



ÖLÇÜM VE KONTROL

Veri Sayfası 90.7000

Sayfa 1/6

## Havadaki nemin ölçümü

### Giriş

Sıcaklığın yanı sıra, nem de oldukça önemli bir proses parametresidir. Örneğin atmosferin bağıl neminin bizim sağlık ve mutluluğu-muzdaki etkileri çok fazladır.

Endüstriyel proseslerde nemin doğru şekilde ayarlanması rekabet ve ürün kalitesi açısından önemli bir ölçüdür. Nem seviyesinin doğru şekilde ayarlanması ayrıca enerji tüketiminde tasarruflar için katkıda bulunur.

Nem ölçümünün yapıldığı uygulamalar listesi oldukça önemlidir ve süresiz olarak uzatılabilir. Havanın su buharı içeriği kimyasal, fiziksel veya biyolojik prosesleri etkilediği yerde nemin sürekli olarak izlenmesi oldukça önemlidir.

### Konseptler ve fiziksel kurallar

#### Havanın bileşimi

Temiz ve kuru hava aşağıdaki bileşenleri içerir (% değerleri ile)

78.10% nitrojen  
20.93% oksijen  
0.93% argon  
0.03 % karbondioksit  
0.01 % hidrojen

ve az miktarda neon, helyum, kripton ve ksenon bulunur.

Bu bileşenlere ek olarak iç ortamda ve dış ortamda hava birçok gazı ve katıyı ve hatta su buharı formundaki belirli miktarda nemi içerir. Hava bu yüzden farklı gazların homojen şekilde karışımına sahiptir ve "ideal gaz" olarak dikkate alınabilir. Solar radyasyon ve rüzgar dahil edilen gazların tek düze karışımını sağlar ve özgür ağırlıklarında farklılıklar olmasına rağmen herhangi bir katmanlaşma oluşmaz.

Dalton Kuralı  $P = P_1 + P_2 + \dots$  Bir gaz karışımının toplam basıncı bileşenlerinin kısmi basınçlarının toplamına eşittir. Basit ifadesi ile hava kuru hava ve su buharından oluşur.

$$P = P_w + P_{dry}$$

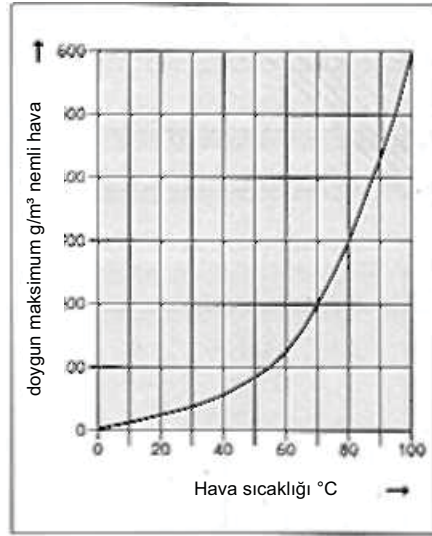
burada  $P_w$  su buharı ile oluşan kısmi basıncı ifade eder ve  $P_{dry}$  diğer tüm gazların kısmi basınçlarının toplamını ifade eder.

### Doğru su buharı basıncı

Hava kendi sıcaklığına bağlı olarak belirli bir miktarda su buharının emilimi ve saklanması kabiliyetine sahiptir.

Bu miktar sıcaklığın artması ile artar.

Herhangi bir kısmi sıcaklıkta sonuçlanan su buharı basıncı sadece doğru su buharı basıncı  $P_s$  olarak tasarlanan doyumluk limitine kadar artabilir.



**Şekil 1 Su buharı basıncı eğrisi farklı sıcaklıklarda su buharı içeriğinin maksimum doyumluğunu gösterir.**

Diğer gazların ve bileşenlerin varlığı ve atmosferik basınç yukarıda açıklanan ile ilgili herhangi bir etkiye sahip değildir.

### Çiğ noktası

Çiğ noktası sıcaklığı  $T_a$  havanın su buharı ile doyum hale geldiği sıcaklıktır; daha fazla su buharı eklenmesi veya havanın soğutulması sonucunda kondansasyon (yoğunlaşma) oluşur. Aşırı su buharı yağmur, sis veya kondansat şeklinde yoğunlaşır. Doyum durum korunur. Çiğ noktası sıcaklığı su buharı doyumluk sıcaklığına eşittir ve normal basınçta maksimum 100 °C de olabilir.

