

SICAKLIK KAYNAKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Alev DERELİOĞLU
Narcisa ARİFOVİÇ

ÖZET

Bu çalışmada; sıcaklık kaynağı olarak kullanılan kuru fırın ve sıvı banyo arasındaki farklılıklar ele alındı. Kullanılan sıcaklık kaynağının ölçüm sonuçlarına etkisi literatürdeki bilgilerden de yararlanarak verildi. Deneysel çalışmada; her iki sıcaklık kaynağı ile alınan ölçüm sonuçları incelendi. Sonuç olarak; sıvı banyoların kullanımıyla elde edilecek olan sıcaklık kaynağından kaynaklanan belirsizlik bileşen değerinin, kuru fırınların kullanımına göre daha düşük olarak elde edildi.

1. GİRİŞ

Bugün sıcaklık ölçümlerinin doğru ve güvenilir şekilde uygulanması endüstrinin ihtiyaç duyduğu konuların başında gelmektedir. Bu amaçla her kurum kendi sıcaklık kalibrasyonlarını gerçekleştirme çabası içerisinde. Sıcaklık ölçümleri, elde edilen ürünü doğrudan etkilediği gibi, endüstriyel olarak yapılan tüm ölçümleri de yakından etkilemektedir. Bu nedenledir ki, günümüzde kendi sıcaklık kalibrasyonunu yapmak isteyen kurum sayısı hızla artmaktadır.

Sıcaklık kalibrasyonlarının yapılabilmesi için, kararlı ve özdeş bir sıcaklık kaynağına ve Ulusal Metroloji Enstitüsüne ya da akredite bir laboratuvara izlenebilir, referans termometreye gereksinim vardır.

Her türlü termometre kalibrasyonunda;

- Kararlı ve özdeş sıcaklık ortamı içindeki sensörün konumuna,
- Sıcaklık kaynağı içerisindeki ortamın referans termometre ile ölçülmesine,
- Ölçümler boyunca referans termometrenin okuduğu sıcaklık değerine karşılık, kalibre edilen termometrenin okuduğu sıcaklık değerine dikkat edilmelidir.

Ölçümlerin değerlendirilmesi ve belirsizlik hesaplarında ne tür sıcaklık kaynağının kullanıldığı önemlidir. Sıcaklık ölçümlerinde sıcaklık kaynağı olarak kuru fırın ya da sıvı banyo kullanılmaktadır. Bu çalışmada bu iki kaynağın kullanılması ile elde edilecek ölçüm sonuçları karşılaştırılacaktır.

2. SICAKLIK KAYNAKLARI

Sıcaklık kaynağı kavramı, özellikle kalibrasyon ya da ölçüm gerektiren durumlarda karşımıza çıkmaktadır. Bugün endüstride farklı tip ve özelliklere sahip bir çok sıcaklık kaynağı bulunmaktadır. Bununla birlikte sıcaklık kaynakları sıvı ve kuru tip şeklinde iki gruba ayrılmaktadır.

2.1. SIVI BANYOLAR

Sıvı banyoların çalışma sıcaklık aralığı, içine konan sıvının özellikleri ile sınırlanır. Farklı sıvıların kullanımıyla, -60 °C ile 550 °C sıcaklık aralığında sıcaklık kaynağı olarak sıvı banyolar kullanılmaktadır (Tablo 1).

Banyo içerisindeki sıcaklık dağılımının kararlı hale ulaşma süresi, içindeki sıvının özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Banyo hacimlerinin büyük olması, homojen sıcaklık ortamının oluşmasının uzun zaman almasına sebep olmaktadır. Fakat bu geniş hacim durumu, birden fazla termometre ile ölçüm almamız sırasında banyo kararlılığını etkilememektedir.

