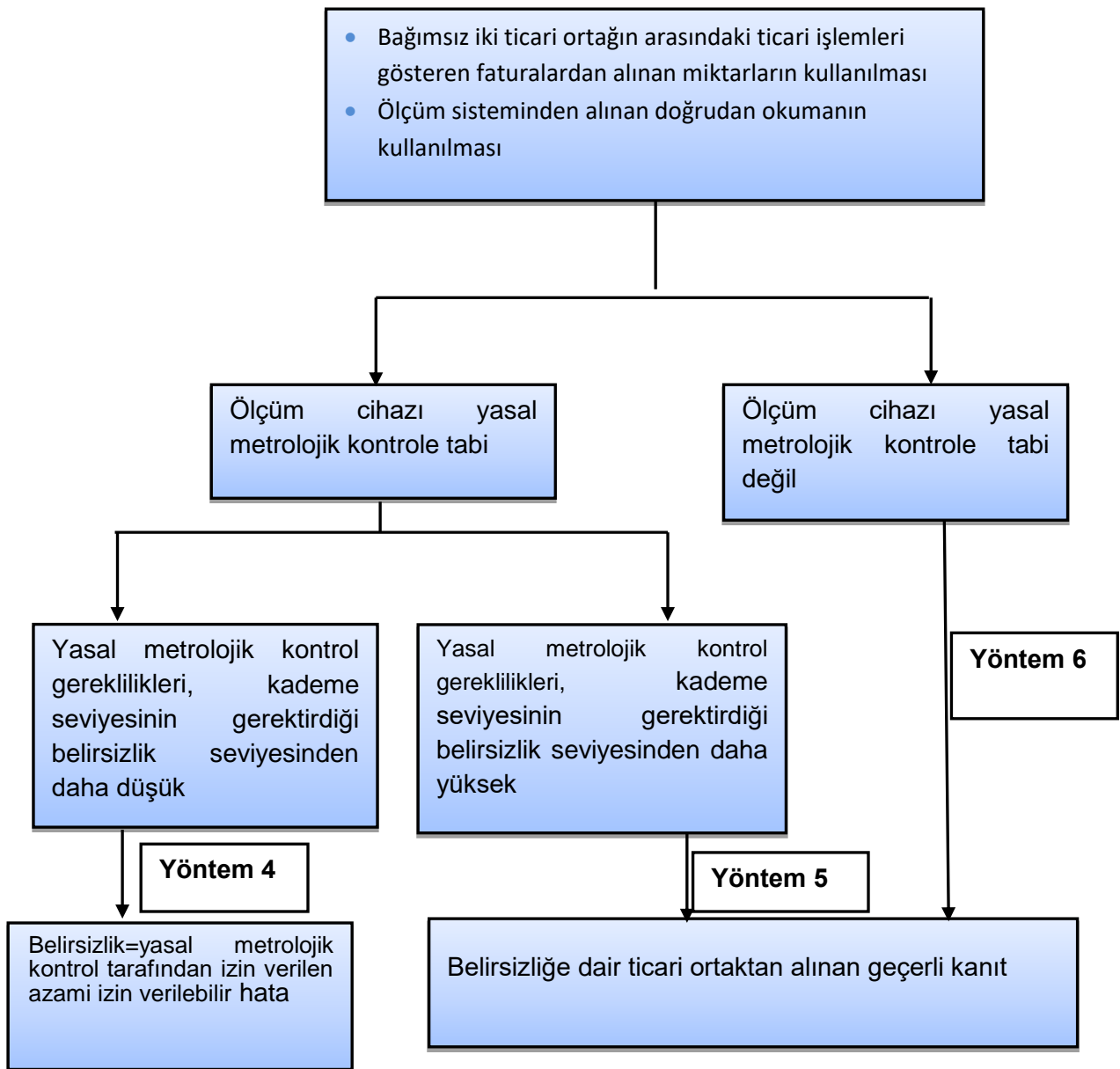
Hangi yaklaşım kullanılırsa kullanılsın, faaliyet verileri için işletmenin kontrolündeki sistemler için kullanılan aynı kademeler gereklidir (Bölüm 3.1.1'e bakınız.). Tek farklılık işletmenin bu uygunluğu nasıl göstereceği ve hangi basitleştirmelerin uygulanabileceğidir.

Malzeme ya da yakıt miktarını belirlemek için birincil verileri gösteren faturalar söz konusu

olduğunda, İRT işletmenin ticari ortaklarının bağımsız olduğunu göstermesi gereklidir. Prensipde bu, ayrıntılı faturaların var olduğuna dair bir garanti olarak düşünülmelidir. Birçok durumda bu, yasal metrolojik kontrolün uygulanabilir olup olmadığına dair bir gösterge olacaktır (Bölüm 3.1.1, Yöntem 1).

Bunun dışında bir de “hibrit” olasılık mevcuttur. Cihaz işletmenin kontrolünün dışındadır ancak izlemeye ilişkin okumayı işletme üstlenmiştir (Bölüm 3.1.2). Böyle bir durumda cihazın sahibi cihazın bakımı, kalibrasyonu ve ayarlanmasından ve en nihayetinde geçerli belirsizlik değerinden sorumludur. Ancak, yakıt ya da malzemenin miktarı doğrudan işletme tarafından kontrol edilebilir. Bu duruma doğal gaz sayaçlarında sıkça rastlanmaktadır.

İşletmenin kontrolünde olmayan ölçüm sistemleri, kademe gerekliliklerine uyararak İRT'ye uygun olarak izlenen yol, Şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 5: Hesaplama temelli yaklaşımlar için faaliyet verileri: Elde edilen belirsizliğin belirlenmesine yönelik yaklaşımlar

İşletme, belirsizlik değerlendirmesini basitleştirebilir:

- Eğer ölçüm cihazı yasal metrolojik kontrole tabi ise, İRT ile uyumlu kademe gerekliliklerinin karşılanıp karşılanmadığını değerlendirmek için ilgili yasal metrolojik kontrole ilişkin mevzuatta belirtilen azami izin verilebilir hata, toplam belirsizlik olarak kullanılabilir (**Yöntem 4**).
- Yasal metrolojik kontrol altındaki gereklilikler İRT'ye göre kademe seviyesinin gerektirdiği belirsizlik seviyesinden daha yüksek ise işletme ticari ortağından fiilen geçerli belirsizliğe dair kanıt elde edebilir (**Yöntem 5**).
- Eğer ölçüm cihazı yasal metrolojik kontrole tabi değilse, işletme ilgili belirsizlik için ticari ortağından kanıt elde edebilir (**Yöntem 6**).

Bölüm 3.1.1.2'de tartışıldığı üzere, işletme İRT'nin gerektirdiği kademenin belirsizlik eşiğine ulaşabileceğini göstermelidir. Aksi takdirde, düzeltici faaliyet gerekmektedir veya (halen ilgili ölçüm sisteminin, en az işletmenin kontrolündeki mevcut cihazları kadar yüksek kademe seviyesi ile uyumlu olduğunu ve bundan daha güvenilir sonuçlar verdiğini ve kontrol risklerine daha az açık olduğunu sağladığı müddetçe) teknik olarak mümkün olmamasının kanıtlanması durumunda daha düşük bir kademe uygulanabilir.

#### 3.1.2.2 Basitleştirme ("Yöntem 4")

Ticari ortağın ölçüm cihazı, yasal metrolojik kontrole tabidir.

**Toplam belirsizlik = Hizmetteki/kullanımdaki azami izin verilebilir hata**

Bu basitleştirme, Bölüm 3.1.1.3, Yöntem 1 altında belirtilen aynı nedenler ve aynı şartlar için geçerlidir. İşletme yine de ticari ortağının ölçüm cihazının en az işletmenin kontrolündeki mevcut cihazı kadar yüksek kademe seviyesi ile uyumlu olduğunu, daha güvenilir sonuçlar verdiğini ve kontrol risklerine daha az açık olduğunu gösterebilmelidir.

#### 3.1.2.3 "Yöntem 5"

İşletme, ölçüm sisteminden sorumlu ticari ortağından geçerli belirsizliğe ilişkin kanıt alacaktır.

Yasal metrolojik kontrol altındaki gereklilikler İRT'ye göre kademe seviyesinin gerektirdiği belirsizlik seviyesinden daha yüksek ise, işletme ticari ortağından gerekli olan kademenin karşılandığına dair kanıtı almalıdır. İşletme ticari ortağının ölçüm cihazının en az işletmenin kontrolündeki cihaz kadar yüksek kademe ile uyumlu olduğunu, kontrolündeki cihazdan daha güvenilir sonuçlar verdiğini ve kontrol risklerine daha az açık olduğunu gösterebilir olmalıdır.

Bu ayrıca Bölüm 7'de açıklandığı gibi, ticari ortağından alınan ölçüm cihazı bilgileri kullanarak yapılan bir belirsizlik değerlendirmesine dayandırılabilir. Lütfen Yöntem 3 (Bölüm 3.1.1.6) altında verilen bilgilere de bakınız.

