

# SERAMİK/METAL OKSİT SENSÖRLÜ ÇİY-NOKTASI ÖLÇER KALİBRASYON SİSTEMİ

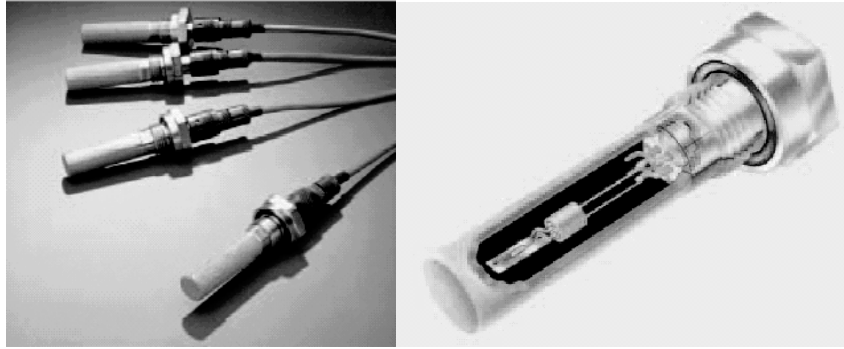
Seda OĞUZ AYTEKİN

## ÖZET

Bu çalışmada; özellikle düşük nem değerlerinde ölçüm yapan seramik ya da metal oksit sensörlü çiy-noktası ölçerlerin kalibrasyonlarının yapılması amacıyla UME Nem Laboratuvarında kurulan kalibrasyon sistemi tanıtılarak elde edilen ölçüm sonuçları ve sisteme ait belirsizlik bütçesi verilecektir. Kurulan sistemde -60 °C FP (frost-point) kırığı-noktası sıcaklığı ile 20 °C DP (dew-point) çiy-noktası sıcaklık aralığında kalibrasyonlar yapılmaktadır. Endüstride yaygın olarak kullanılan seramik ya da metal oksit sensörlü çiy-noktası ölçerlerin, -60 °C FP kırığı-noktası ile 20 °C DP çiy-noktası sıcaklık aralığındaki kalibrasyonları için nem laboratuvarında oluşturulan sistemde, optik tabanlı çiy-noktası ölçer referans cihaz olarak kullanılmaktadır. Bu sistem sıvı banyo, doyunlaştırıcı, direnç termometre, direnç termometre ölçüm düzeneği, referans çiy-noktası ölçer, iki-akış nem kaynağı ve hava hattından oluşmaktadır. Bu sistem ile banyo sıcaklığı değiştirilerek ya da iki-akış nem kaynağı kullanılarak çiy-noktası sıcaklık değerleri elde edilebilmektedir. Bu sistem kullanılarak endüstride yaygın olarak kullanılan çiy-noktası ölçerlerin kalibrasyon belirsizlikleri, kalibre edilen cihazın özelliklerine bağlı olarak 0,5 °C DP ile 1,0 °C DP aralığında verilmektedir.

## 1. GİRİŞ

Çiy-noktası ölçerler, optik tabanlı çiy- ya da kırığı-noktası sıcaklık ölçerler ile doğrudan su buhar basıncını ölçen seramik ya da metal oksit sensörlü çiy-noktası ölçerler olarak gruplandırılır. Optik tabanlı sistemlerde metal yüzeyde bulunan direnç termometre ile çiy-noktası sıcaklık ölçümü yapılmaktadır. Buna ek olarak foto detektör ve ışık kaynağı ile oluşturulan geri besleme sistemi ile ölçümlerin denge durumunda olduğu belirlenmektedir. Nem ölçer cihazlar arasında en düşük belirsizlik, ölçümler direnç termometre ile yapıldığı için optik tabanlı çiy-noktası ölçerler ile elde edilmektedir. Bu cihazlar kullanılarak belirsizlikleri daha yüksek olan seramik ya da metal oksit sensörlü çiy-noktası ölçerlerin kalibrasyonları ve ulusal/uluslararası karşılaştırmalar yapılmaktadır. Ancak bu cihazların endüstride kullanımları, cihazın büyüklüğü ve bazı durumlarda uygun hava hattının sağlanamaması nedeniyle mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, endüstride, özellikle kuru hava hatları içindeki nem miktarını belirlemek için seramik ya da metal oksit sensörlü çiy-noktası ölçerler kullanılmaktadır.

