

**ERCIYES ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ  
ENERJİ LABORATUARI**



**DENEY FÖYÜ**

**DENEY ADI**

**İKLİMLENDİRME DENEY FÖYÜ**

**DERSİN ÖĞRETİM ÜYESİ**

**DENEYİ YAPTIRAN ÖĞRETİM ELEMANI**

DENEY GRUBU:

DENEY TARİHİ :

TESLİM TARİHİ :

## 1. GİRİŞ

İnsanların talep ettiği konfor ortamını sağlamak veya endüstriyel ihtiyaçlara yönelik istenilen koşulları sağlayan uygun ortamlar oluşturmak amacıyla yapılan işlemlerin tümü **iklimlendirme** olarak tanımlanır.

## DENEYİN KAPSAMIYLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

### 2.1. Özgül Nem (Mutlak Nem) ve Bağlı Nem (Nispi Nem)

İklimlendirmede başlıca havanın sıcaklığı ve nemi kontrol edilmektedir. Amaca göre hava ısıtılmakta ya da soğutulmakta ve havanın nem oranı artırılmakta veya azaltılmaktadır. Hava içerisinde su buharı bulunması durumunda **nemli hava (atmosferik hava)** oluşur. İçerisinde su buharı bulunmayan hava ise **kuru hava** olarak tanımlanır. Nemli hava içerisinde bulunan su buharının kütlesi buharlaşma ve yoğunlaşma nedeniyle değişir. Nemli hava içerisindeki nem (su buharı) miktarı **özgül nem (mutlak nem)** ve **bağlı nem** şeklinde ifade edilebilir.

Havadaki su buharı miktarının, bir birim kuru hava kütleğinde ( $m_a$ ) bulunan su buharı kütlesi ( $m_v$ ) şeklinde ifade edilmesine **özgül veya mutlak nem** (aynı zamanda nem oranı) şeklinde adlandırılır ve  $w$  ile gösterilir:

$$w = m_v / m_a \quad (\text{kg su buharı/kg kuru hava}) \quad (1)$$

Su buharı, düşük basınç ve sıcaklıklarda ideal bir gaz kabul edilebilmekte olup, ideal gaz bağıntısı kullanılarak, özgül nem atmosferik hava içerisindeki su buharı ve kuru havanın kısmi basınçları cinsinden

$$w = 0.622 P_v / P_a \quad (\text{kg su buharı/kg kuru hava}) \quad (2)$$

ifade edilebilir. Hava, su buharı ile kuru havanın karışımından oluşan ideal bir gaz karışımı olarak incelenebilmekte olup, atmosferik havanın mutlak basıncı

$$P = P_v + P_a \quad (\text{kPa}) \quad (3)$$

şeklinde; atmosferik hava basıncı ve hava içerisindeki su buharının kısmi basıncı cinsinden özgül nem ifadesi ise;

$$w = 0.622 P_v / (P - P_v) \quad (\text{kg su buharı/kg kuru hava}) \quad (4)$$

şeklinde tanımlanabilir.

Kuru havada su buharı bulunmaz ve tanım gereği özgül nemi sıfırdır. 1 kg kuru havaya su buharı ilave edilmeye başlayınca özgül nemi artacak olup, su buharı ilavesi belli bir değere ulaştınca hava üzerine daha fazla nem alamayacaktır. Bu durumdaki hava su buharına doymuş olup, bu durum **doymuş hava** olarak isimlendirilir. Belirli sıcaklık ve basınçtaki doymuş havanın içerisindeki su buharı miktarı, (4) eşitliğindeki su buharının kısmi basıncı ( $P_v$ )'nin suyun aynı sıcaklıktaki doyma basıncı ( $P_g$ ) ile yer değiştirmesiyle hesaplanabilir ( $P_g = P_{\text{doyma}, T}$ ).

**Bağlı nem ( $\phi$ )**, 1 m<sup>3</sup> havanın içerdiği su buharı kütleğinin ( $m_v$ ), havanın aynı sıcaklık ve aynı toplam basınçta içerebileceği maksimum su buharı miktarına ( $m_g$ ) oranı olarak tanımlanır ve değeri

$$\phi = m_v / m_g = P_v / P_g \quad (5)$$

şeklinde belirlenir. Burada  $P_v$  nemli havada bulunan su buharının kısmi basıncı ve  $P_g$  de su buharının o sıcaklıktaki doyma basıncı olup su buharı tablolarından elde edilebilir.