#### 3.1.2.4 "Yöntem 6"

İşletme ölçüm sisteminden sorumlu ticari ortağından geçerli belirsizliğe ilişkin kanıtı alacaktır.

Bu yöntem, Yöntem 5'e benzemektedir. İşlemin yasal metrolojik kontrole tabi olmadığı durumda, işletme ticari ortağından İRT'ye uygun olarak gerekli kademelerinin karşılandığına dair kanıt almalıdır. İşletme ticari ortağının ölçüm cihazının en az işletmenin kontrolündeki cihaz kadar yüksek kademede olduğunu, kontrolündeki cihazdan daha güvenilir sonuçlar verdiğini ve kontrol risklerine daha az açık olduğunu gösterebilir olmalıdır.

Bu ayrıca Bölüm 7'de açıklandığı gibi, ticari ortağından alınan ölçüm cihazı bilgileri kullanarak yapılan bir belirsizlik değerlendirmesine dayandırılabilir. Lütfen Yöntem 3 (Bölüm 3.1.1.6) altında verilen bilgilere de bakınız.

### 3.2 Hesaplama faktörleri

Faaliyet verilerinin aksine hesaplama faktörlerine ilişkin kademeler<sup>19</sup>, varsayılan değerlere veya laboratuvar analizlerinden elde edilen verileri içeren tespitlere dayanmaktadır. Ancak laboratuvar analizlerini içeren tespitler analiz için gereksinim duyulan sıklıklar ile ilişkilidir. Gereksinim duyulan sıklığın belirlenmesi için İRT'de sunulan bir seçenek aşağıdaki gibidir:

"Asgari sıklıkların mevcut olmadığı durumlarda, geçmiş veriye dayanarak, mevcut raporlama döneminden bir önceki raporlama dönemine ait yakıt veya malzemeler için analitik değerleri de içeren, söz konusu yakıt veya malzemeye karşılık gelen analitik değerlerdeki sapma, faaliyet verisinin belirlenmesi ile bağlantılı belirsizlik değerinin 1/3'ünü geçmediği koşullarda işletmenin başvurusu halinde Bakanlık, ek-6'da listelenenlerden farklı bir sıklık kullanılmasına izin verebilir".

<sup>19</sup> İRT'de "hesaplama faktörleri", "net kalorifik değer, emisyon faktörü, ön emisyon faktörü, yükseltgenme faktörü, dönüştürme faktörü, karbon içeriği veya biyokütle oranı" olarak tanımlanmaktadır.

#### 4. ÖLÇÜM TEMELLİ YÖNTEM İÇİN BELİRSİZLİK

N<sub>2</sub>O'nun izlenmesini içeren bir ölçüm temelli yöntem için, İRT'nin Ek 1'i gereğince, ekipmanın ölçüm sıklığını, çalıştırma aralığını ve belirsizliğini gösteren bütün ekipmanların listesi gerekmektedir. İRT, belirsizliğin belirlenmesinde hangi basitleştirmelerin kullanılacağı konusunda hesaplama temelli yaklaşımlarda olduğu gibi bir koşul öngörmemektedir.

İRT'ye göre tüm ölçümlerin 12/10/2011 tarihli ve 28082 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri Tebliği ile aşağıdaki diğer standartlara göre yapılması gerekmektedir:

- TS EN 14181 Sabit kaynak emisyonları- Otomatik ölçüm sistemlerinin kalite güvencesi,
- TS EN 15259 Hava kalitesi- Sabit kaynak emisyonlarının ölçümü- Ölçme bölgeleri ve yerleri ile ölçümün amacı, planı ve raporlanması için gerekler
- Ve diğer ilgili TS EN ve ISO standartları.

Örneğin, TS EN 14181 belirsizliğin nasıl belirleneceği konusunda rehberler ve belirsizliğin asgariye indirilmesine yönelik kalite güvence prosedürleri hakkında bilgi içermektedir (QAL 2 ve 3). TS EN ISO 14956 (Hava kalitesi-Belirtilmiş bir ölçme belirsizliği ile karşılaştırılarak bir ölçme metodunun uygunluğunun değerlendirilmesi), QAL 1 için rehberlik etmektedir.

Bu tip standartların bulunmadığı durumlarda, yöntemler uygun ISO standartlarına göre yürütülür. Uygulanabilir yayınlanmış standartların olmadığı durumlarda, uygun taslak standartlar, sanayiye ait en iyi uygulama kılavuzları veya diğer kanıtlanmış bilimsel yöntemler kullanılır.

İşletme ekipmanın yeri, kalibrasyonu, ölçümü, kalite güvencesi ve kalite kontrolünü de dâhil ederek sürekli ölçüm sisteminin bütün yönlerini dikkate alır.

Uygun standartların ya da rehberlerin belirsizliğin belirlenmesine ilişkin bilgi içermemesi durumunda, bu belirlemenin bazı hususları Bölüm 7'den alınabilir.

## 5. ASGARİ YÖNTEM (KADEMELERE DAYANMAYAN YÖNTEM) İÇİN BELİRSİZLİK

Aşağıdaki şartların tümü sağlandığı sürece işletme, seçilen kaynak akışları ya da emisyon kaynakları için asgari (kademelere dayanmayan izleme) yöntemini uygulayabilir:

- Hesaplama temelli yöntem altında bir veya daha fazla ana kaynak akışları veya küçük kaynak akışları için en az kademe 1'i uygulamanın ve aynı kaynak akışları ile ilgili olarak en az bir emisyon kaynağı için ölçüm temelli yöntemi uygulamanın teknik olarak uygun olmadığı,
- İşletme, ulusal veya uluslararası kabul görmüş eşdeğer standartlara uygun olarak yıllık emisyonların belirlenmesinde kullanılan bütün parametrelerin belirsizliklerini her yıl değerlendirip nitelediği ve sonuçları yıllık emisyon raporuna dahil ettiği,
- İşletmenin, söz konusu asgari yöntemi uygulayarak, bütün tesis için sera gazı emisyonlarının yıllık seviyesine ilişkin toplam belirsizlik eşiğinin aşağıdaki oranları geçmeyeceğini Bakanlığa gösterir:
  - Kategori A tesisleri için %7,5,
  - Kategori B tesisleri için %5,0 ve
  - Kategori C tesisleri için %2,5.

Belirsizliğin değerlendirilmesine ilişkin daha fazla bilgi Bölüm 7.2.3'te bulunabilir.

## 6. EN ÇOK KULLANILAN ÖLÇÜM CİHAZLARI İÇİN İHTİYATLI ÖLÇÜM BELİRSİZLİKLERİ

Aşağıdaki tablolar belirli kategorilerde en çok rastlanan ölçüm cihazları için ihtiyatlı ölçüm belirsizliklerine genel bir bakış sağlamaktadır.

Aşağıdaki tablolarda sunulan belirsizlik değerleri ve ek şartlar, ölçüm cihazının üreticisinden daha fazla detaylı bilgi alınamıyor ya da OIML<sup>20</sup> tarafından yayınlanan örnek dokümanlar bulunamıyorsa dikkate alınabilir. Ayrıca, bu belirsizlik değerleri ancak 1'den 4'e kadar tüm adımlar karşılanmışsa (Bölüm 3.1.1.4'e bakınız) kullanılabilir. Eğer bu koşul sağlanmıyorsa, Yöntem 2a geçerli değildir. Gaz ve sıvılarla ilgili ölçüm cihazları için uygun OIML dokümanları R137 ve R117'dir. Katı maddelerle ilgili ölçüm cihazları için R76 uygun kaynaktır.

Her cihazın yeniden kalibrasyonu için bir zaman aralığının tavsiye edilmektedir. Bu, Yöntem 2b'yi (Bölüm 3.1.1.5) uygulamak için öngörülen gerekliliklerin her kalibrasyondan sonra geçerli olabileceği ve daha güvenilir sonuçlar vereceğine işaret etmektedir. Bu seçenek aşağıdaki standart değerler uygulanmadan önce her zaman dikkate alınmalıdır.

Rotarymetre
<p>Madde: gaz</p> <p>İlgili standartlar: TS EN 12480:2002+A1:2006</p> <p>Ölçüm aralığının %0-20'si için belirsizlik: %3 Ölçüm aralığının %20-100'ü için belirsizlik: %1,5</p> <p>Şartlar:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- On yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama</li><li>- Karterin yağ seviyesinin yıllık kontrolü</li><li>- Kirli gaz için filtre uygulaması</li><li>- Cihaz ömrü 25 yıl</li></ul>
<p>Madde: sıvı</p> <p>Ölçüm aralığının %0-10'u için belirsizlik: %1 Ölçüm aralığının %10-100'ü için belirsizlik: %0,5</p> <p>Şartlar:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Beş yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama (ya da sıvı akışının 3500 saat olduğu daha erken bir zamanda x ölçerin maksimum aralığı ölçerden geçtiğinde)</li><li>- Üreticinin talimatnamesine göre yıllık bakım/ Ölçüm prensibi genel talimatları</li><li>- Cihaz ömrü 25 yıl</li></ul>

<sup>20</sup> Uluslararası Yasal Metroloji Organizasyonu (OIML) tarafından kabul edilen teknik özellikleri içeren dokümanlara <http://www.oiml.org/> adresinden ulaşılabilir.