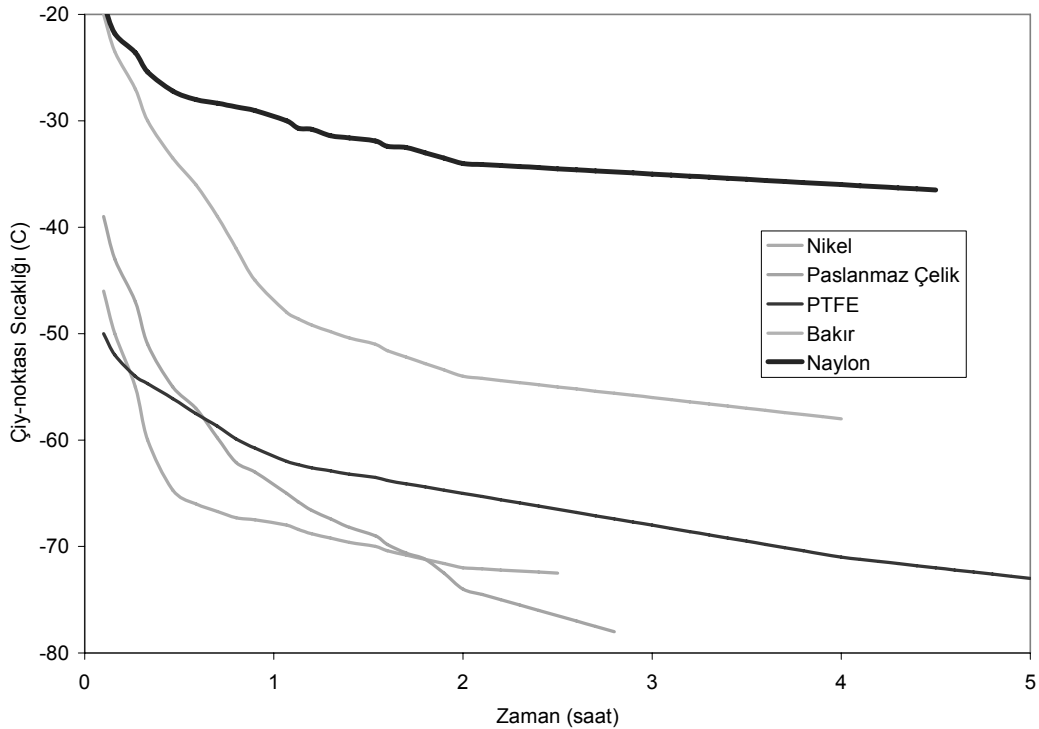


**Şekil 1.** Seramik ya da metal oksit algılayıcılar ve iç yapısı [1].

Seramik ya da metal oksit sensörlü çiy-noktası ölçerler,  $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$  FP kırığı-noktası sıcaklığında bile kullanım kolaylığı sağlaması, maliyetlerinin ucuzluğuna karşın küçük boyutlu ve yapısının dayanıklı olması nedenlerinden dolayı endüstride tercih edilmektedir. Bunlara ek olarak tepki sürelerinin endüstrideki işlemlerde kullanılmak üzere yeterince hızlı olması, tekrarlanabilirliğinin yüksek olması ve yıllık kayma değerinin ihmal edilebilir düzeyde olması da tercih nedenleri arasında sayılmaktadır.

Bu cihazları kullanırken üreticinin kullanım kitapçığında belirttiği önlemlere uyulmalı, düzenli kalibrasyon ile malzemenin yaşlanmasından, kayma ve kirliliklerden kaynaklanan sapmaların önüne geçilmelidir.

Cihazın bağlı olduğu ve ölçümün yapılacağı hava hattı nem tutmayan uygun malzeme ile kurulmalı ve sızdırma yapmayan uygun bağlantı elemanları kullanılmalıdır. Paslanmaz çelik ve nikel, grafik 1'de görüldüğü gibi, özellikle düşük kırığı-noktası sıcaklıklarında ölçüm yapılıyorsa mutlaka kullanılmalıdır. Su tutma özelliğine sahip olması ve bunun sonucunda ölçüm kararlılığını ve süresini etkilemesi nedeniyle naylon boruların kullanımından kaçınılmalıdır.