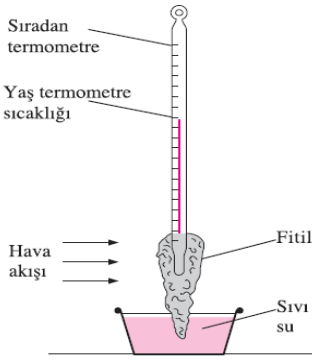
## 2.2. Kuru Termometre, Çiy Noktası ve Yaş Termometre Sıcaklığı

**Kuru Termometre Sıcaklığı (T):** Atmosferik havanın sıcaklığı, aşağıda tartışılacak olan diğer sıcaklıklardan ayrılabilmesi için sıkça kuru termometre sıcaklığı olarak da adlandırılır.

**Çiy Noktası Sıcaklığı ( $T_{\text{çn}}$ ):** Hava sabit basınçta soğutulduğunda yoğuşmanın başladığı sıcaklık diye tanımlanır. Havanın söz konusu buhar basıncındaki ( $P_v$ ) doyma sıcaklığıdır ( $T_{\text{çn}}=T_{\text{doyma},P_v}$ ).

Hava sabit basınçta soğurken, buhar basıncı  $P_v$  de sabit kalır. Böylelikle havadaki buhar (1 hali), doymuş buhar hattına (2 hali) gelinceye kadar sabit basınçta soğuma işleminden geçer. Bu noktada ki (2 hali) sıcaklık çiy noktası sıcaklığıdır ve sıcaklığın daha da düşmesi durumunda, buharın bir bölümü yoğuşarak karışımdan ayrılır. Bunun sonucu olarak havadaki su buharı ve dolayısı ile  $P_v$  de azalır. Yoğuşma işlemi sırasında hava doymuş halde kalır ve bağıl nemin %100 olduğu doymuş buhar eğrisini izler. Doymuş havanın çiy noktası sıcaklığı ile kuru termometre sıcaklığı aynıdır.

**Yaş Termometre Sıcaklığı ( $T_{yt}$ ):** Bağıl nem ve özgül nem terimleri mühendislik ve atmosfer bilimlerinde sık olarak kullanılır ve sıcaklık ve basınç gibi kolayca ölçülebilen özelliklerle ilişkilerinin kurulması gerekir. Bağıl nemi belirlemenin bir yolu, yukarıda açıklandığı biçimde havanın çiy noktası sıcaklığını bulmaktır. Çiy noktası sıcaklığı bilindiğinde, buhar basıncı  $P_v$  ve buna bağlı olarak bağıl nem hesaplanabilir. Bu yaklaşım basit olmasına rağmen uygulamada pratik değildir.

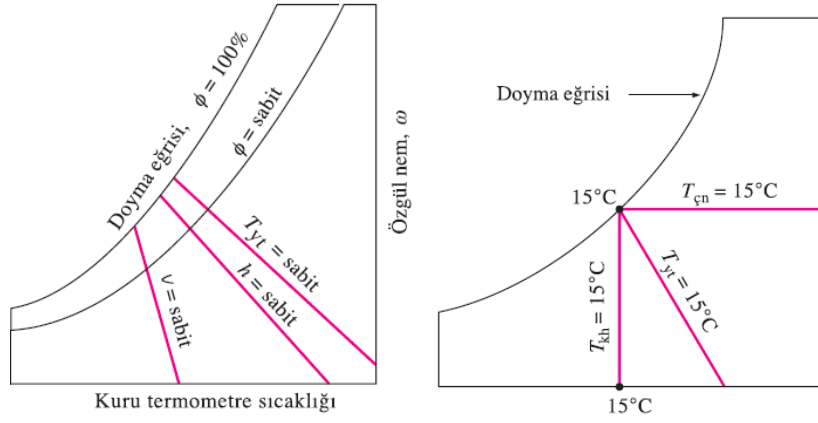


Uygulama açısından daha elverişli bir yöntem, Şekil'de gösterildiği gibi ucuna ıslak pamuklu fitil sarılmış bir termometrenin üzerinden hava akışının sağlanması olmaktadır. Bu şekilde ölçülen sıcaklık **yaş termometre sıcaklığı ( $T_{yt}$ )** diye bilinir ve iklimlendirme uygulamalarında sıkça kullanılır.