### Ölçülen parametreler

Havanın nem içeriği iki parametre ile karakterize edilebilir. Biz bunları bağıl nem ve mutlak nem olarak ayırt ediyoruz.

### Bağıl nem

Bağıl nem bir gazdaki gerçek kısmi buhar basıncı ve maksimum olası buhar basıncı örneğin özel bir sıcaklıkta doğru buhar basıncı  $P_s$ , arasında tanımlanan orandır.

$$rH = \frac{P_w}{P_s(t)} \cdot 100 [\%]$$

Relatif nem boyutsal olmayan bir değerdir. Bu yüzde olarak belirtilen bir oranı ifade eder. Doyma basıncının sadece havanın sıcaklığına bağlı olmasından dolayı relatif nem ayrıca sıcaklığa da bağlıdır. Bağıl nem sıcaklığın artışı ile azalır ve tam tersi. Bağıl nemde sıcaklık değişimlerinin etkisi oldukça büyük olabilir.

	10 °C	20 °C	30 °C	50 °C	70 °C
10%rH	±0.7 %	±0.6 %	±0.6 %	±0.5 %	±0.5 %
50 %rH	±3.5 %	±3.2 %	±3.0 %	±2.6 %	±2.3 %
90%rH	±6.3 %	±5.7 %	±5.4 %	±4.6 %	±4.1 %

**Tablo 1: Farklı sıcaklık ve nemlerde ±1 °C sıcaklık değişiminin etkisi**

### Mutlak nem

Mutlak nem havanın belirli bir hacminde içerilen su buharı miktarıdır.

$$a = \frac{\text{su buharı kütlesi}}{\text{havanın hacmi}}$$

Mutlak nemin birimi  $\text{g/m}^3$  dür. Mutlak nemin ölçümü büyük bir avantaja sahiptir, bu örneğin sıcaklıktan bağımsız olarak bir gazda bulunan suyun miktarını ifade eder.

### Karışım oranı veya su içeriği (x)

Bu parametre su buharı kütlesinin kuru gaz kütlesine oranını gösterir. Genelde bu  $\text{g/kg}$  kuru hava ve % olarak gösterilir.

Bu bir kilogram kuru havada kaç gram su buharının bulunduğunu belirtir. Su içeriğinin belirlenmesi proses teknolojisinde önemli bir rol oynar, çünkü bu tür bir veri göreceli neme göre çok daha değerli bir bilgidir.

**JUMO GmbH & Co. KG**

Gönderi adresi: Mackenrodtstraße 14,  
36039 Fulda, Almanya  
Posta adresi: 36035 Fulda, Almanya  
Telefon: +49 661 6003-0  
Faks: +49 661 6003-607  
E-mail: mail@jumo.net  
Internet: www.jumo.net

**JUMO Ölçü Sistemleri ve Otomasyon San. ve Tic. Ltd. Şti.**

Adres: Baraj Yolu Cad. Ataşehir TEM Yanyol,  
Burak Sok. Darende İş Merkezi No:17 D.4  
Dudullu Ümraniye İstanbul, Türkiye  
Telefon: +90 216 455 8652  
Faks: +90 216 455 8135  
E-mail: info.tr@jumo.net  
Internet: www.jumo.com.tr



ÖLÇÜM VE KONTROL

Veri Sayfası 90.7000

Sayfa 2/6

Mutlak ve relatif nem değerleri arasında sabit bir ilişki vardır, bakınız Şekil 2.