## **Türbinmetre**

Madde: gaz

İlgili standartlar: TS EN 12261:2002 + A1:2006

Ölçüm aralığının %0-20'si için belirsizlik: %3

Ölçüm aralığının %20-100'ü için belirsizlik: %1,5

Şartlar:

- Beş yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama
- Yıllık görsel kontrol
- Mil yatağının üç ayda bir yağlanması (Kalıcı yağlı mil yatağı hariç)
- Kirli gaz için filtre uygulanması
- Titreşimli gaz akışı yok
- Cihazın ömrü 25 yıl

Madde: sıvı

Ölçüm aralığının %10-100'ü için belirsizlik: %0,5

Şartlar:

- Beş yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama
- Mil yatağının üç ayda bir yağlanması (Kalıcı yağlı mil yatağı hariç)
- Kirli gaz için filtre uygulanması
- Cihaz ömrü 25 yıl

## **Ev tipi gaz sayacı / diyaframlı gaz sayacı**

Madde: gaz

İlgili standartlar: TS EN 1359:1998 + A1:2006

Ölçüm aralığının %0-20'si için belirsizlik: %7,5

Ölçüm aralığının %20-100'ü için belirsizlik: %4,5

Şartlar:

- On yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama
- Üreticinin talimatnamesine göre yıllık bakım/ Ölçüm prensibi genel talimatları
- Cihaz ömrü 25 yıl



### **Orifis metre**

Madde: gaz ve sıvı

İlgili standartlar: TS EN ISO 5167

Ölçüm aralığının %20-1000'ü için belirsizlik: %3

Şartlar:

- Basınç transmitterinin yıllık kalibrasyonu
- Orifis metrenin beş yılda bir kalibrasyonu
- Aşınma deliği ve kirliliğinin yıllık denetimi
- Üreticinin talimatnamesine göre yıllık bakım/ Ölçüm prensibi genel talimatları
- Cihaz ömrü 30 yıl
- Aşındırıcı sıvı ve gaz yok

Deliklere kurma rehberleri, üretici tarafından aksi belirtilmemişse: delikten önce minimum 50D girdi akışı uzunluğu ve delikten sonra 25D girdi akışı uzunluğu: iç duvarın düzgün yüzeyine

### **Venturimetre**

Madde: gaz ve sıvı

İlgili standartlar: TS EN ISO 5167

Gaz: Ölçüm aralığının %20-100'ü için belirsizlik: %2

Sıvı: Ölçüm aralığının %20-100'ü için belirsizlik: %1,5

Şartlar:

- Basınç transmitterinin yıllık kalibrasyonu
- Beş yılda bir ölçüm cihazının tümünün kalibrasyonu
- Yıllık görsel kontrol
- Üreticinin talimatnamesine göre yıllık bakım/ Ölçüm prensibi genel talimatları
- Cihaz ömrü 30 yıl
- Aşındırıcı sıvı ve gaz yok

### **Ultrasonik ölçer**

Madde: gaz ve sıvı

İlgili standartlar: ISO 17089-1:2010

Gaz: Ölçüm aralığının %1-100'ü için belirsizlik: %2

Gaz (kelepçeli): Ölçüm aralığının %1-100'ü için belirsizlik: %4

Sıvı: Maksimum ölçüm aralığının %1-100'ü için belirsizlik: %3

Şartlar:

- Beş yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama
- Transformatör ve tüp duvarı arasındaki bağlantının yıllık denetimi. Yeterli bağlantı yoksa, transformatörün kurulumunun yeri üreticinin talimatnamesine göre değiştirilmelidir.
- Duvar aşınmasına yönelik yıllık denetim
- Transformatörlerin yıllık denetimi
- Üreticinin talimatnamesine göre yıllık bakım/ Ölçüm prensibi genel talimatları
- Cihaz ömrü 15 yıl
- Sıklıkların korunması
- Maddenin bileşimi bilinmekte

Ultrasonik ölçerleri kurma rehberleri, üretici tarafından aksi belirtilmemişse: ölçerden önce 10D minimum girdi akışı uzunluğu ve ölçerden sonra minimum 5D girdi akışı uzunluğu

### **Vorteks ölçer**

Madde: gaz

Gaz: Ölçüm aralığının %10-100'ü için belirsizlik: %2,5

Sıvı: Ölçüm aralığının %10-100'ü için belirsizlik: %2

Şartlar:

- Beş yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama
- Sensörlerin yıllık denetimi
- Dik gövdenin yıllık denetimi
- Duvar aşınmasına yönelik yıllık denetim
- Üreticinin talimatnamesine göre yıllık bakım/ Ölçüm prensibi genel talimatları
- Cihaz ömrü 10 yıl
- Titreşimsiz kurulum
- Kapsamlı şoklardan sakınma

Vorteks ölçerleri kurma rehberleri, üretici tarafından aksi belirtilmemişse: ölçerden önce minimum 15D girdi akışı uzunluğu ve ölçerden sonra minimum 5D girdi akışı uzunluğu

### **Coriolis metre**

Madde: gaz ve sıvı

Gaz: Ölçüm aralığının %10-100'ü için belirsizlik: %1,5  
Sıvı: Ölçüm aralığının %10-100'ü için belirsizlik: %1

**Şartlar:**

- Üç yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama
- Serbest kurulum
- Aylık sıfır noktası ayarlama kontrolü
- Yıllık aşınma ve paslanma denetimi
- Transmitter ve sensörlerin aylık kontrolü
- Üreticinin talimatnamesine göre yıllık bakım/ Ölçüm prensibi genel talimatları
- Cihaz ömrü 10 yıl

**Oval dişli tipi akış ölçer**

Madde: sıvı

Ölçüm aralığının %5-100'ü için belirsizlik: %1

**Şartlar:**

- Ağdalı sıvılar (yağ): Beş yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama
- İnce sıvılar: İki yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama
- Yıllık aşınma denetimi
- Üreticinin talimatnamesine göre yıllık bakım/ Ölçüm prensibi genel talimatları
- Cihaz ömrü 30 yıl

**Elektronik hacim dönüştürme cihazı (EVCI)**

Madde: gaz

İlgili standartlar: TS EN 12405-1: 2005+A1:2006

0,95-11 bar ve -10 - 40°C için belirsizlik: %1

**Şartlar:**

- Dört yılda bir temizleme, yeniden kalibrasyon ve gerekliyse ayarlama
- Pilleri değiştirme (değiştirme sıklığı üreticinin talimatnamesine göre değişir)
- Üreticinin talimatnamesine göre yıllık bakım/ Ölçüm prensibi genel talimatları
- Cihaz ömrü 10 yıl

## 7. KAYNAK AKIŞLARI İÇİN TAM BELİRSİZLİK DEĞERLENDİRMESİ

### 7.1. Giriş

Bu Ek, herhangi bir geçerli bir basitleştirme yapılmaması durumunda belirsizliklerin değerlendirilmesi ile ilgili genel yaklaşım hakkında bilgi vermektedir. Daha fazla detay için, Ölçümde Belirsizliğin İfadesi Rehberi<sup>21</sup>'ne (GUM'a) bakınız.

Kural olarak, belirsizlik değerlendirmesi aşağıdaki hususları kapsamaktadır:

- Kullanılan ölçüm cihazının belirtilen belirsizliği,
- Kalibrasyonla ilgili belirsizlik, ve
- Ölçüm cihazının pratikte nasıl uygulandığına bağlı olarak diğer ilave belirsizlikler.

Basınç ve sıcaklık ölçümü gibi ilave ölçümlere gerek duyulması halinde, bu ölçümlerin belirsizliği de dikkate alınmalıdır. Üreticinin sunduğu belirsizlik bilgisinin kullanılamaması durumunda; işletmenin, talimatnameden sapmaların belirsizliği etkilemediğini kanıtlaması ve gerekçelendirmesi gerekmektedir. Eğer bu mümkün değilse, işletmenin ihtiyatlı ve doğrulanmış belirsizlik tahminleri yapması gerekir. Söz konusu belirsizliğin olası etkileri aşağıdaki yer almaktadır:

- Çalışma aralığından sapma,
- Yük veya akış hızına bağlı farklı belirsizlikler,
- Atmosfer şartları (rüzgar, sıcaklık değişimi, nem, paslanan maddeler),
- İşletim şartları (yapışkanlık, yoğunluk ve viskozite değişimi, düzensiz akış hızı, homojen olmama),
- Kurulum şartları (yükseltme, eğilme, titreşim, dalgalanma),
- Cihazın kendisi için tasarlanan ortam dışında farklı bir ortamda kullanılması,
- Kalibrasyon aralıkları,
- Uzun dönemli istikrar.