Bu yöntemin dayandığı temel ilke, doymamış hava ıslak fitilin üzerinden geçerken, fitildeki nemin bir miktarı buharlaşır. Bunun sonucu olarak suyun (fitilin) sıcaklığı düşer ve havadan suya ısı geçişine neden olan bir sıcaklık farkını oluşturur. Bir süre sonra, sudan buharlaşma nedeniyle olan ısı kaybı, sıcaklık farkından dolayı havadan suya olan ısı geçişine eşitlenir ve su bir denge sıcaklığında sabitlenir. Bu noktada termometreden okunan sıcaklık **yaş termometre sıcaklığıdır**.

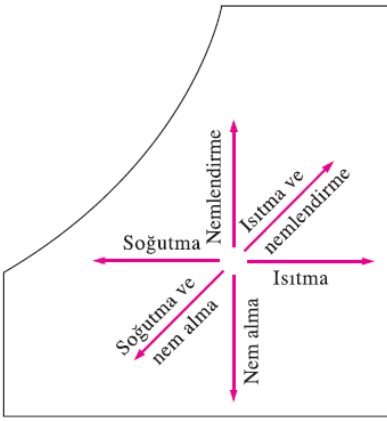
## 2.3. Psikrometrik Diyagram

Verilen bir basınçtaki atmosferik havanın hali, iki bağımsız yeğin özellik tarafından belirlenebilir. Geri kalan diğer özellikler yukarıda verilen bağıntılardan kolaylıkla hesaplanabilir. Bir iklimlendirme sisteminin tasarımı sırasında bu hesaplar çok sayıda farklı hal için tekrarlandığından, en sabırlı mühendislerin bile bunalmasına neden olabilirler. Bu nedenle bilgisayarda yapılmış hesaplamalar ya da bu hesaplamaları bir kez yapıp sonuçları kolay okunabilecek diyagramlarla ifade etmenin faydaları vardır. Bu diyagramlara **psikrometrik diyagramlar** adı verilir.



Kuru ve yaş termometre sıcaklıkları ölçülerek psikrometrik diyagram (nemli hava diyagramı) yardımıyla nemli havanın özgül hacmi, bağıl ve özgül nem miktarı ve özgül entalpisi elde edilebilir.

## 2.4. İklimlendirme İşlemleri



Yaşanılan bir ortamı ya da endüstriyel bir tesisi istenilen sıcaklık ve nemde tutabilmek için iklimlendirme adı verilen işlemlere gerek duyulur. Bu işlemler duyulur ısıtma (sıcaklığın yükseltilmesi), duyulur soğutma (sıcaklığın düşürülmesi), nemlendirme (su buharının eklenmesi) ve nem almadır (su buharının havadan ayrılması). Havayı istenilen sıcaklık ve nem düzeyine getirmek için bazen bu işlemlerden birkaçının bir arada uygulanmasını gerektirir.

Değişik iklimlendirme işlemlerinin psikrometrik diyagram üzerinde gösteriminden görüleceği gibi, duyulur ısıtma ve duyulur soğutma işlemleri sırasında havadaki nem miktarı sabit ( $w = \text{sabit}$ ) olduğundan diyagramda bu işlemler yatay birer doğru olarak görülürler. Hava kış aylarında ısıtılır ve nemlendirilirken, yaz aylarında soğutulur ve nemi alınır.