Tablo 1. Kalibrasyonda kullanılan sıvı banyolar ve sıcaklık aralıkları

Banyo Sıvısı	Sıcaklık Aralığı / °C
Alkol banyosu	- 60 / 4
Su banyosu	4 / 90
Yağ banyosu	70 / 250
Tuz banyosu	250 / 550

Birçok sıvı banyo farklı tipteki sıcaklık termometrelerinin yeterli daldırma derinliğinde ölçüm alınabileceği şekilde tasarlanmıştır. Sıvı, içerisine daldırılan termometrenin etrafını kaplayarak, sıcaklık değişimlerinden etkilenmemesinde büyük rol oynar. Sıvı banyolar daldırma derinliği bakımından avantajlı durumdadır. Sıvı akışının ölçümler üzerindeki etkisini azaltmak amacıyla, banyo içerisine metal blok koyarak banyo içerisindeki sıcaklık dağılımını daha da iyileştirmek mümkündür. Bu şekilde termometre gövdesi ile içinde bulunduğu ortam arasındaki ısı alışverişinden kaynaklanan etki en aza inmektedir.

Sıcaklık ölçüm sonuçlarına ait belirsizlikler içerisinde en büyük etkinlerden biri “daldırma derinliği” etkisi olduğu bilinmektedir [1]. Termometre ile alınan ölçüm sırasında, termometrenin sıcaklık kaynağı içerisinde dikey eksenindeki sıcaklık kayıplarını azaltmak için sıcaklık kaynağı içerisinde daldırma derinliğinin pratikte; termometreye ait sensör çapının en az on katı olmalıdır [2].

Tüm bu özelliklere sahip olması sebebiyle sıvı banyolar, yüksek hassasiyette sıcaklık kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır.

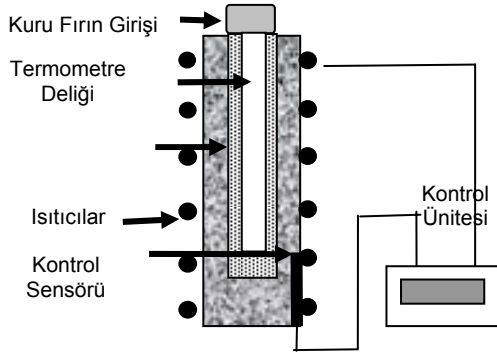
2.2. KURU FIRINLAR

Kuru fırınlar kolay taşınabilirlikleri, geniş sıcaklık aralığı ve ölçülmek istenen sıcaklıklara hızlı bir şekilde ulaşması bakımından yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüz endüstrisinin en önemli kavramı olan “zaman” olgusunu bize kazandırması ve yapılmak istenen işleri hızlandırması bakımından, kuru fırın tipindeki sıcaklık kaynakları sıkça tercih edilmektedir. Ölçüm yada kontrol amaçlı olarak, istenilen yere kolayca taşınabilmesi için bu sıcaklık kaynakları 12-15 cm daldırma derinliği olacak şekilde küçük hacimde üretilen cihazlardır.

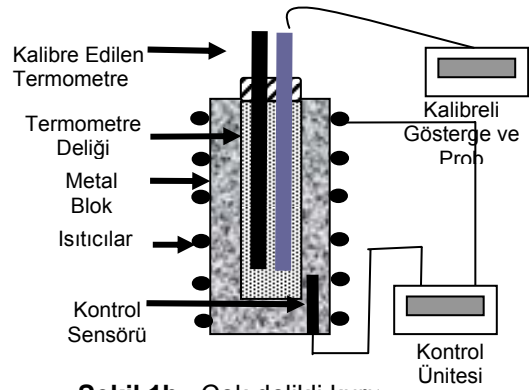
Kuru fırınlar, sıvılı ve sıvısız olmak üzere iki gruba ayrılabilir. İçerisine konulan sıvı yardımıyla, sıcaklık dağılımı daha homojen hale gelen sıvılı tipteki kuru fırınlar genel olarak -40 °C ile 140 °C aralığı civarında kullanılmaktadır.

Sıvısız tipteki kuru fırınlar, 50 °C ile 1250 °C sıcaklık aralığında kullanılmakta ve üç tipte üretilmektedir.