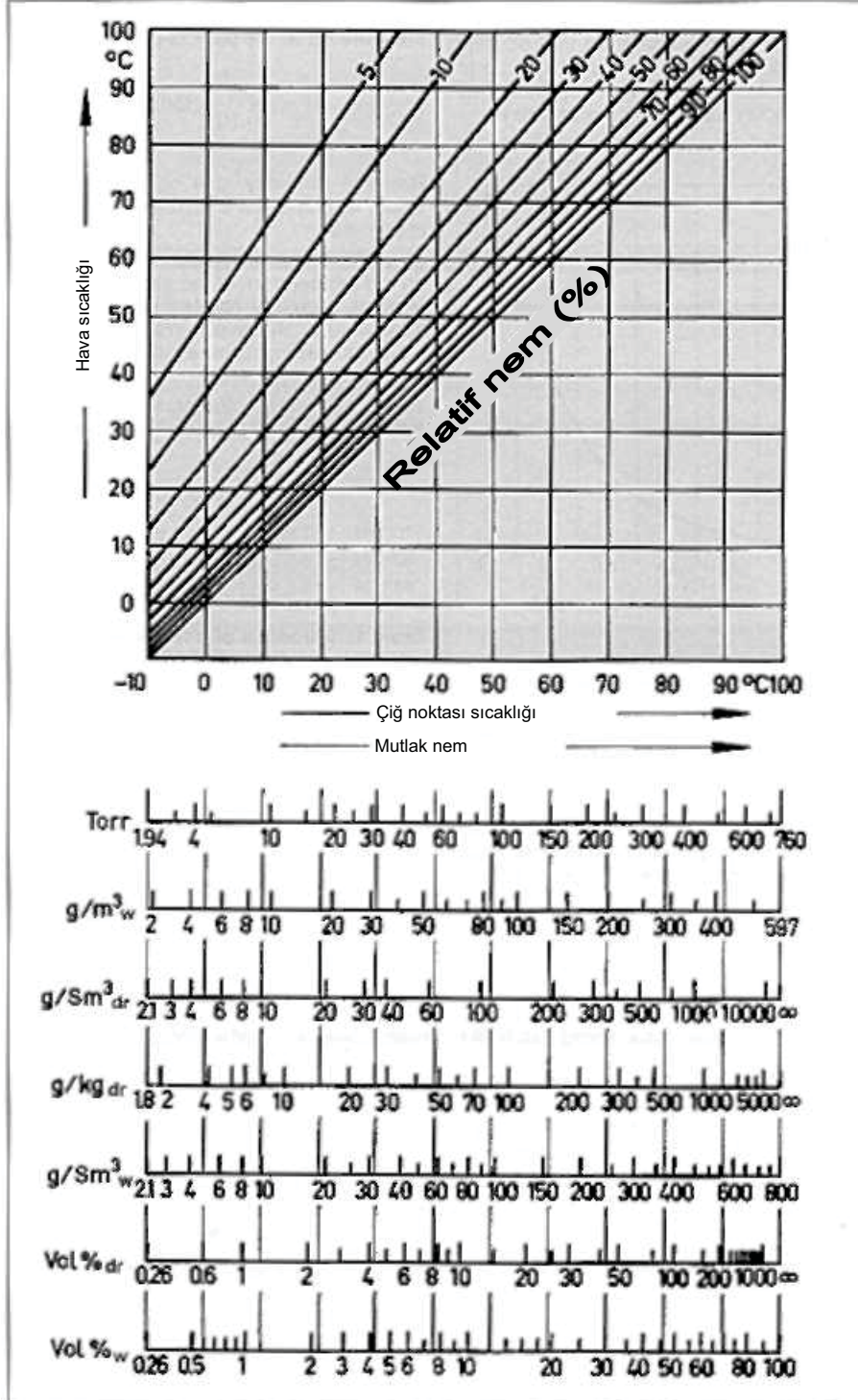
Mutlak nemin birimi bireysel gereksinimlere uyum sağlaması için seçilebilir.

En genel birimler şunlardır:

- çiğ noktası sıcaklığı
- karışım oranı
- mutlak nem

°C

g/kg kuru hava

g/m<sup>3</sup>

Şekil 2 Mutlak nemin birimleri ve bunların bağıl nem ile ilişkisi





### Nem ölçüm yöntemleri ve bunların uygulamaları

Havadaki nemi ölçmek için birçok farklı yöntem kullanılır. En uygun yöntemin seçilmesi lokal duruma bağlı olarak kullanıcı tarafından yapılır. Basit ancak doğru şekilde nem ölçüm cihazının kullanımı daha iyi doğruluğa ulaşılmasına ve özel gereksinimlerin karşılanmasına izin verir.

Genel bir yardım sağlamak amacıyla, en iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan bazı nem ölçüm yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

### Psikrometrik yöntemler

Psikrometrik yöntemi relatif nemi doğrudan ölçer. Bu yöntem ısı değişimi prensibine bağlıdır.