İklimlendirme işlemleri genellikle kararlı akışlı açık sistemlerde gerçekleşir. Bu nedenle sistemler için kütle korunumu bağıntısı hem kuru hava hem de su için ifade edilmelidir:

$$\dot{m}_g = \dot{m}_\zeta \quad (6)$$

$$\text{Kuru Hava İçin Kütle Dengesi: } \sum_g \dot{m}_a = \sum_\zeta \dot{m}_a \quad (7)$$

$$\text{Su Kütle Dengesi: } \sum_g \dot{m}_w = \sum_\zeta \dot{m}_w \text{ ve } \sum_g \dot{m}_a w = \sum_\zeta \dot{m}_a w \quad (8)$$

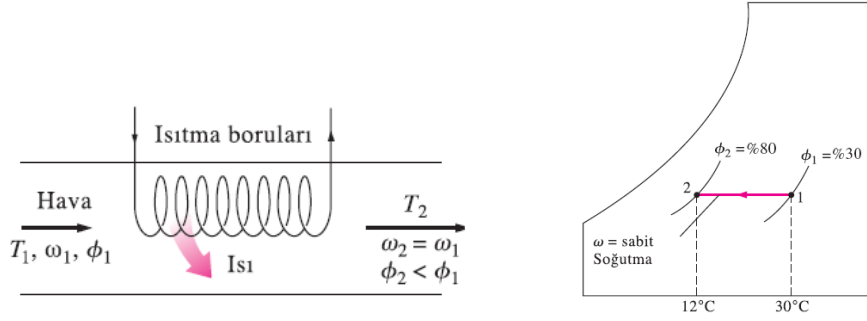
Enerji denkleminde kinetik ve potansiyel enerji değişimleri ihmal edildiğinde,

$$\text{Kararlı Akışta Enerji Dengesi Bağıntısı: } \dot{E}_g = \dot{E}_\zeta \quad (10)$$

$$\dot{Q}_g + \dot{W}_g + \sum_g \dot{m}h = \dot{Q}_\zeta + \dot{W}_\zeta + \sum_\zeta \dot{m}h \quad (11)$$

olarak ifade edilebilir.

**2.4.1. Duyulur Isıtma ve Soğutma ( $w=sabit$ ):** Bu işlem sırasında havanın nemlendirilmesi ya da havadan nem alınması söz konusu olmadığından havadaki nem miktarı sabit kalır. Başka bir deyişle, nemlendirme veya nem almanın söz konusu olmadığı bir ısıtma (veya soğutma) işleminde, havanın özgül nemi sabit kalır ( $w=sabit$ ). Bu tür bir ısıtma işlemi, psikrometrik diyagramda yatay bir doğru olarak görünen sabit özgül nem doğrusunu izleyerek, artan veya azalan kuru termometre sıcaklığı yönünde gelişir.



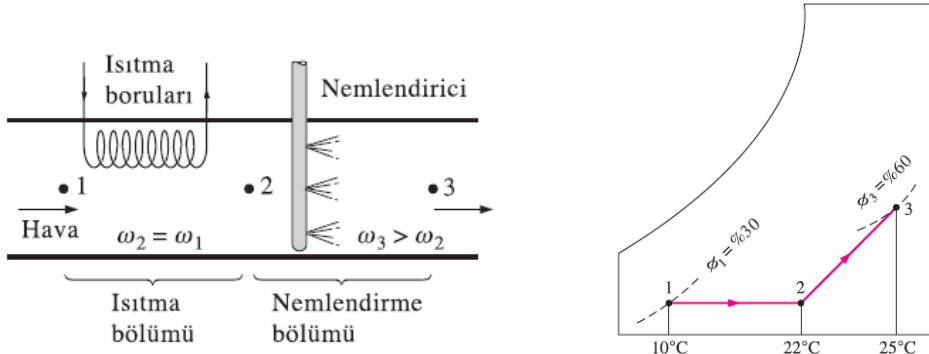
$$\text{Kuru hava kütlesi dengesi: } \dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a \quad (12)$$

$$\text{Su kütlesi dengesi: } w_1 = w_2 \quad (13)$$

$$\text{Enerji dengesi: } \dot{Q} = \dot{m}_a (h_2 - h_1) \text{ veya } q = h_2 - h_1 \quad (14)$$

Burada  $h_1$  ve  $h_2$  sırasıyla, havanın ısıtma ya da soğutma bölümüne giriş ve çıkışında, birim kuru hava kütlesi için entalpileridir.