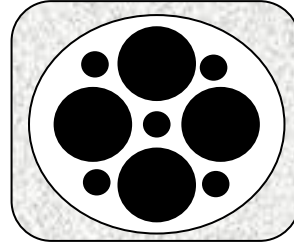
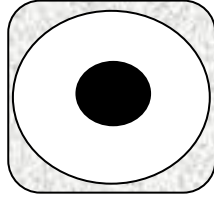
- sabit blok içerisinde, bir deliğe sahip olan kuru fırınlar (Şekil 1a),
- aynı anda tek bir metal blok içerisinde çok sayıda, farklı çaptaki deliğe sahip kuru fırınlar (Şekil.1b),
- farklı çaptaki deliklere sahip, değiştirilebilir yalıtım blokları bulunan kuru fırınlardır.



Şekil 1a. Tek delikli kuru fırın



Şekil 1b. Çok delikli kuru fırın



Şekil 2. Kuru fırın üst görünümü

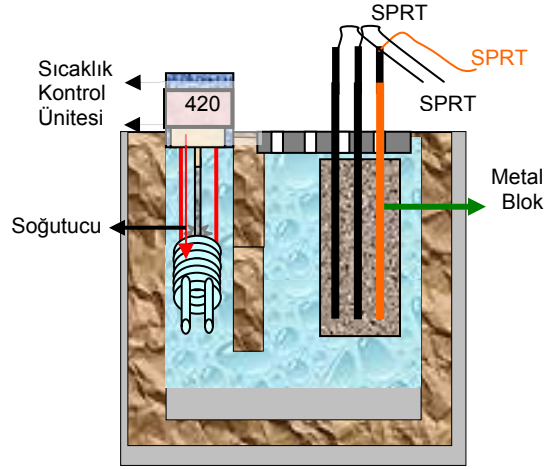
Tek delikli ya da daha fazla delik sayısına sahip kuru fırınlar için yatay ekseninde sıcaklık değişimleri önemli bir fark arz etmektedir (Şekil 2). Delik çaplarındaki farkların sıcaklık dağılımına etkisi ve yüksek sıcaklıklara çıkıldıkça farklı çaplara sahip delikler arasındaki sıcaklık farklarının büyüyeceği göz ardı edilmemelidir. Ayrıca oluşturulmak istenen referans sıcaklık değeri kuru fırın içerisine yerleştirilen termometre sayısı arttıkça, her termometrenin gövdesinden kaynaklı olarak ısı akışları etkilenecektir. Bu durumda kararlı bir sıcaklık değerine ulaşma süresi uzayacaktır.

Termometreye ait sensör delik içerisindeki yüksek sıcaklığa daldırıldığı halde, gövdesi ortam sıcaklığını hissetmektedir. Bu durumda termometre gövdesi üzerinde içeriden dışarıya ve dışarıdan içeriye ısı akışları olmaktadır. Dolayısıyla sıcaklık ölçümleri büyük ölçüde etkilenmektedir. Özellikle tel boyunca hissettiği sıcaklık değerini yansıtan ısıl çiftler bakımından bu durum çok önemli ölçüm hatalarını ortaya çıkarmaktadır.

3. ÖLÇÜMLER

420°C sıcaklık değerinde alınan ölçümlerde tuz banyosunu kullanılmaktadır. Ölçümler sırasında, banyonun sıcaklığı ve kararlılığı iki adet referans standart platin direnç termometresi (SPRT) ile kontrol edilmektedir. Ölçümler sırasında banyo içerisindeki sıcaklık dağılımının, termometrelerin daldırma derinliğine göre değişimi göz önünde bulundurulmalıdır.

3.1. 420 °C SICAKLIK DEĞERİNDE SIVI BANYO ÖLÇÜMLERİ



Şekil 3. Sıvı banyo ölçüm düzeneği

Sıvı banyoda alınan ölçümlerde, ITS-90 sabit noktalarında kalibreli olan dört adet referans SPRT kullanılmıştır (Şekil 3).

Ölçümler süresince termometrelerin aynı daldırma derinliğinde olmasına dikkat edilmiştir. Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde 40 cm'den, 30 cm'e kadar olan daldırma derinliği dikkate alınmıştır (Tablo 2 ve 3).