**Grafik 1.** Değişik boru malzemelerinin kuru hava verilerinde elde edilen nem atma süreleri [2].

Basınç ve akış ölçer ile hava hattı kontrol edilmelidir. Hava hattının basınç değerinin ortam basıncından daha yüksek olmasına dikkat edilerek ortamdaki hava hattına geri kaçışlar engellenmelidir. Hava hattı akış hızı, ortamdaki içeriye hava girişini engelleyecek şekilde ve üreticinin belirttiği değer aralığında ayarlanmalıdır. Hava hattı mümkün olduğunca kısa olmalı ve en az sayıda bağlantı elemanı kullanılmalıdır [3].

Ortam sıcaklığından düşük kırağı-noktası sıcaklıkları ölçülecekse hava hattı üzerinde yoğunlaşmayı engellemek amacıyla yalıtım malzemesi kullanılmalıdır.

Düşük kırağı-noktası sıcaklıklarında kullanılan algılayıcılar (sensor) ortam şartlarında veya nemli ortamlarda uzun süreli bekletilmemelidir.

## 2. ÖLÇÜMLER VE BELİRSİZLİK BÜTÇESİ

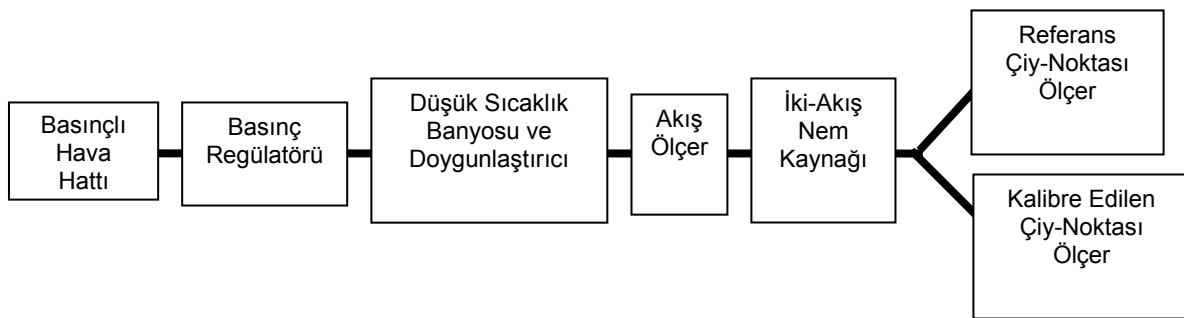
### 2.1 Ölçüm Sistemi

Düşük çiy-noktası sıcaklıklarında ölçümler yapıldığı için nem tutmayan ve ölçüm yapılacak basınç değerine dayanıklı paslanmaz çelik malzemeler hava hattında kullanılmıştır. Referans ve kalibre edilecek çiy-noktası ölçer cihazlarının hava girişi basınç ve akış hızı değerleri dikkate alınarak sistem kurulmuştur. Bunlara ek olarak, havanın sıcaklığını sabit tutmaya ve istenen nem değerlerinde hava oluşturmaya yarayacak serpantin sarımlı doygunlaştırıcı banyo içine yerleştirilmiştir.

Banyo ve doygunlaştırıcı kullanılarak -60 °C FP ile -20 °C FP aralığındaki çiy-noktası sıcaklık değerleri, iki-akış nem kaynağı kullanılarak da -20 °C FP ile 20 °C DP aralığındaki çiy-noktası sıcaklık değerleri elde edilmektedir. Bu değerler elde edilirken gelen havanın su buharı ile doygun duruma getirilmesi banyo ve doygunlaştırıcı sistem ya da iki-akış nem kaynağı ile sağlanmıştır. Banyo ve doygunlaştırıcı sistem ya da nem kaynağından çıkan hava paralel bağlantı ile hem referans hem de kalibre edilen cihaza verilmiştir.

Ölçümler sırasında banyo, kalibrasyonun yapılacağı sıcaklığa ayarlanmış ve Pt-100 termometre kullanılarak banyo kararlılığının tespit edilmesi amacıyla devamlı ölçüm yapılmıştır.

Kurulan kalibrasyon sisteminde yer alan cihazlar şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Kalibrasyon sistemi şematik gösterimi.

Ölçümler yapılırken hava hattında bulunabilecek kirlilikler ya da su yoğunlaşmasını önlemek amacıyla borulardan havanın akışı sağlanır. Ayrıca grafikte verilen kırağı/çiy-noktası sıcaklıklarında belirtilen sürede borulardan hava akışının sağlanması, ölçümlerin daha kararlı ve uzun süreli yapılabilmesi için

gerekmektedir. Buna ek olarak seramik ya da metal oksit sensörünün de kararlı hale gelmesi beklenmiş, düşük kıracağı-noktası sıcaklık değerlerinde yapılan ölçümlerde bu süre en az iki gün olarak belirlenmiştir.