Genel olarak sıcaklık, basınç (farklılıklar), akış hızı, viskozite, vs. gibi en önemli parametrelerin hangileri uygunsuzsa onların üzerinde odaklanılmalıdır. Belirsizlik üzerindeki önemli etkiler dikkate alınmalı ve değerlendirilmelidir. Belirsizlik, uygun hata yayılımı formülü ile hesaplanabilir. Özel bir belirsizliğin hesaplanması ile ilgili bazı örnekler bu Ek içerisinde verilmektedir.

Tablo 2'de, belirsizlik değerlendirmesi ile ilgili olabilecek çeşitli etkileyen parametrelerin listesi verilmektedir. Sonuçlar üzerinde çok az etkiye yol açma olasılığı bulunan bazı unsurların birçok durumda göz ardı edilebilir olması nedeniyle tablo tamamlanmış sayılmamaktadır. Bununla birlikte,

<sup>21</sup> Kısaltması GUM olan bu rehber için ilgili adres: <https://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>

faaliyet verisinin belirsizliği ile ilgili bir risk değerlendirmesi yapılırken bu tablo bir başlangıç noktası olarak kullanılabilir ve en ilgili etkileyen parametrelere odaklanılmasına yardımcı olabilir. Tablo 3, ölçüm cihazlarına özel etki eden bazı parametreleri ortaya koymaktadır.

Tablo 2: Faaliyet verilerinin belirlenmesinde etkisi olan parametreler

	<b>Gaz Kaynak Akışları</b>	<b>Sıvı Kaynak Akışları</b>	<b>Katı Kaynak Akışları</b>
<b>Ekipmanı ve ekipman kurulumunu etkileyen parametreler</b>	Kapalı ortam sıcaklığında gaz akış etkilerindeki düzensizlikler Uzun dönemli davranış özellikleri (kalibrasyon ve bakım sıklığı) Kabul edilebilir ölçüm aralığı Elektromanyetik alanlar	Sıvı akışlarındaki düzensizlikler, çözülmüş gazların köpürmesi Ortam sıcaklığı Uzun dönemli davranış özellikleri (kalibrasyon ve bakım sıklığı) Kabul edilebilir ölçüm aralığı Elektromanyetik alanlar	Rüzgar ve radyasyona maruz kalma Ortam sıcaklığı Uzun dönemli davranış özellikleri (kalibrasyon ve bakım sıklığı) Pozisyonu Elektromanyetik alanlar Depolama kapasiteleri/hacimleri
<b>Ölçülen maddeyi etkileyen parametreler</b>	Sıcaklık Basınç Sıkıştırılabilirlik faktörü Yoğunlaşma noktası (bazı gazlar için) Aşındırıcılık	Sıcaklık Yoğunluk Viskozite Kaynama veya erime noktası (sadece bazı istisnai şartlar için) Aşındırıcılık	Safılık/nem Net ağırlık olarak erişebilirlik (örneğin paketleme) Maddenin hazırlanması Kurumaya bağlı etkiler Yoğunluk Akış özellikleri (tane büyüklüğü) Yapışkanlık

Tablo 3: Cihaza özel etkileyen parametrelerin ölçümü ve bunların doğrulanmasının/azaltılmasının yolu

<b>Gazların / sıvıların ölçülmesi</b>		
<b>Ölçüm cihazı</b>	<b>Etkileyen parametre</b>	<b>Doğrulama / Azaltma seçeneği</b>
Türbin sayacı	Kesintili akış, titreşim	Uygun çalıştırma parametreleri, Titreşimden kaçınma, örneğin kontrol cihazlarını kullanarak

Ev tipi gaz sayacı	Sıcaklık ve basıncın doğru tespit edilmesi	Elektronik hacim Dönüştürme Cihazı EVCI kullanınız
Orifis metre, venturimetre	Zararlar, borunun pürüzlülüğü, Basınç farklılık detektörlerinin sağlamlığı	TS EN ISO 5167 koşullarını yerine getirin.
Ultrasonik ölçer	Güçlü gürültü sinyalleri	Gürültüyü azaltın
Vorteks ölçer	Titreşim	Titreşimden kaçının
Coriolis metre	Gerilme, titreşim	Sabit dengeleyici
Oval dişli tipi akış ölçer	Rezonanslar, kirlilik	Damperler ve filtreler
<b>Katıların ölçülmesi</b>		
<b>Ölçüm cihazı</b>	<b>Etkileyen parametre</b>	<b>Doğrulama / Azaltma seçeneği</b>
Taşıma bandı tartısı	Eğer bant eğimli ise, sürgülü ve yapışkan	Yatay bant kullanın
Tekerli yükleyici tartısı	Yapışkanlık	Her ölçüm sonrası sıfırlama
Vagon tartı köprüsü	Tartılan madde tam uygun ölçüde değil ("aşırı yüklü")	Büyük yeterli ölçekler kullanın
Silo tartısı, Kamyon tartısı	Rüzgâr	Rüzgâr korumaları kullanın.

## 7.2. Hata Yayılımı Kanunları

Birçok durumda söz konusu ölçülen büyüklük doğrudan ölçülmemekte, ekseriyetle bir fonksiyon bağıntısı yoluyla ölçülen diğer girdi miktarlarından hesaplanmaktadır. Örneğin, hacimsel akış ( $f_v$ ), yoğunluk ve basınç farkı gibi ölçülen girdiler ile  $f_v = f_v(\rho, p)$  fonksiyon ilişkisi yoluyla hesaplanmaktadır. Sonrasında, söz konusu ölçülen büyüklüğü ile ilgili belirsizlik, hata yayılımı yoluyla birleştirilmiş standart belirsizliği olarak tespit edilecektir.

Girdi miktarları için;

- Korelasyonsuz (birbirinden bağımsız) girdi miktarları ile
- Korelasyonlu (birbirine bağlı) girdi miktarları

arasındaki ayrımı yapmak gerekmektedir.

Eğer işletme, kaynak akışı bölümlerinin faaliyet verilerini belirlemek üzere farklı ölçüm cihazları kullanırsa, ilgili belirsizlikler korelasyonsuz olarak kabul edilebilir.

### Örnek 3:

**Örnek:** Bir gaz akışı ölçümü, ayrı ölçüm cihazları ile ölçülen sıcaklık ve basınç unsurlarını dikkate alarak m<sup>3</sup>'ten Nm<sup>3</sup>'e dönüştürülmektedir. Bu parametreler genel olarak korelasyonsuz (birbirinden bağımsız) kabul edilebilir (Bölüm 8.2.1'e bakınız).

**Örnek:** Kömür yakıtlı bir enerji santralinin yıllık kömür tüketimi, yıl boyunca aynı bantlı kantar ile teslim edilen kömür yığınlarının ölçülmesi ile belirlenmektedir. Uygulamada işletim esnasında ortaya çıkabilecek sürüklenme etkileri ve bantlı kantarın kalibrasyonu ile ilgili belirsizliklerden dolayı tartı sonuçları ile ilgili belirsizlikler korelasyonludur (birbirine bağlıdır). (Bölüm 8.2.2'e bakınız).

Bununla birlikte, bu varsayımın her durum için dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir, zira aynı ölçüm cihazı, fiziksel ölçüm standardı, veya önemli bir belirsizlik standardı olan müracaat sathının kullanılması durumunda iki girdi miktarı arasında önemli bir korelasyon bulunabilir.

#### 7.2.1. Korelasyonsuz (Birbirinden Bağımsız) Girdi Miktarları

##### Örnek 1: Bir toplamın birbirinden bağımsız belirsizlikleri

Proses buharı üretimi için kullanılan bir buhar kazanı, yakıt olarak gazın ısıtılmasıyla çalıştırılır. Kullanılan ısıtma gazı kazana on farklı borudan beslenir. Gaz miktarı, TS EN ISO 5167'ye göre on farklı standartta akışkan debi ölçeri ile belirlenir. Buhar kazanı için ısıtma gazının yıllık tüketiminin belirlenmesi ile ilgili belirsizlik (bir toplamın belirsizliği) aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$U_{toplam} = \frac{\sqrt{(U_1)^2 + (U_2)^2 + \dots + (U_{10})^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_{10}|}$$

Burada:

$u_{toplam}$ = Isıtma gazının belirlenmesi ile ilgili toplam (nispi) belirsizlik

$U_i$ = Her bir akışkan debi ölçerinin belirsizliği (mutlak değeri)

$x_i$ = Farklı akışkan debi ölçerleri tarafından yıllık olarak ölçülen ısıtma gazı miktarları

##### Örnek 2: Bir çarpımın birbirinden bağımsız belirsizlikleri

Birkaç kazanı olan birleşik bir ısı ve enerji/güç santrali, yakıt olarak sadece doğal gaz ile çalıştırılmaktadır. Yıllık tüketilen miktar, bir türbin sayacı, ayrı bir basınç ölçümü ve ayrı bir sıcaklık ölçümünü içeren bir ölçüm sistemi ile merkezi transfer istasyonunda (her bir kazana dağıtımı yapılmadan önce) belirlenmektedir. Türbin sayacı, işletme koşullarındaki akış hızını (debiyi) belirlemektedir.