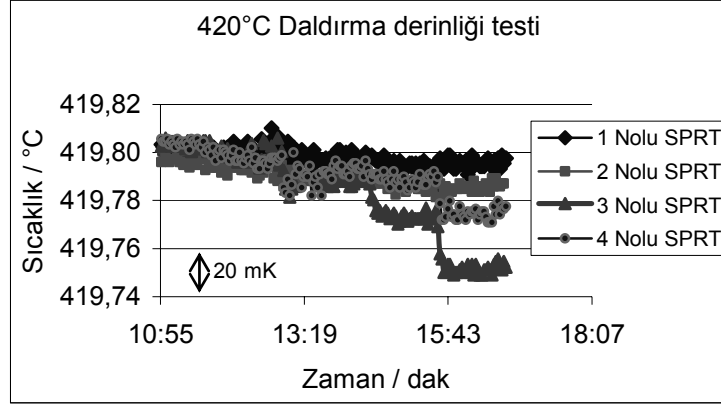
Tablo 2. Tuz banyosunun daldırma derinliği testi ölçüm sonuçları

Daldırma Derinliği / (cm)	1 Nolu SPRT Sıcaklık Değeri (t) / °C	2 Nolu SPRT Sıcaklık Değeri (t) / °C	3 Nolu SPRT Sıcaklık Değeri (t) / °C	4 Nolu SPRT Sıcaklık Değeri (t) / °C
40	419,802	419,798	419,803	419,804
36	419,802	419,794	419,799	419,799
32	419,798	419,790	419,789	419,793
30	419,794	419,786	419,773	419,788
28	419,795	419,786	419,751	419,775

Tablo 3. Tuz banyosunun yatay ve dikey dağılımı sonuçları

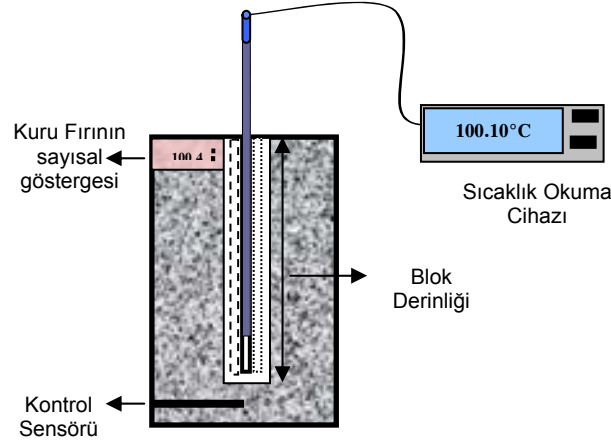
Yatay Dağılımı	420 °C	Dikey Dağılımı	420 °C
Daldırma Derinliği / (cm)	SPRT Fark Değeri (ΔT) / °C	Daldırma Derinliği / (cm)	SPRT Fark Değeri (ΔT) / °C
40	0,005	40-36	0,003
36	0,008	40-32	0,007
32	0,008	40-30	0,012
30	0,008		

Sıvı banyo içerisinde 420 °C sıcaklıkta, dört adet SPRT ile 10 cm'lik bölge için daldırma derinliği testi yapılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. 420 °C' de daldırma derinliği test grafiği

3.2. 420 °C SICAKLIK DEĞERİNDE KURU FIRIN ÖLÇÜMLERİ



Şekil 5. Kuru fırın ölçüm düzeneği

Kuru fırında alınan ölçümlerde, ITS-90 sabit noktalarında kalibreli olan iki adet referans SPRT aynı anda iki delikte kullanılmıştır (Şekil 5).