**2.4.2. Nemlendirme ile Isıtma :** Duyulur ısıtmada ortaya çıkan düşük bağıl nem ile ilgili sorunlar, ısıtılan havanın nemlendirilmesiyle yok edilebilir. Bu işlem, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi havanın önce bir ısıtma bölümünden (1-2 hal değişimi) ve daha sonra bir nemlendirme bölümünden (2-3 hal değişimi) geçirilmesi ile sağlanır.



$$\text{Kuru Hava Kütle Dengesi: } \dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a \quad (15)$$

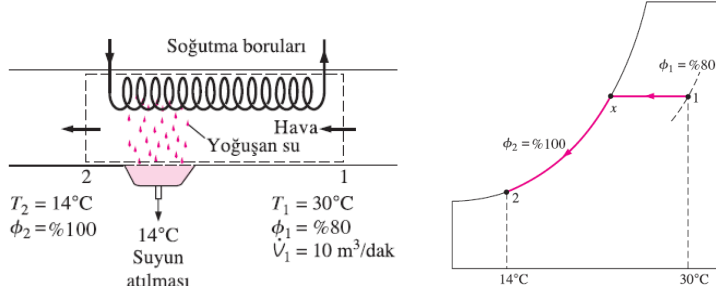
$$\text{Su Kütleli Dengesi: } \dot{m}_{a1} w_1 = \dot{m}_{a2} w_2 \rightarrow w_1 = w_2 \quad (16)$$

$$\text{Enerji Dengesi: } \dot{Q}_g + \dot{m}_a h_1 = \dot{m}_a h_2 \quad (17)$$

$$\dot{m}_{a2} w_2 + \dot{m}_w = \dot{m}_{a3} w_3 \quad (18)$$

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (w_3 - w_2) \quad (19)$$

**2.4.3. Soğutma ile Nem Alma:** Duyulur soğutma sırasında havanın özgül nemi sabit kalır, fakat bağıl nemi artar. Eğer bağıl nem arzu edilmeyen değerlere ulaşırsa, havadan bir miktar su buharını uzaklaştırmak, başka bir deyişle nem almak gerekebilir. Bunu gerçekleştirmek için havanın çiy noktası sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa soğutulması gerekir.

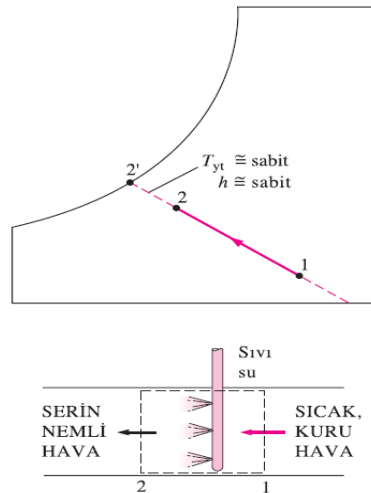


$$\text{Kuru Hava Kütle Dengesi: } \dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a \quad (20)$$

$$\text{Su Kütle Dengesi: } \dot{m}_{a1} w_1 = \dot{m}_{a2} w_2 + \dot{m}_w \rightarrow \dot{m}_w = \dot{m}_a (w_1 - w_2) \quad (21)$$

$$\text{Enerji Dengesi: } \sum_g \dot{m} h = \dot{Q}_\zeta + \sum_\zeta \dot{m} h \rightarrow \dot{Q}_\zeta = \dot{m} (h_1 - h_2) - \dot{m}_w h_w \quad (22)$$

**2.4.4. Buharlaştırma Soğutma:** Buharlaştırma soğutma basit bir ilkeye dayanır: Su buharlaşırken, buharlaşma gizli ısısu suyun kendisinden ve onu çevreleyen havadan sağlanır. Bunun sonucu olarak işlem sırasında hem su hem de hava soğur. Bu yöntem binlerce yıldan beri içme suyunu soğutmak için kullanılmıştır. Suyu dolu gözenekli bir kap veya testi, açık fakat gölgede bir yere bırakılır. Gözeneklerden dışarı az miktarda su sızar ve testi “terler”. Kuru bir ortamda bu su buharlaşır ve testide geri kalan suyu soğutur.