Emisyon için doğal gazın standart hacminin raporlanmaktadır. Kullanılan m<sup>3</sup>'ün standart m<sup>3</sup>'e dönüştürülmesi için basınç ve sıcaklık ölçümlerinin dikkate alınması gerekir. Bundan dolayı, standart m<sup>3</sup>'teki doğal gazın belirlenmesi ilgili belirsizlik aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$u_{toplam} = \sqrt{u_V^2 + u_T^2 + u_P^2}$$

Burada:

$u_{\text{toplam}}$ =Doğal gazın belirlenmesi ile ilgili toplam belirsizlik (nispi)

$u_v$ = Hacim ölçümünün belirsizliği (nispi)

$u_T$ = Sıcaklık ölçümünün belirsizliği (nispi)

$u_p$ = Basınç ölçümünün belirsizliği (nispi)

## 7.2.2. Korelasyonlu (Birbirine Bağlı) Girdi Miktarları

### Örnek 1: Bir toplamın korelasyonlu belirsizlikleri

Bir enerji santrali kömür yakıtlıdır. Yıllık kömür tüketimi, yıl boyunca aynı bantlı kantar ile teslim edilen kömür yığınlarının tartılması ile belirlenmektedir.

Uygulamada işletim esnasında ortaya çıkabilecek sürüklenme etkilerinden ve bantlı kantarın kalibrasyonu ile ilgili belirsizliklerden ötürü, tartı sonuçları ile ilgili belirsizlikler korelasyonludur. Dolayısıyla, kömürün belirlenmesi ile ilgili belirsizlik (bir toplamın belirsizliği) aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$u_{\text{toplam}} = \frac{U_1 + U_2 + \dots + U_n}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Burada:

$u_{\text{toplam}}$  = Kömürün belirlenmesi ile ilgili toplam (nispi) belirsizlik

$U_i$ = Bantlı kantarın belirsizliği (mutlak değer) ( $U_1 = U_2 = U_n$ )

$x_i$ = Farklı yığınlarda kömür miktarları

Bu durumda, kömürün belirlenmesi ile ilgili (nispi) belirsizlik, bantlı kantarın belirsizliğine (nispi) eşit olur.

### Örnek 2: Bir çarpımın korelasyonlu belirsizlikleri

Mineral sanayi, yanma prosesinden önce ve sonra ürün bir masa tartısında tartılarak yanma kaybı belirlemektedir. Yanma kaybı, ilk ağırlığına kıyasla yanma prosesi öncesi ve sonrasında ortaya çıkan kütle farkıdır. Tartı sonucu ile ilgili belirsizlikler korelasyonludur, zira aynı masa tartısı kullanılmaktadır.

Dolayısıyla, yanma kaybının tespit edilmesi ile ilgili belirsizlik (bir çarpımın belirsizliği) aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$U_{\text{toplam}} = U_1 + U_2$$

Burada:



$u_{\text{toplam}}$  = Yanma kaybının tespit edilmesi ile ilgili toplam (nispi) belirsizlik

$u_{1,2}$  = (nispi) Isıtma öncesinde ve sonrasında kütle ölçümündeki belirsizlik

### Örnek 3: Depolanmış yakıt miktarının belirsizliği

Gazyağının toplam yıllık tüketimi, tankerler ile yapılan toplu sevkiyatların hesaplanması ile elde edilmektedir. Tankerlerde, maksimum izin verilen hatası %0,5 olan yasal metrolojik kontrole tabi bir akış ölçer bulunmaktadır. Bir kamyon, 25.000 litre gazyağı sevkiyatı yapabilmektedir. Yıllık tahminler sonrası işletme, gelecek yıla ait ortalama yıllık 750.000 litreye ihtiyaç olduğunu tahmin etmektedir. Dolayısıyla, yıllık 30 tankerlik sevkiyat beklenmektedir.

Tesisteki gazyağı depolama tankının 40.000 litrelik bir kapasitesi bulunmaktadır. 8m<sup>2</sup>'lik bir ara kesitte belirsizlik, toplam kapasitenin %2,5'una tekabül etmektedir.

Depolama tankının, yıllık kullanılan miktarın 40,000/750,000= % 5.3'ünü alma kapasitesi bulunmaktadır, dolayısıyla depolama tankının belirsizlik değerlendirmesi için dikkate alınması gerekir<sup>22</sup>.

Q yıllık miktarında gazyağı aşağıdaki formülü ile belirlenir:

$$Q = P - E + (S_{\text{başlangıç}} - S_{\text{son}})$$

Burada:

P Tüm yıl boyunca satın alınan miktar

E İhraç edilen miktar (örneğin tesisin bölümlerine sevk edilen yakıt)

$S_{\text{başlangıç}}$  Raporlama dönemi başlangıcında gazyağı tankında bulunan miktar

$S_{\text{son}}$  Raporlama dönemi sonunda gazyağı tankında bulunan miktar

Bütün yıl boyunca satın alınan gazyağı miktarı (P), tek bir ölçüm yerine birçok ölçümün toplanması ile belirlendiği için, örneğin, 30 kamyonluk sevkiyat durumunda P şu şekilde yazılabilir:

$$P = P_1 + \dots + P_{30}$$

Burada,

$P_i$  = Bir kamyondaki satın alınan miktar

<sup>22</sup> IRT'ye göre stok değişikliği ile ilgili belirsizlik, depolama tesislerinin kapasitesinin yıllık kullanılan ilgili yakıt veya malzeme miktarının en az %5'i olduğu durumda belirsizlik değerlendirmesine dâhil edilir.

Q miktarını belirlemek için tüm girdi miktarlarının korelasyonsuz olduğu düşünülebilir<sup>23</sup>. Gazyağının ihraç edilmediğini varsaydığımızda (E=0) belirsizlik, toplamın korelasyonsuz belirsizliği olarak belirlenir.

$$u_Q = \frac{\sqrt{(U_{S,baslangic})^2 + (U_{S,bitis})^2 + (U_{P1})^2 + \dots + (U_{P30})^2}}{|S_{baslangic} - S_{bitis} + P_1 + \dots + P_{30}|}$$

$u_{Q=Q}$  ile ilgili toplam belirsizlik (nispi)

$U_{S,P=}$ . Bir kamyonun sağladığı miktar veya stok seviye okumasına ilişkin toplam belirsizlik (mutlak değer)

Stok seviyesinin okuması ile ilgili belirsizlik her iki okuma içinde aynıdır.  $S_{baslangic}$  ve  $S_{son}$  'daki fark tahmin edilemediğinden ' $S_{baslangic} - S_{son}$ ' 0 olarak varsayılır. Aynı mutlak değerli belirsizliklere sahip aynı miktarlar olarak tüm  $P_i$ 'ler düşünülürse, formül basitçe:

$$u_Q = \frac{\sqrt{2 \cdot (U_S)^2 + n \cdot (U_{Pi})^2}}{P}$$

$$u_Q = \frac{\sqrt{2 \cdot (4000 \cdot \%2,5)^2 + 30 \cdot (2500 \cdot \%0,5)^2}}{75000} = \%0,21$$

Gazyağı tüketimi ile ilgili faaliyet verisinin ton olarak ifade edilmesinden dolayı yakıtın yoğunluğunun dikkate alınması gerekir. Temsili örneklemeleri kullanarak kütle yoğunluğunu belirlemek için belirsizlik yaklaşık %3 olarak alınmıştır. Bir çarpımın korelasyonsuz belirsizliği aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$u_{toplam} = \sqrt{u_{Q(hacim)}^2 + u_{yoğunluk}^2}$$

$$u_{toplam} = \sqrt{\%0,21^2 + \%3^2} = \%3,007$$

Akış ölçerin oldukça düşük bir belirsizliği olmasına rağmen ton cinsine çevrildiğinde, yoğunluk belirlenmesine ilişkin belirsizliğin etkisinin toplam belirsizliğe olan katkısının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Bu nedenle gelecekteki iyileştirmeler, daha düşük belirsizlikle yoğunluğun belirlenmesi ile ilgili olmalıdır.

### 7.2.3. Tüm Tesis İçin Belirsizlik (Kademelere Dayanmayan, Asgari İzleme Yöntemi)

<sup>23</sup>Ölçümler arasındaki uzun zaman aralığı (raporlama dönemi başlangıcı ve sonu) nedeniyle depolama tankında okunan seviye bir ölçüm serisinin içerisinde sayılamaz. Ancak, kullanılmakta olan ölçüm cihazının hala aynı ölçüm cihazı olmasından dolayı bazı düzeltmeler olabilir. Korelasyonsuz olarak düşünmek bu özel örnek için bir varsayımdır. Genelde, eğer korelasyon gerçekten göz ardı edilebilirse, örneğin GUM 'a uygun olarak korelasyon katsayılarını belirlemek gibi bir değerlendirme yapılmalıdır.