Ölçümler süresince termometrelerin aynı daldırma derinliğinde olmasına dikkat edilmiştir. Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde 11 cm'den, 15 cm'e kadar olan daldırma derinliği dikkate alınmıştır. (Tablo 4 ve 5)

Tablo 4. Kuru fırının daldırma derinliği testi ölçüm sonuçları

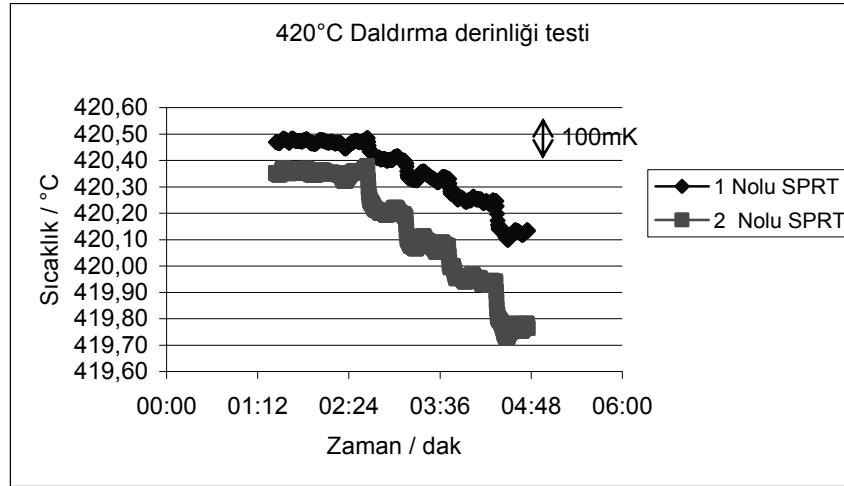
Daldırma derinliği / (cm)	1 Nolu SPRT	2 Nolu SPRT
15	420,472	420,355
14	420,403	420,199
13	420,329	420,072
12	420,243	419,937

11	420,128	419,768
----	---------	---------

Tablo 5. Kuru fırının yatay ve dikey dağılımı sonuçları

Yatay dağılımı	420°C	Dikey dağılımı	420°C
Daldırma derinliği / (cm)	SPRT Fark Değeri (ΔT) / °C	Daldırma derinliği / (cm)	SPRT Fark Değeri (ΔT) / °C
15	0,117	15-14	0,156
14	0,204	15-13	0,283
13	0,257	15-12	0,418
12	0,305	15-11	0,588
11	0,360		

Kuru fırın içerisinde, 420 °C sıcaklıkta, iki adet SPRT ile 5 cm'lik bölge için daldırma derinliği testi yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. 420 °C'de daldırma derinliği test grafiği

4. ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ

Termometrenin 420 °C sıcaklıktaki ölçümü için, sıcaklık kaynağı olarak sıvı banyonun kullanıldığı ölçüm düzeneğinde belirsizlik bileşenleri ve bu noktadaki ölçüm belirsizlik değeri tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6. Sıcaklık kaynağı olarak, sıvı banyo kullanıldığı durum için belirsizlik bütçesi

X_i	Belirsizlik Kaynakları	Tahmini değeri	Standart belirsizliği $u(X_i)$	Dağılım Fonksiyonu	Çarpanı	Kısmi Varyanslar u_i (°C)
t_s	Referans Termometre Sertifika Değeri	419,800	0,002	Normal	0,5	0,001
δt_d	Referans Termometre Kayması	0	0,001	Dikdörtgen	0,577	0,001
δt_{os}	Referans Ölçüm Sistem Belirsizliği	0	0,000	Normal	0,5	0,001
δt_{ir}	Yatay Sıcaklık Dağılımı	0	0,011	Dikdörtgen	0,577	0,006
δt_{ia}	Dikey Sıcaklık Dağılımı	0	0,008	Dikdörtgen	0,577	0,005
δt_{st}	Banyo Kararlılığı	0	0,004	Dikdörtgen	0,577	0,002
	Standard Belirsizlik					0,008
	Genişletilmiş Belirsizlik(k=2, %95)					0,017

Termometrenin 420 °C sıcaklıktaki ölçümü için, sıcaklık kaynağı olarak kuru fırının kullanıldığı ölçüm düzeneğinde belirsizlik bileşenleri ve bu noktadaki ölçüm belirsizlik değeri tablo 7’de yer almaktadır [3].