## 2.2. Ölçüm Sonuçları ve Belirsizlik Hesaplamaları

Seramik ya da metal oksit sensörlü çiy-noktası ölçer kalibrasyonları yapılırken alınan ölçüm sonuçları tablo 1'de verilmiştir. Pt-100 termometre banyo sıcaklığını ölçmek için kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Ölçüm sonuçları

Nominal Banyo Sıcaklığı	Pt-100 Termometre Direnç Değeri	Pt-100 Sıcaklık Değeri	Çiy-Noktası Sıcaklık Değerleri
°C	Ohm	°C	°C FP/DP
-61,6	74,94	-63,5	-57,8
-51,1	79,24	-52,7	-43,0
-30,0	87,84	-31,0	-29,8
-19,6	92,11	-20,1	-21,8
-10,0	95,86	-10,6	-9,7
0,0	100,00	-0,3	0,8
9,9	103,95	10,1	9,8

Seramik ya da metal oksit sensörlü çiy-noktası ölçer kalibrasyonlarına ait tipik belirsizlik bütçesi tablo 2'de verilmiştir. Bu hesaplamalarda aşağıdaki parametreler göz önüne alınmıştır:

- Referans çiy-noktası ölçer belirsizlik değeri,
- Kalibre edilen cihazın kararlılığı,
- Kalibre edilen cihazın çözünürlüğü ve
- Kalibre edilen cihazın kayma ya da tekrar üretilebilirlik değeri.

**Tablo 2.** Belirsizlik bütçesi

	Belirsizlik bileşenleri	Standart belirsizlik °C DP
1	Referans çiy-noktası ölçer belirsizlik değeri	0,02
2	Kalibre edilen cihazın kararlılığı	0,10
3	Kalibre edilen cihazın çözünürlüğü	0,03
4	Kalibre edilen cihazın kayma ya da tekrar üretilebilirlik değeri	0,26
	Bileşik belirsizlik	0,28
	<b>Genişletilmiş belirsizlik, k=2</b>	<b>0,56</b>

## SONUÇ

Seramik ya da metal oksit sensörlü çiy-noktası ölçerlerin kalibrasyonlarında kullanılan ölçüm sisteminin belirsizliği hesaplanmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda banyo sıcaklığının ölçüm yapılan kırağı/çiy-noktası sıcaklığına yakın bir değerde olmasının ölçüm sonuçlarını etkilemediği ancak banyo kararlılığının ölçüm sonuçlarını doğrudan etkilediği görülmüştür.

Ayrıca düşük çiy-noktası sıcaklık ölçümlerinde dikkat edilecek noktalar irdelenmiş ve hava hattı uzunluğunun, bağlantılardaki sızdırmazlığın ve hava hattında kullanılan yalıtımın ölçüm sonuçlarını doğrudan etkilediği saptanmıştır.

Ölçüm sonuçlarından, yukarıda anlatılan sistem ile yapılacak kalibrasyonlarda elde edilecek en düşük belirsizliğin 0,5 °C DP olduğu belirlenmiştir. Belirsizlik bileşenleri arasında en büyük katkının kalibre edilen cihaza ait bileşenler olduğu da görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- [1] [www.michell.co.uk](http://www.michell.co.uk)
- [2] NPL, "A Guide to the Measurement of Humidity", The Institute of Measurement and Control, 1996.
- [3] Wiederhold, P. R., Water Vapor Measurement Methods and Instrumentation, CRC, 1997.

## ÖZGEÇMİŞ

### Seda OĞUZ AYTEKİN

1969 yılı Ankara doğumludur. 1992 yılında O.D.T.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünü bitirmiştir. Gazi Üniversitesinden 1995 yılında Nükleer Fizik dalında Yüksek Fizikçi ünvanını almıştır. 1995 yılından beri TÜBİTAK-UME' de Radyasyon Sıcaklığı, Sıcaklık ve Nem Metrolojisi konularında Sıcaklık Grubu Laboratuvarlarında çalışmaktadır. Ayrıca nem ölçümleri konusunda uluslararası karşılaştırmalara katılmıştır. Yeditepe Üniversitesi Fizik Bölümündeki Doktora çalışmalarına, nem kaynağı ve ince film nem sensörü yapımı konularında devam etmektedir.