### Örnek 1: Kademelere Dayanmayan İzleme Yöntemi ile Toplam Belirsizlik

Kategori A tesisi yalnızca doğal gaz kullanmakta olup tesisin yıllık emisyonu 35.000 t CO<sub>2</sub>'dir. Bu yakıt yasal metrolojik kontrole tabi ticari işlem ile elde edildiği için ilgili ulusal mevzuatça izin verilen azami izin verilebilir hataya göre faaliyet verisi ile ilgili belirsizlik %2 olabilir. Uygulanan tüm hesaplama faktörleri basitleştirme amacıyla kullanılan ve belirsizliği etkilemeyen varsayılan değerler olduğu için %2 ayrıca toplam emisyonlarla ilgili belirsizliği ifade etmektedir<sup>24</sup>.

İşletmenin Bakanlığa en azından kademe 1'i uygulamanın teknik olarak elverişli olmadığını (örneğin, ölçüm sistemi kurmak gibi) kanıtlayıp kademelere dayanmayan izleme yöntemini kullanmayı önerdiği durumlarda, söz konusu kaynak akışı için belirsizlik değerlendirmesinin (% 95 güven aralığında) %18'lik belirsizlik sağladığına dair kanıt sunar. Bu kaynak akışından yıllık beklenen emisyon miktarı 12.000 t CO<sub>2</sub>'dir. Kategori A tesisi için asgari yöntemini uyguladığımızda işletme, tüm tesise ait emisyonların belirsizliğinin %7,5'i geçmediğini göstermelidir. Verilen örnekte işletme belirsizliği aşağıdaki formülü kullanarak hesaplar:

$$Emisyon_{toplam} = Emisyon_{doğalgaz} + Emisyon_{asgariyöntem}$$

Burada;

$Emisyon_{toplam}$  = Tesisin toplam emisyonu

$Emisyon_{doğalgaz}$  = Doğal gaz yakılmasından kaynaklanan emisyon (35,000 t CO<sub>2</sub>)

$Emisyon_{asgariyöntem}$  = Kademelere dayanmayan izleme yöntemi ile izlenen kaynak akışından kaynaklanan emisyon (12,000 t CO<sub>2</sub>)

Tüm emisyonların (nispi) belirsizliği bir toplamın belirsizliği olarak yorumlanabildiğinden toplam belirsizlik aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$u_{toplam} = \frac{\sqrt{(35.000 \cdot \%2,0)^2 + (12.000 \cdot \%18)^2}}{|35.000 + 12.000|} = \%4,8$$

Tüm tesise ait emisyonlarla ilgili belirsizlik %7,5'i geçmediği için önerilen asgari yöntem uygundur.

<sup>24</sup> Varsayılan değer (örneğin, IPCC değerleri veya Ulusal Envanter Değerleri 'NIR') o değerle ilgili bir belirsizlik gösterdiğini lütfen not ediniz. Hata yayılımı kullanılarak ve ürünün bağımsız belirsizliklerinden kaynak akışı belirsizliği hesaplanarak bu belirsizlik ayrıca dikkate alınmalıdır.

## 8. DÜŞÜK EMİSYONLU TESİSLER

### 8.1. Gereklilikler

İRT'ye göre düşük emisyonlu tesisler (yıllık emisyonları 25.000 tCO<sub>2</sub>'den az olan tesisler), her bir kaynak akışı veya emisyon kaynağının belirsizlik değerlerine uygunluğunu Bakanlığa kanıtlama zorunluluğundan muaftır. Ancak bu durum, tesisleri, gerekli kademelere uygunluklarını tespit etme gerekliliğinden muaf tutmamaktadır.

Yine İRT'ye göre işletme, ölçüm ekipmanlarının düzenli aralıklarda kalibrasyonunu, ayarlanmasını ve tetkikini temin eder, uygun olan durumlar için, İRT'nin gereksinimleri kapsamında uluslararası ölçüm standartları ve tanımlanmış risklere uygun olup olmadığını kontrol eder. Bu amaçla İRT, işletmenin ölçüm ekipmanlarının kalite kontrolü için yazılı prosedürleri hazırlaması ve bunları devam ettirmesini gerektirmektedir. Dolayısıyla, elde edilen sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği konusunda ölçüm cihazların performansı hakkında bilgiler her tesiste mevcut olmalıdır. Yasal metrolojik kontrole tabi cihazların ilave bir çaba sarf etmeksizin öngörülen gereklilikleri genelde karşıladığını lütfen not ediniz.

Aşağıdaki bölümde, "düşük emisyonlu tesisler" için uygun bir belirsizlik değerlendirmesi örneği ayrıntılı olarak verilmiştir.

### 8.2. Örnek Tesise Ait Bilgiler

Bu bölümde anlatılan tesis, tuğla ve kaldırım taşları üretmektedir ve yılda ortalama 15,000 tCO<sub>2</sub> emisyonuna sebep olmaktadır. İzlenmesi gereken kaynak akışları aşağıda yer almaktadır:

Yakıt/Materyal	Kategori	Tahmin edilen emisyonlar (t CO <sub>2</sub> / yıl)	Faaliyet verileri için minimum gereklilikleri
Hafif fuel oil	Ticari standart yakıt	6.500	Kademe 1 <sup>25</sup> (±%7,5)
Kil	Seramik: Yöntem A <sup>26</sup>	8.000	Kademe 1 (±%7,5)
Linyit	Diğer katı yakıtlar (Gözenek oluşturan etkin madde)	498	Önemsiz
Dizel	Diğer gaz ve sıvı yakıtlar (yedek güç kaynağı)	2	Önemsiz

Bu örnekte yer alan yöntemler, yaygın olarak kullanıldıkları için seçilmiştir. Bununla birlikte, bunlar sadece örnektir ve daha iyi (daha güvenilir, daha doğru, vs.) yöntemlerin mevcut olup olmadığı araştırılmadan uygulanmamalıdır. Düşük emisyonlu tesis, ilave çaba gerekmeksizin kademe 1'den daha

<sup>25</sup> Bkz, İRT Ek 2.

<sup>26</sup> Bkz, İRT Ek 3.

yüksek kademeleri uygulayabiliyorsa, yüksek kademeyi uygulamalıdır<sup>27 28</sup>. Özellikle de eğer kullanımda olan ölçüm cihazı bir üst kademe ile zaten uyumlu ise, kademe 1'in bir üstünü uygulamak için hiçbir ilave çaba gerekmemektedir.

### **Hafif fuel oil:**

Örnekte bahsedilen yakıt, kamyonlarla teslim edilmekte ve tanklarda depolanmaktadır (depolama kapasitesi %5'ten küçüktür). Örnekte, bağımsız taraflar arasında açık/net ticari işlemler mevcuttur. Dolayısıyla (birçok benzer durumda), ticarete tabi ölçümler yasal metrolojik kontrole tabidir. Konuyla ilgili Yöntem 1 ve Yöntem 4'e bakınız. Bu nedenle, ilgili mevzuat gereğince **hizmette/kullanımda maksimum izin verilebilir hata** kullanılabilir.

#### ***Gerekli Bilgiler:***

*Uygunluğu göstermek amacıyla işletme, gerekli kademenin belirsizlik eşliğinin aşılmadığını kanıtlamak zorundadır; örneğin, kamyonlara takılan hacim akışı ölçüm cihazları için ticari ortağından resmi kalibrasyon sertifikasını/protokolünü isteyerek kanıtlayabilir. Bu belge, doğrulayıcıların, kademe belirlemede kullanılan verilerin geçerliliğini teyit etmesini sağlayacaktır.*

*Mevzuatta belirtilen en düşük kademin bile %7,5'ten düşük bir belirsizlik gerektirdiği varsayılabilir. Buradan uygunsuzluğun çok zayıf bir ihtimal olduğunu lütfen not ediniz. Bu ölçüm cihazının yasal metrolojik kontrole tabi olduğunu teyit eden bir belge yine de gerekmektedir.*

*Eğer yasal metrolojik düzenlemeleri, bu amaca yönelik olarak daha yüksek bir belirsizliğe sahip ölçüm cihazlarına izin veriyorsa, bunun da kanıtlanması gerekecektir. Bu tür bir kanıt, hangi doğruluk sınıflarının kullanılmasına izin verildiğini açıkça gösteren belgeler olabilir; örneğin, tedarikçi ile imzalanmış ve sadece belirli doğruluk sınıflarına sahip ölçüm cihazlarının kullanılacağını gösteren bir sözleşme gibi.*

### **Kil:**

Örnekte verilen kil, işletme tarafından doğrudan bir kil ocağından alınmaktadır. Dolayısıyla, herhangi bir ticari işlem yapılmaması nedeniyle kullanılan ölçüm cihazı yasal metrolojik kontrole tabi değildir. İşletme, kili kamyonlarla ocaktan alıp tesise nakletmektedir. Bu kamyonların, işletmenin sahibi olduğu bir kantarda tartılma olasılığı vardır.