Tablo 7. Sıcaklık kaynağı olarak, kuru fırın kullanıldığı durum için belirsizlik bütçesi

X_i	Belirsizlik Kaynakları	Tahmini değeri	Standart belirsizliği $u(X_i)$	Dağılım Fonksiyonu	Çarpanı	Kısmi Varyanslar u_i (°C)
t_s	Referans Termometre Sertifika Değeri	419,5	0,030	Normal	0,5	0,015
δt_d	Referans Termometre Kayması	0	0,040	Dikdörtgen	0,577	0,023
δt_{os}	Referans Ölçüm Sistem Belirsizliği	0	0,010	Normal	0,5	0,005
δt_k	Kuru Fırın Yükleme Etkisi	0	0,050	Dikdörtgen	0,577	0,029
δt_{ir}	Yatay Sıcaklık Dağılımı	0	0,075	Dikdörtgen	0,577	0,043
δt_{ia}	Dikey Sıcaklık Dağılımı	0	0,300	Dikdörtgen	0,577	0,173
δt_{st}	Kuru Fırın Kararlılığı	0	0,030	Dikdörtgen	0,577	0,017
δt_{hys}	Kuru Fırın Histeresi	0	0,050	Dikdörtgen	0,577	0,029
	Standard Belirsizlik					0,186
	Genişletilmiş Belirsizlik(k=2, %95)					0,372

SONUÇ

Referans ölçüm sıcaklıklarını oluştururken, sıcaklık kaynaklarının sahip oldukları içyapılarında yer alan sıcaklık kontrol ünitesi ile haberleşen kontrol sensörleri ve ölçümü yapılan termometrenin konumlarına

dikkat edilmelidir. Bu yüzden sıcaklık kaynaklarının sayısal göstergeleri yerine içerisine yerleştirilecek referans termometrelerden, oluşturulmak istenen referans sıcaklıkların kontrol edilmesi daha uygun olacaktır.

Uygun sıcaklık kaynağının hangisi olduğu, istenilen ölçüm belirsizliği göz önünde bulundurularak seçilebilir. Sıvı banyo oluşturulan 420°C sıcaklık için ölçüm belirsizliği 0,02 °C iken, kuru fırınlarda aynı sıcaklık noktasında 0,4 °C olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] EA Guidelines on the Calibration of Temperature Block Calibrators, EA-10/13, EA Committee 2, February 2007
- [2] Tavenner J.P., Temperature Calibration; Depths of Immersion, Test and Measurement Conference, 2006
- [3] Arifoviç N., Derelioğlu A., Kuru Fırın Ölçümlerinde Belirsizlik Hesabı, MMO, 2008

ÖZGEÇMİŞLER

Alev DERELİOĞLU

1997 yılında Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünü ve Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Fizik Öğretmenliği Bölümünü bitirmiştir. 1997 yılında TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Kütle Laboratuvarında, "Kütle Metrolojisine Giriş" konulu tez çalışmasını tamamlamıştır. 1997 – 1999 yılları arasında TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Zaman ve Frekans Laboratuvarında Araştırmacı olarak çalışmıştır. 1999 yılı itibarıyla UME Sıcaklık Standartları Laboratuvarında Araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Özellikle Kontak sıcaklık ölçümleri ve ölçümlerde kullanılan cihazlar üzerine çalışmaktadır.

Narcisa ARİFOVİÇ

1997 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünü ve Çukurova Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Fizik Öğretmenliği Bölümünü bitirmiştir. 2002 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsünde "Platin Paladyum Isılçiftlerde Tavlama Sıcaklığının Isılçiftin Safsızlık Ve Homojenliğine Etkisini Araştırılarak Referans Fonksiyon Teklifi" adlı tez çalışması ile Yüksek Fizikçi ünvanını almıştır. 1997 yılı itibarıyla TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Sıcaklık Standartları Laboratuvarında Araştırmacı olarak çalışmaktadır. Özellikle Kontak sıcaklık ölçümleri ve ölçümlerde kullanılan cihazlar üzerine çalışmaktadır.