**Psikrometre** iki bağımsız sıcaklık probundan oluşur, bir tanesi yaş termometre probu olarak kullanılır ve diğeri de kuru termometre probu olarak kullanılır. Yaş termometre probu bir fitil gibi davranan ince doku ile çevrelenmiş ve su ile dolmuştur.

Hava akışı bu probun üzerinden geçmelidir ve belirli miktarda su buharı hava sıcaklığı ve neme bağlı olarak havada buharlaşır. Bu yaş termometrelerin yüzeyinde soğuk etki yapar (yaş termometre sıcaklığı).

Aynı zamanda ikinci sıcaklık probu ortam hava sıcaklığını (kuru termometre sıcaklığı) ölçer. Bu şekilde belirlenen psikrometrik sıcaklık farkı kuşatan havanın relatif nemi için bir ölçümü ifade eder.

Psikrometrik'in doğru şekilde kullanılması ile hava neminin doğru şekilde belirlenmesi sağlanır. Örneğin, **Assmann aspiratörlü psikrometre** uluslararası referans ve kontrol cihazı olarak kullanılabilir. Yayla çalışan bir iç fan termometrelerin etrafında yaklaşık 3m/sn sabit ortalama hava hızını sağlar. Sıcaklık farklı iki kalibre edilmiş cam termometrede okunur.

Sonuç bir tabloya veya bir psikrometre diyagramına göre manüel olarak değerlendirilir. Artan doğruluk için 0.1°C de Alman meteoroloji servisinin aspiratörlü psikrometre tablolarını çalıştırmak mümkündür.

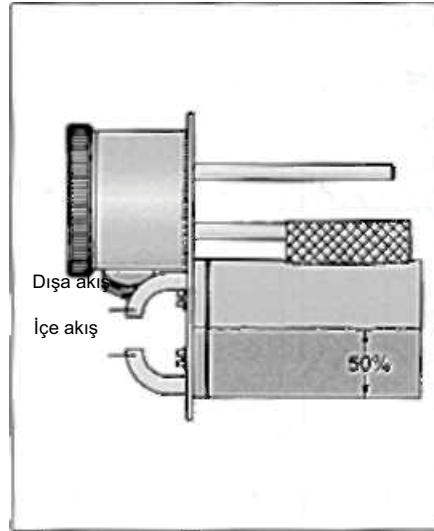
Aspiratörlü psikrometreye ek olarak burada birçok farklı düzenleme vardır.

Cam termometreli mekanik psikrometrelerin uygulama alanı 60°C sıcaklığa kadar iklimsel aralık ile sınırlıdır. Bu tipteki enstrümanın avantajı hiçbir elektrik kaynağının gerekli olmamasıdır.

Elektrikli psikrometreler daha kapsamlı uygulamalara sahiptir. Burada yaş ve kuru termometre sıcaklıkları Pt100 dirençli termometreleri kullanılarak ölçülür.

Mikroişlemci kontrollü göstergeler, kontrolörler ve kaydedicilerde Sprung formülü ile belirlenen göreceli nem daha sonradan uygun bir giriş devresi kullanılarak gösterilebilir veya doğrudan işlenebilir. Sıcaklık aralığı 0°C – 100 °C e kadar genişletilir.

Diğer nem ölçüm cihazlarına nazaran daha güvenli olan yapısı sayesinde psikrometrik yöntem genelde kirli ve korozif gazların ve çözücülerin bulunduğu yerlerde ölçümlere izin verir. Elektrikli psikrometreler örneğin et işleme ve peynir üretiminde uzun süreli ölçüm için kullanılır.