Ölçüm cihazının özelliklerine uygun bir ortamda kullanılması halinde, işletme belirsizlik değerlendirmesini basitleştirebilir. Bunun için Yöntem 2a/2b'nin 1 ila 4. adımlarına bakınız.

#### ***Gerekli Bilgiler;***

*İşletme, önerilen Yöntem 2s/2b'nin uygulanması için:*

- 1. Etki eden parametrelerle ilgili işletme koşullarının mevcut olduğunu,*
- 2. Etki eden parametrelerle ilgili işletme koşullarının sağlandığını,*
- 3. Kalite güvence kalibrasyon prosedürlerinin yerine getirildiğini,*
- 4. Faaliyet verilerinin ölçümü için diğer ilave kalite güvence prosedürlerini*

*kanıtlamalıdır.*

<sup>27</sup> Belirsizlik değerlendirmesine ilgili belirsizliği dahil etmek amacı ile düşük emisyonu sahip bir tesis, depolama ünitelerinde raporlama dönemi boyunca yakıt veya malzemenin yıllık tüketiminin en az %5'inin bulunduğu durumda, raporlama döneminin başında ve sonunda stok verisinin belirlenmesine ilişkin belirsizlik değerlendirmesi yapmaktan muafır.

<sup>28</sup> Düşük emisyonu sahip bir tesis, daha yüksek kademe uygulamanın teknik olarak elverişli olmadığına dair belge sunmadan, bütün kaynak akışlarında faaliyet verisinin ve hesaplama faktörlerinin belirlenmesi için, ilave çaba harcamadan daha yüksek doğruluğa erişilmedikçe, asgari kademe 1'i uygulayabilir.

*Bu dört adıma uygunluğun aynı zamanda hafif fuel oil'le de ilgili olduğunu lütfen not ediniz (yukarıya bakınız). Bununla birlikte, yasal metrolojik kontrole uygunluk yükümlülükleri, bu dört adımın yerine getirildiğini temin edecektir.*

*Bu adımların uygulanması, bir sonraki bölümde yer alan örnekte gösterilmektedir.*

*Bu kantarla alakalı olarak üreticinin spesifikasyonlarının uygun işletme koşulları hakkında bilgi içerdiği varsayılmaktadır (Adım 1'deki gereklilik karşılanmış olur).*

*Adım 2'deki gerekliliklerin yerine getirildiğini kanıtlamak açısından, işletme, bir sonraki bölümde verilen tablo gibi basit bir kontrol listesi hazırlayabilir.*

*Adım 3 ve 4'teki gerekliliklerin yerine getirildiğini doğrulayıcıya kanıtlamak için, işletme, ölçüm ekipmanının kalite güvencesi açısından uygun bir prosedürü uygulamaya koymalı ve kullanımdan önce de dahil olmak üzere düzenli aralıklarla ilgili tüm ölçüm ekipmanlarının kalibre edildiğinden, ayarlandığından ve kontrol edildiğinden ve ayrıca uluslararası ölçüm standartlarınca belirlenmiş ölçüm standartları baz alınarak kontrol edildiğinden emin olmalıdır. İRT uyarınca her bir tesis tanımlanmış riskleri azaltacak kontrol faaliyetleri ile ilgili yazılı yazılı prosedürleri hazırlar. Bu kapsamda işletme, ölçüm ekipmanlarının düzenli aralıklarda kalibrasyonunu, ayarlanmasını ve tetkikini temin eder, uygun olan durumlar için, İRT'nin gereksinimleri kapsamında uluslararası ölçüm standartları ve tanımlanmış risklere uygun olup olmadığını kontrol eder. Ölçüm sistemleri bileşenlerinin kalibre edilemediği durumlarda, işletme bunları izleme planında tanımlar ve alternatif kontrol faaliyetleri sunar. Ekipman gerekli performansı karşılamadığı durumlarda, işletme ilgili mevzuat çerçevesinde gerekli düzeltici önlemleri alır. Bu gerekliliklere her tesis uymalıdır ve hiçbirine bir muafiyet tanınmaz.*

*Örnek tesisteki depolama kapasitesi kilin yıllık kullanım miktarının %5 üzerinde olmasına rağmen, İRT'ye göre, düşük emisyonlu tesis, belirsizlik değerlendirmesinde stok değişikliklerinin hesaba katılmasından muaf tutulmayı talep edebilir. Bu örnek, işletmenin stok değişimini iyi bir uygulama için dahil etmeyi tercih ettiğini varsaymaktadır. Harcanan kil miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır:*

$$Q = P - E + (S_{\text{başlangıç}} - S_{\text{son}})$$

*Formül Açıklama:*

*Q = Miktar*

*P = Satın alınan miktar*

*E = Tesisin diğer bölümlerine gönderilen miktar*

*S = Stoktaki miktar*

*Bölüm 7.2.2'de yer alan Örnek 3, stok değişikliği ile ilgili belirsizliğin nasıl hesaplanabileceğini göstermektedir. Örnek tesis, bir sonraki bölümde gösterildiği gibi bu yaklaşımı kullanır.*

*Düşük emisyonlu tesisler, belirsizlik değerlendirmesi yaparken stok verileriyle ilgili belirsizliği dahil etmekten muaftır. Bununla birlikte, hesaplamanın ne kadar basit olduğunu ve beraberinde getirdiği belirsizliğin genel hesaplama üzerinde nasıl küçük bir etkiye sahip olduğunu göstermek için stok verileri örneğe dahil edilmiştir.*

*CO2 emisyonlarının belirlenmesi için, faaliyet verileri ve tüm hesaplama faktörleri materyal akışının aynı haliyle ilgili olmalıdır, kil örneği için özellikle aynı nem seviyesi gibi. Bu nedenle, nem içeriğinin belirlenmesinin beraberinde getirdiği belirsizlik hesaba katılmalıdır. Bunun için Bölüm 7.2.1'de yer alan Örnek 2'ye bakınız. İRT, Ek-3'ün 12. bölümünde "kuru" kilden bahsetmektedir, ancak "nem içeriği" İRT'de bir hesaplama faktörü değildir. Sonuç olarak, bu durum faaliyet verilerinin belirsizliğinin belirlenmesinde hesaba katılmalıdır. Emisyon faktörünün yanı sıra bu nem içeriğinin de belirlenmesi için laboratuvar analizleri kullanılır ve sonucunda bir örnekleme planının bulunması gereklidir.*

### **Linyit:**

Gözenek oluşturan etkin madde, önemsiz kaynak akışıdır. Bu nedenle, bu kaynak akışının neden olduğu yıllık emisyonların belirlenmesi için bir tahmin yöntemi uygulanabilir. Bu yakıt, işletme tarafından piyasadan satın alındığı için, yıllık faaliyet seviyesini belirlemek amacıyla faturalar kullanılabilir. Örnekte verilen linyit emisyon miktarı, kullanılan linyit miktarını net ısı değerle ve İRT Ek-5'te (Kademe 1) verilen emisyon faktörüyle çarpmak suretiyle elde edilir.

### **Dizel:**

Dizel de önemsiz bir kaynak akışıdır. Hassas ölçüm zor olacaktır (zira dizel yakıt ayrıca paletli yükleyiciler, forkliftler gibi mobil makineler için de kullanılmaktadır, dolayısıyla yakıt faturaları kullanılamaz). Yedek güç kaynağında kullanılan dizeli belirlemek için bir tahmin yöntemi kullanılabilir. Örnekte ortak bir formül önerilmektedir:

$$\text{Faaliyet Verisi} = \text{YÇS} \times \text{KAP} \times (3600 / 10^9) \times (1 / \text{NKD})$$

$$\text{Yıllık emisyonlar} = \text{FV} \times \text{NKD} \times \text{EF}$$

YÇS = Yıllık çalışma saati

KAP = Yedek güç kaynağının kurulu kapasitesi (kW)

FV = Faaliyet verisi (t)

NKD = Net kalorifik değer (TJ/t; örneğin Ek VI veya varsa Ulusal Envanterden alınma)

EF = Emisyon faktörü (t CO<sub>2</sub>/TJ; örneğin Ek VI veya varsa Ulusal Envanterden alınma)

## **8.3. Örnek belirsizlik değerlendirmesi**

Aşağıdaki örnek, Bölüm 8.2'de detaylarına yer verilen örnek tesisin belirsizlik değerlendirmesinin nasıl olacağını ayrıntılı şekilde açıklamaktadır.

### **Hafif fuel-oil:**

Faaliyet verileri için uygulanan kademe: **Kademe 2 (±%5,0), faturaları baz alır**

Kademe gerekliliklerine uygunluk kanıtı: Ekte üç tedarikçimizden alınan kamyonlarda kullanılan rotor akış ölçerler için en güncel resmi kalibrasyon sertifikasını bulabilirsiniz.