### 3.DENEY DÜZENEĞİ

#### Ünitenin Özellikleri

**Hava Hızı:** 0.13 m<sup>3</sup>/s ( maksimum)

**Ön Isıtıcı:** Genişletilmiş kanatlı elektrik ısıtıcısı 2x1.0 kW(nominal) 220 V'da

**Soğutucu:** Doğrudan genişleme, genişletilmiş kanatlı helozon. Soğutma hızı yaklaşık 2.0 kW

**Son Isıtıcı:** Genişletilmiş yüzeyli elektrikli ısıtıcı 220V'da 2x0.5 kW

**Fan:** Değişken hızlı santrifüj 220 V 50 Hz'de, 120 W. Fan güç girişi normal işletme şartlarında yaklaşık 72 W tır.

**Buhar Kazanı:** Elektrikli ısıtıcılı (1x1.0 Kw ve 2x2.0 kW) atmosferik basınçta çalışan. Su seviye kontrolü şamandıralı su miktarı  $m_w=0.54$  kg'dır.

**Soğutucu:** Soğutucu akışkan R134a.

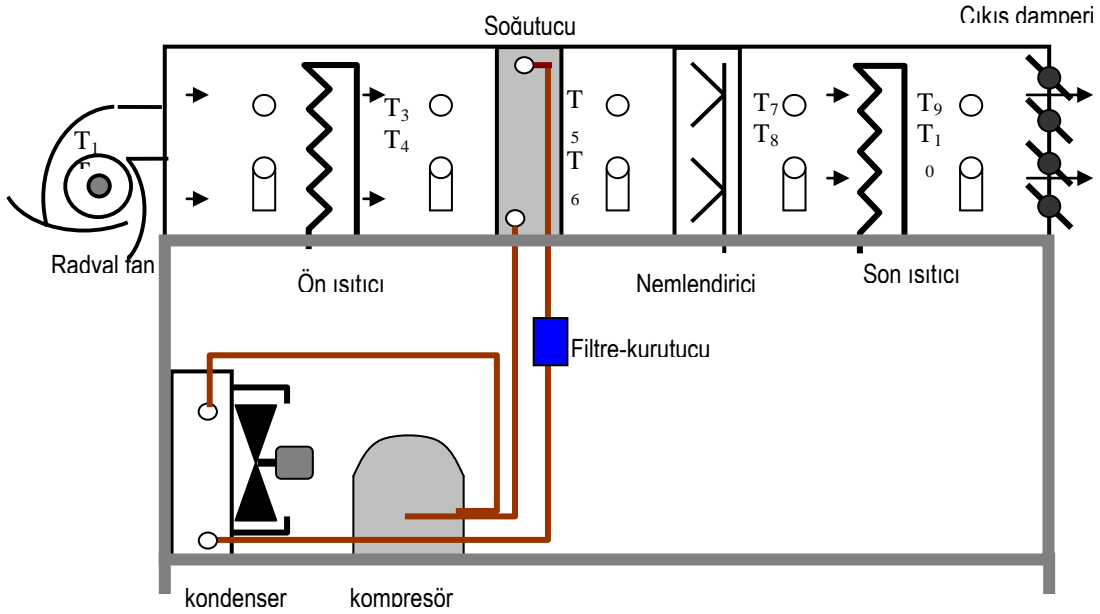
**Hava ölçümü:** Eğik tüp manometreli orifiz plakası

**Sıcaklık Ölçümü:** 300 mm uzunluğunda yaş ve kuru cam termometreler

#### Deney Tesisatı için Faydalı Bilgiler:

Normal işletme koşullarında, fan giriş gücü 72 W'dır.

Buhar kazanından çevreye ısı kaybı=4.3 W/ K



Şekil : İklimlendirme deney düzeneğinin şematik resmi.

## 4.DENEYİN YAPILIŞI

### 4.1. Temel İklimlendirme İşlemleri Deneyi

**DENEYİN AMACI:** Bir iklimlendirme ünitesinde ısıtma, soğutma, nemlendirme gibi temel işlemleri göstermek. Bu işlemleri psikrometrik diyagram üzerinde takip etmek.