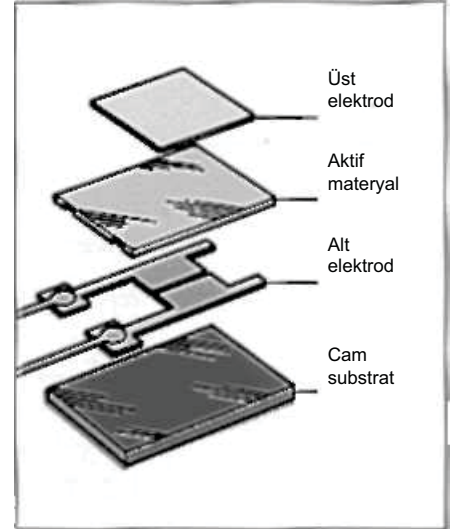


Şekil 4: Elektrikli psikrometre

100 yılı aşkın süredir bilinen psikrometrik yöntemini kullanarak basit ve düşük maliyetli nem ölçüm sistemine ulaşmak mümkündür. Güvenilir kalıcı ölçüm için bu gereklidir, ancak belirli kullanıcı kriterlerini karşılamalıdır. Örneğin, yeterli havalandırma ve nemlendirme sağlamak amacıyla ve ölçüm cihazının doğru şekilde korunması için gereklidir. Uygun ayrıntılar işletme açıklamalarında ve bireysel enstrümanların yöntem açıklamalarında yer almaktadır.

### Kapasitif yöntem

Kapasitif yöntem genelde kondansatör prensibine dayanır. Nem sensörünün fonksiyonu su moleküllerinin emilimi veya uzaklaştırılması vasıtasıyla ince bir polimer filmin kapasitesindeki değişime bağlıdır.



Şekil 5: Sensörün yapısı

Atmosferik nem içeriği sıcaklık geçişlerine bağlı olarak, su buharı gibi nem sensörünün higroskopik üst elektrotundan geçer ve aktif polimer filme ulaşır.

Polimer film tarafından emilen su buharının miktarı nem sensörünün elektriksel özelliklerini değiştirir ve kapasitede değişim olarak görünür.

Bu kapasite değişimi relatif nemdeki değişim ile orantılıdır; bu elektronikler ile değerlendirilir ve standard çıkış sinyaline dönüştürülür. Elektronikler bireysel nem sensörünün temel kapasitesine eşleşmek zorundadır.

Özel düzenleme ve azalan kütledeki kapasitif nem sensörleri çok hızlı cevap sağlar. Ayrıca bunlar hafif kir ve tozdan büyük ölçüde etkilenmezler.

Yüzeylere dokunulmasına karşı bir koruma olarak sensörler plastik gövdede yer alır. Kondansasyonsuz (Yoğunlaşmasız) modeller yüksek nem aralıklarında kullanım için mevcuttur.



ÖLÇÜM VE KONTROL

Veri Sayfası 90.7000

Sayfa 5/6

Kapasitif ölçüm yöntemleri örneğin iklim mühendisliğinde ve korozif gazlar veya çözücülerin yüksek konsantrasyonlarının bulunmadığı endüstriyel proseslerde kullanılır.

Kapasitif nem sensörlerinin standart ölçüm aralığı genelde 10 — 90 % rH dır. Yüksek dereceli modeller 0 ve 100 % rH tam aralığında kullanıma izin verir.

+2 ve  $\pm 5$  % rH arasındaki doğruluk cihaz modeline bağlıdır. Belirli koşullar altında  $\pm 1$  % rH doğruluğa ulaşmak mümkündür.

Saç ölçüm elemanları genelde iklimsel alanda kadranlı enstrümanlarda kullanılır. Özel duyarlık mekanizması saçın uzunluğundaki değişimi bir işaretçi ve kalem hareketine dönüştürür. Artan mekanik kuvvet için genelde birkaç saç kombine edilerek bir saç demeti haline getirilir.

Bu yöntem 0— 90 (100) % rH aralığında  $\pm 3$  % doğruluk sağlar. -35 ve +50 °C arasındaki ortam sıcaklıkları dahil edilebilir.

### Higrometrik yöntemler

Higrometrik prosedürü nemin belirlenmesi için higroskopik lifli materyallerin özel karakteristiklerini kullanır. Eğer bu fiberler ortam havasına maruz kalırsa, burada (bir dengeleme süresi sonrasında) havanın nem içeriğine göre uzunlukla ölçülebilir bir değişiklik bulunur.

Fiberlerden mevcut nem miktarını ortaya çıkartmak mümkündür.

Higrometrik ölçüm elemanları genelde özellikle hazırlanmış plastik telleri ve insan saçını kullanır.

40% rH altındaki düşük nem aralığında daha uzun süreler için kullanıldığı zaman saç yeniden oluşturulmalıdır. Bu işlem saç higrometresinin yaklaşık 60 dakika için hemen hemen doygün havaya (yaklaşık 94— 98 %) maruz bırakılmasından oluşur. Gerektiğinde gösterilebilen işaretçi konumunun herhangi bir düzeltilmesi bir ayar vidasını kullanarak yapılır.