### **Kil:**

Faaliyet verileri için uygulanan kademe: **Kademe 2 (±%5,0)**, elde edilen belirsizlik = %4,5 (aşağıdaki hesaplamaya bakınız)

Kademenin gerekliliklerine uygunluk kanıtı: Yöntem 2a/2b kullanılmaktadır.

"Adım 1": Kantarın kullanım kılavuzunda verilen üretici firma spesifikasyonlarına bakınız ("Azami İzin Verilen Hata ± %4,0"); örneğin, (ham) kilin nem içeriğinin örnekleme planına bakınız.

Stok değişikliklerini dikkate alan hata yayılımı:

- depolama kapasitesi: 7.000 t,
- yıl sonunda stok tahmini ile ilgili belirsizlik (ihtiyatlı tahmin): %10;
- yıllık ortalama tüketilen kil miktarı: 125.000 t,
- üretici spesifikasyonlarında belirtilen hizmette izin verilebilir maksimum hata: %4;
- nem içeriğini belirlemekle ilgili belirsizlik: %2

Hesaplama:

$$u_{nemli} = \frac{\sqrt{2 \cdot (U_{stok})^2 + (U_{kil})^2}}{\text{Yıllık Tüketilen Kil Miktarı}} = \frac{\sqrt{2 \cdot (7.000 \cdot \%10)^2 + (125.000 \cdot \%4)^2}}{125.000} = \%4,08$$

$$u_{kuru} = \sqrt{u_{nemli}^2 + u_{nem}^2} = \sqrt{\%4,08^2 + \%2^2} = \%4.5$$

"Adım 2" gerekliliklerine uygunluğun kanıtı:

Kantarın ilgili parametreleri için kontrol listesi:

Üretici spesifikasyonlarında listelenen parametre	Üretici tarafından tanımlanan değer	Gerçekte uygulanan aralıklar/koşullar	Uyumlu mu?
Sıcaklık	-15 – 50 °C	-15 – 40 °C	Evet
Ölçüm aralığı	2 - 50 ton	10 - 35 ton	Evet
Rüzgarın hızı	< 20 m/s	< 15 m/s	Evet
Kalibrasyon sıklığı	iki yılda bir	iki yılda bir	Evet

"Adım 3 ve 4" gerekliliklerine uygunluğun kanıtı<sup>29</sup>:

*Kamyon kantarı WB-XYZ123 için ilişikteki en güncel kalibrasyon sertifikalarına ve bölüm 2.4'deki kalite yönetimi prosedürlerine bakınız.*

**Linyit:**

Faaliyet verileri için uygulanan kademe: Kademe 3 (±%2,5), faturaları baz alır

Kanıt<sup>30</sup>: Linyit teslimatı yapan ticaret ortaklarından talep edilen ilişikteki güncel resmi sertifikalara bakınız.

<sup>29</sup> Adım 3 ve 4, uygulanacak olan ölçüm aracı için bir kalite güvence (düzenli kalibrasyon) gerektirir. Bu, yazılı bir prosedür ile sağlanmalıdır.

<sup>30</sup> Eğer bu sertifikalar mevcut değilse, faturalar kullanılarak faaliyet verileri halen belirlenebilir. Bununla birlikte, bir kademe ye uygunluk kanıtlanmazsa, bu durum kademesiz bir yaklaşım olacaktır. Bu, sadece önemsiz kaynak akışları için uygulanabilir.



## **Dizel:**

Faaliyet verileri için uygulanan kademe: **Önemsiz**

Yaklaşım: Emisyonlar, yıllık işletim saati, yedek güç kaynağının kurulu nominal termal girişi ve dizelin envanter emisyon faktörüne dayalı olarak hesaplanır. Emisyonların ihtiyatlı tahminleri tipik olarak yılda 1 ile 5 t CO<sub>2</sub> aralığında olur.

## **8.4. Örnek Kalite Yönetimi**

Ölçüm ekipmanının kalite kontrolü için gerekli prosedür aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

### **Bir prosedür örneği:**

1. Tesis normalde Aralık ile Şubat ayları arasında durdurulmakta olup, ölçüm ekipmanı genelde bu süreç içerisinde kalibre edilir.
2. Sorumlu kişi (kalite yönetimi müdür yardımcısı), izleme planında listelenen tüm cihazları için bir uygun kalibrasyon ve bakım aralıkları takvimi uygular. Uyarı sistemi, her sene 30 Kasım tarihine ayarlanır.
3. Sorumlu kişi (kalite yönetimi müdür yardımcısı), sonraki 4 hafta boyunca takvime göre kalite kontrol faaliyetlerini kontrol eder. Uygun olduğu takdirde, tesisin müdürü ile birlikte, toplantılarda bu iş için gerekli kaynakları temin eder.
4. İzleme planında listelenen cihazların kalibrasyonu ve bakımı, "D:\IRT\kalibrasyon\_log.xls" isimli dosyada elektronik olarak ve çıktı halinde takip edilir ve belgelenir: Ofis HS3/27, raf 3, Klasör tanımı "KY 27-IRT-nnnn". (nnnn=yıl). Belgelenen bilgiler cihazın tanım numarası, aracın monte edildiği tarih, son kalibrasyon, son kalibrasyondan sonra okunan ölçüm, son kalibrasyon için kiralanan laboratuvar, son kalibrasyonların beyanı ve bir sonraki kalibrasyonun tarihini içermektedir.
5. Geçerli yılda kalibrasyon tarihi gelmiş olan tüm ölçüm cihazları için sorumlu kişi aşağıdaki prosedürü takip eder:
  - a. Sorumlu kişi (kalite kontrol müdür yardımcısı) harici uzmanlar (kalibrasyon enstitülerini) çağırır.
  - b. Sorumlu kişi KY (kalite yönetim) görevlerinin kararlaştırılan tarihlerde yerine getirildiğini kontrol eder.
  - c. Sorumlu kişi, yukarıdaki KY faaliyetlerinin kaydını tutar.
  - d. Sorumlu kişi, gerekli düzeltici faaliyetleri tesis müdürüne rapor eder. Düzeltici faaliyet, KY 28-IRT prosedürü kapsamında uygulanır.

<Prosedür sonu>

Prosedürün kendisi, yukarıda da ayrıntılı açıklandığı gibi, izleme planından bağımsız bir belgedir. Ancak, prosedürün bir özetinin standartlaştırılmış bir tablo şeklinde izleme planına dahil edilmesi gerekir. Bu aşağıdaki gibi yapılabilir:

İRT kapsamında hazırlanacak prosedür	Muhtemel içerik (örnekler)
Prosedürün adı	İzleme planında yer alan cihazlar için Kalite Yönetimi
Prosedürün tanımlanması için izlenebilir ve doğrulanabilir bir referans	KY 28-İRT
Prosedürün uygulanmasından ve prosedür tarafından üretilen veya yönetilen veriden sorumlu olan birimler	Kalite yönetimi ofisi
Prosedürün kısa tanımı (İşletmenin, doğrulayıcının ve Bakanlığın prosedüre ilişkin gerekli parametreleri ve yapılan işlemleri anlamalarını sağlayacak açıklamalar)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sorumlu kişi, izleme planında listelenen tüm cihazlar için bir uygun kalibrasyon ve bakım aralıkları takvimi uygular</li> <li>Sorumlu kişi hangi kalite yönetimi faaliyetlerinin gerektiğini kontrol eder. Uygun olduğu takdirde, tesisin müdürü ile birlikte, toplantılarda bu iş için gerekli kaynakları rezerve eder.</li> <li>Sorumlu kişi, harici uzmanlar (kalibrasyon enstitüleri ve/veya üreticinin servis teknisyenleri) çağırır.</li> <li>Sorumlu kişi kalite yönetimi görevlerinin kararlaştırılan tarihlerde yapıldığını kontrol eder.</li> <li>Sorumlu kişi, yukarıdaki kalite yönetimi faaliyetlerinin kaydını tutar.</li> <li>Sorumlu kişi, gerekli düzeltici faaliyetleri gerekirse tesis müdürüne rapor eder.</li> <li>Düzeltilici faaliyet, eğer ilgiliyse KY 28-İRT prosedürü kapsamında uygulanır.</li> </ul>
İlgili kayıtların ve bilgilerin yeri	Çıktı: Ofis HS3/27, raf 3, Klasör tanımı "KY 27-İRT-nnnn". (nnnn=yıl) Elektronik olarak: "D:İRT\kalibrasyon_log.xls"
Varsa, kullanılan yazılımın adı	Belgeleri eklentiler şeklinde kronolojik olarak saklamak için MS Outlook takvimi de kullanılır
İlgili olduğu yerde, uygulanan Türk Standartları ve uluslararası kabul görmüş diğer standartların listesi	Cihaz listesinde (belge İRT-Chz-A1.xls) geçerli standartlar listelenir. Bu belge, talep üzerine doğrulayıcıya temin edilebilir.