**GEREKLİ ALET VE CİHAZLAR:** Pervaneli hava hız ölçer (anemometre), Psikrometrik diyagram.

Ölçüm Sayısı	1	2
T <sub>1</sub> [°C]		
T <sub>2</sub> [°C]=T <sub>1yt</sub>		
T <sub>3</sub> [°C]		
T <sub>4</sub> [°C]=T <sub>3yt</sub>		
T <sub>5</sub> [°C]		
T <sub>6</sub> [°C]=T <sub>5yt</sub>		
T <sub>7</sub> [°C]		
T <sub>8</sub> [°C]=T <sub>7yt</sub>		
T <sub>9</sub> [°C]		
T <sub>10</sub> [°C]=T <sub>9yt</sub>		
u [m/s]		

**YÜK HESABI:** Alçak ve yüksek hava debileri için iklimlendirme sisteminde yer alan her bir birimin yük değerleri ölçülen kuru ve yaş termometre sıcaklıkları ve psikrometrik diyagram kullanılarak belirlenecektir. Bunun için ;

**a-) Havanın hacimsel debisi belirlenir :**

$$\dot{V}_h = A.u \quad [\text{m}^3/\text{s}] ; \quad (23)$$

A: kesit (m<sup>2</sup>) (Panjur kesiti)=0,05 m<sup>2</sup>,

u: hız ( m/s) (Pervaneli hız ölçer ile ölçülecek)

**b-) Havanın kütleli debisi hesaplanır:**

$$\dot{m}_h = \frac{\dot{V}_h}{v_g} \quad (24)$$

v<sub>g</sub>= Girişteki havanın özgül hacmi (m<sup>3</sup>/kg)

**c-)Ön ısıtma yükü:**  $\dot{Q}_1 = \dot{m}_h (h_2 - h_1)$  (25)

**d-) Soğutma yükü:**  $\dot{Q}_2 = \dot{m}_h (h_2 - h_3)$  (26)

**e-) Nemlendirme yükü :**  $\dot{m}_w = \dot{m}_h (w_4 - w_3)$  (27)

**f-)Son ısıtma yükü:**  $\dot{Q}_3 = \dot{m}_h (h_5 - h_4)$  (28)



## **RAPORDA İSTENENLER:**

- Deney prosedürü izah edilecek, deneyin adı ve amacı belirtilecek
- İklimlendirme proseslerinin psikrometrik diyagram üzerinde gösterimi yapılacaktır.
- Her bir birimdeki yükler belirlenerek tablo halinde sunulacaktır.
- Psikrometrik diyagramdaki değişimler ve tablo değerleri dikkate alınarak her bir iklimlendirme birimindeki süreçler fiziksel olarak irdelenecektir.

## **DENEY SONRASI İŞLEMLER:**

1. İklimlendirme deney düzeneğinde yapılan her işlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz.
2. Deney esnasında her bir işlem sonunda ölçülen yaş ve kuru termometre sıcaklıkların tabloda gösteriniz.
3. Deney düzeneğinden ölçülen sıcaklıklara göre havanın her bir ünitenin giriş ve çıkışındaki gerekli termodinamik özelliklerini psikrometrik diyagram ile belirleyin
4. Duyulur ısıtma ve duyulur soğutma işlemleri esnasındaki havaya verilen ve havadan çekilen ısıları hesaplayınız.
5. Nemlendirme ve ısıtma işleminde havaya verilen ısıyı ve nemi hesaplayınız.
6. Soğutma ve nem alma işlemi esnasında havadan çekilen ısı ve nemi belirleyiniz.

## **İstenenler:**

Deneyin amacı, yapılışı, türüne ilişkin bilgi

Ölçülen ve hesaplanan değerlerin doldurulması

Her ölçüm için hesaplamalar

Grafikler

Sonuç-Yorumlar (nedenleriyle)

## **Deney Sonuçları**

.....

.....

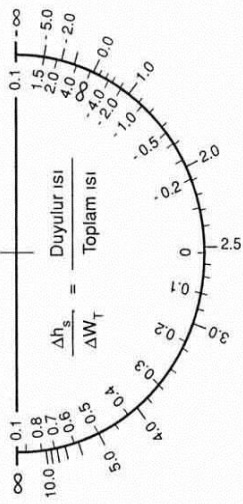
.....

.....