Saç higrometreleri higroskopik toza karşı duyarlıdır ve uygun şekilde korunmuş ve/veya uygun aralıklarla temizlenmiş olmalıdır.

### Plastik ölçüm elemanı

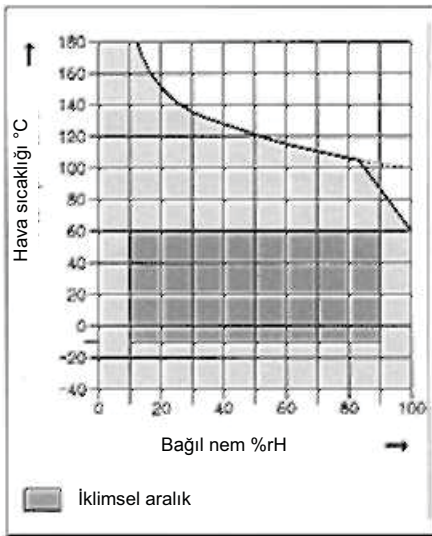
Plastik elemanlar insan saçındaki plastik lifleri çalıştırır. Bu fiberlere belirli higroskopik özellikler vermek için özel bir proses kullanılır. Göreceli nem prosedüründeki değişiklikler ölçüm elemanının orantılı uzunluk değişimine neden olur. Uzunluktaki değişiklik yine bir duyarlık mekanizması ile aktarılır.

Plastik elemanlar yüksek sıcaklıklarda (110 °C ye kadar) kullanılabilme avantajlarını sunarlar ve ayrıca azalan bağıl nemlerde uzun süre kullanılabilirler. Burada saç elemanında olduğu gibi yeniden oluşturma gerekli değildir.

Plastik ölçüm elemanı suya karşı dayanıklıdır ve kir, toz, gevşek fiberler ve benzer kirliliklerden etkilenmez. Ölçüm / çalışma aralığı (0) 30— 100 % rH ı kapsar ancak ortam sıcaklığına bağlıdır (bakınız Şekil 8).

Doğruluk  $\pm 2$  — 3 %.

Bir plastik eleman ile higrometrik enstrümanlar endüstriyel proseslerde ve iklim mühendisliğinde uzun süreli nem ölçümü için kullanılır çünkü bunlar büyük bir stabiliteye ve yüksek sıcaklıklar ile uyumluluğa sahiptir. Çeşitli enstrüman modelleri özel uygulamalara uyum sağlayacak şekilde kullanılabilir.



**Şekil 6 Endüstriyel uygulamalar için bir kapasitif nem sensörünün çalışma aralığı**

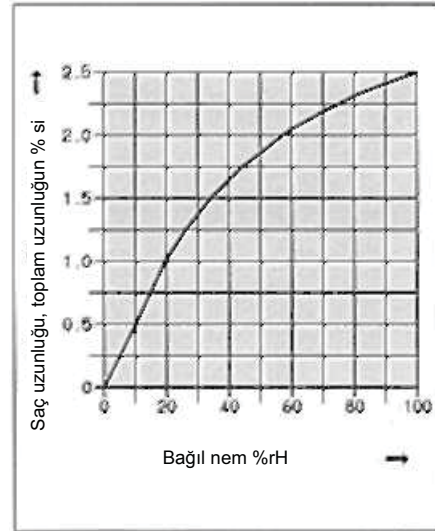
Kapasitif yöntemin ana avantajlarından birisi de ölçülebilen nemin üzerinde sıcaklığıdır.

Örneğin, modern endüstriyel nem transdüserleri -40 ve +180°C arasında ölçümlere izin verir, aynı zamanda sıcaklık ölçülmeye başlanır ve standartlaşmış bir çıkış sinyali gibi sağlanır.

Gösterilen çalışma aralığı varyasyonları enstrüman modeline bağlıdır.

Bunun tamamen elektriksel ölçümünden dolayı kapasitif yöntem daha fazla avantaj sunar. Yüksek performanslı nem transdüserleri modern mikroişlemci teknolojisine sahiptir ve birçok seçenek ve fonksiyon ile birlikte sağlanabilir.