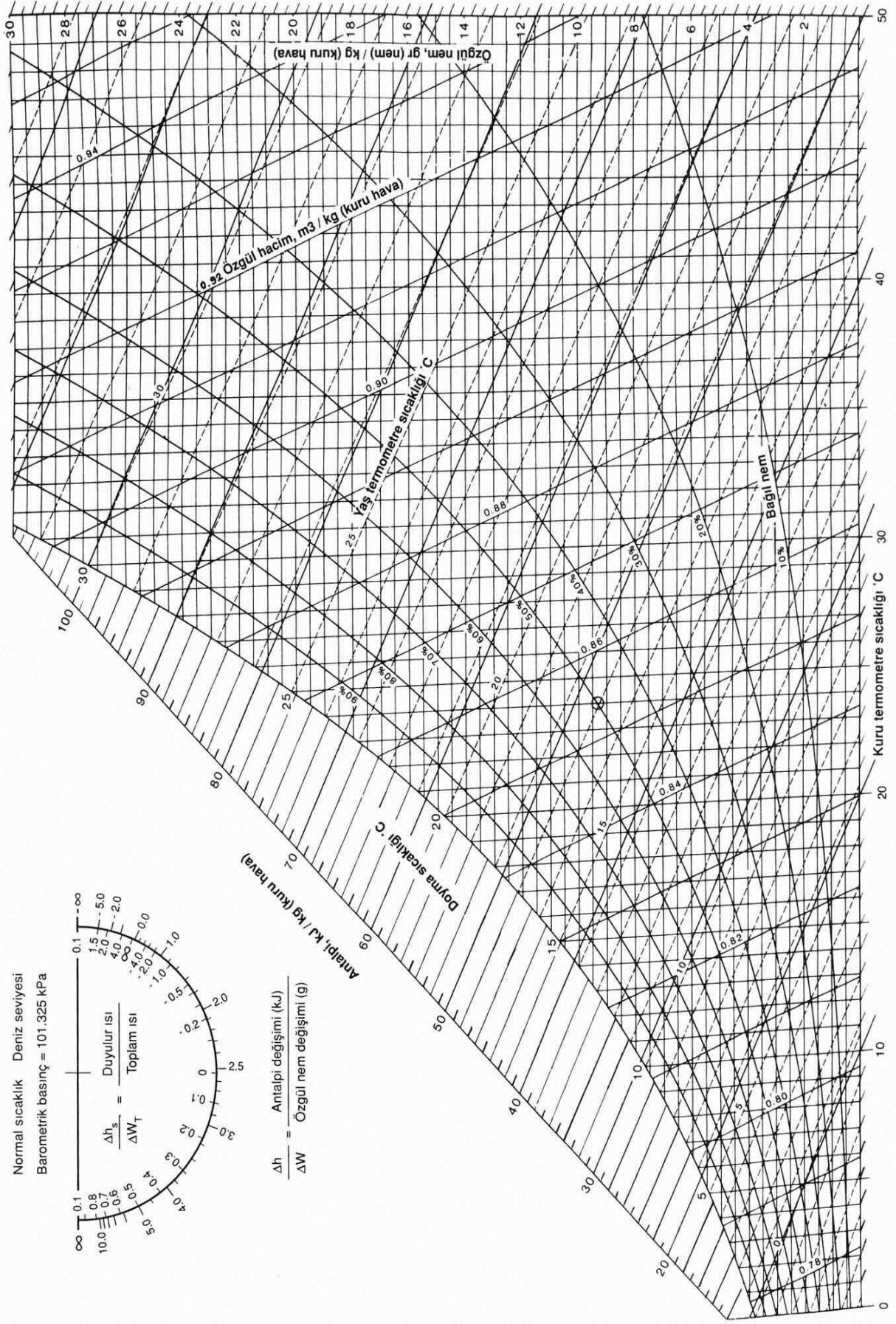
.....

.....

Normal sıcaklık Deniz seviyesi  
Barometrik basınç = 101.325 kPa



$$\frac{\Delta h}{\Delta W} = \frac{\text{Antalpi değişimi (kJ)}}{\text{Özgü nem değişimi (g)}}$$



## Ek:1- Psikrometrik Diyagram