Gaz basıncı ve hava akış hızlarındaki değişiklikler kapasitif nem sensöründe neredeyse hiç bir etkiye sahip değildir, bu yüzden bu enstrüman modelleri 0 ve 100 bar arasındaki basınçlar altında ölçümler için kullanılabilir.



**Şekil 7 Bağıl neme bağlı olarak saç uzunluğundaki değişiklik**

Havadaki artan nem saç uzunluğunun artmasına neden olur. Uzunluk 0 — 100% aralığında nem değişimi için toplam saç uzunluğunun yaklaşık 2.5% unda bir değişiklikler. Yüksek nemde saç uzunluğunda küçük artışlar görülür (bakınız Şekil 7)

**JUMO GmbH & Co. KG**

Gönderi adresi: Mackenrodtstraße 14,  
36039 Fulda, Almanya  
Posta adresi: 36035 Fulda, Almanya  
Telefon: +49 661 6003-0  
Faks: +49 661 6003-607  
E-mail: mail@jumo.net  
İnternet: www.jumo.net

**JUMO Ölçü Sistemleri ve Otomasyon San. ve Tic. Ltd. Şti.**

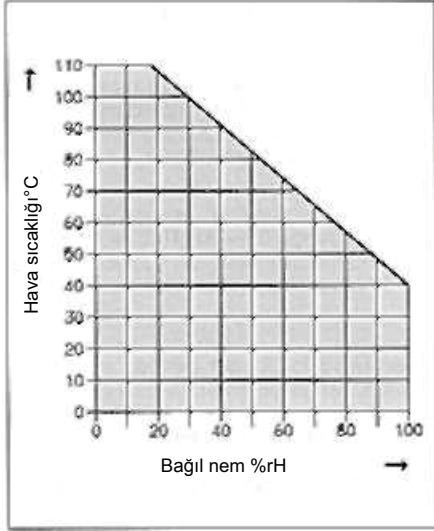
Adres: Baraj Yolu Cad. Ataşehir TEM Yanyol,  
Burak Sok. Darende İş Merkezi No:17 D.4  
Dudullu Ümraniye İstanbul, Türkiye  
Telefon: +90 216 455 8652  
Faks: +90 216 455 8135  
E-mail: info.tr@jumo.net  
İnternet: www.jumo.com.tr



ÖLÇÜM VE KONTROL

Veri Sayfası 90-7000

Sayfa 6/6



**Şekil 8 Plastik ölçüm elemanın maksimum sıcaklık ve nemi**

**Sonuçlar**

Nem ölçüm yöntemleri ve bunların uygulamaları ile ilgili bölüm temel prensipleri kapsar. Gerçek enstrüman açıklamaları ve teknik veri farklı imalatçılar için değişik olabilir. Tam bilgi bireysel enstrümanlar için işletme talimatlarından veya veri sayfalarından edinilebilir.

Şunları içerirler:

**Higro transdüserler**

Bu cihazlarda plastik elemanın uzunluğundaki değişim uygun sistemler vasıtasıyla anlaşılabilir ve genelde bir doğrusal direnç sinyaline dönüştürülür. Ayrıca 2 telli transmitter ile modeller mevcuttur, bu yüzden bu standartlaşmış akım ve gerilim sinyalleri çıkışta sağlanır. İlave ölçüm aralığına sahip üniteler higrotermo transdüserleri olarak ifade edilir.

**Higrostatlar**

Burada ölçüm elemanının uzunluğundaki değişim anahtarlanma kontağını çalıştırmak için kullanılır. Higrostatlar nemlendiricileri ve nem gidericileri kontrol etmek için kullanılır.

**Higrograf**

Bir higrograf higrometrik saç veya plastik algılama elemanı ile nem yazıcıdır. İlave sıcaklık kayıtları da mümkündür (higrotermograf). Uygulama alanları; meteoroloji istasyonları.

Higrometrik yöntemler genelde atmosferin basınçta ve bir yakıcı olmayan atmosferde nem ölçümü için kullanılır.

Korozif atmosferlerde veya çözücüler içeren yerlerde kullanımdan kaçınılmalıdır, çünkü bu tipe ve konsantrasyona bağlı olarak yanlış okumalar ile sonuçlanabilir ve ölçüm elemanına zarar verebilir.