

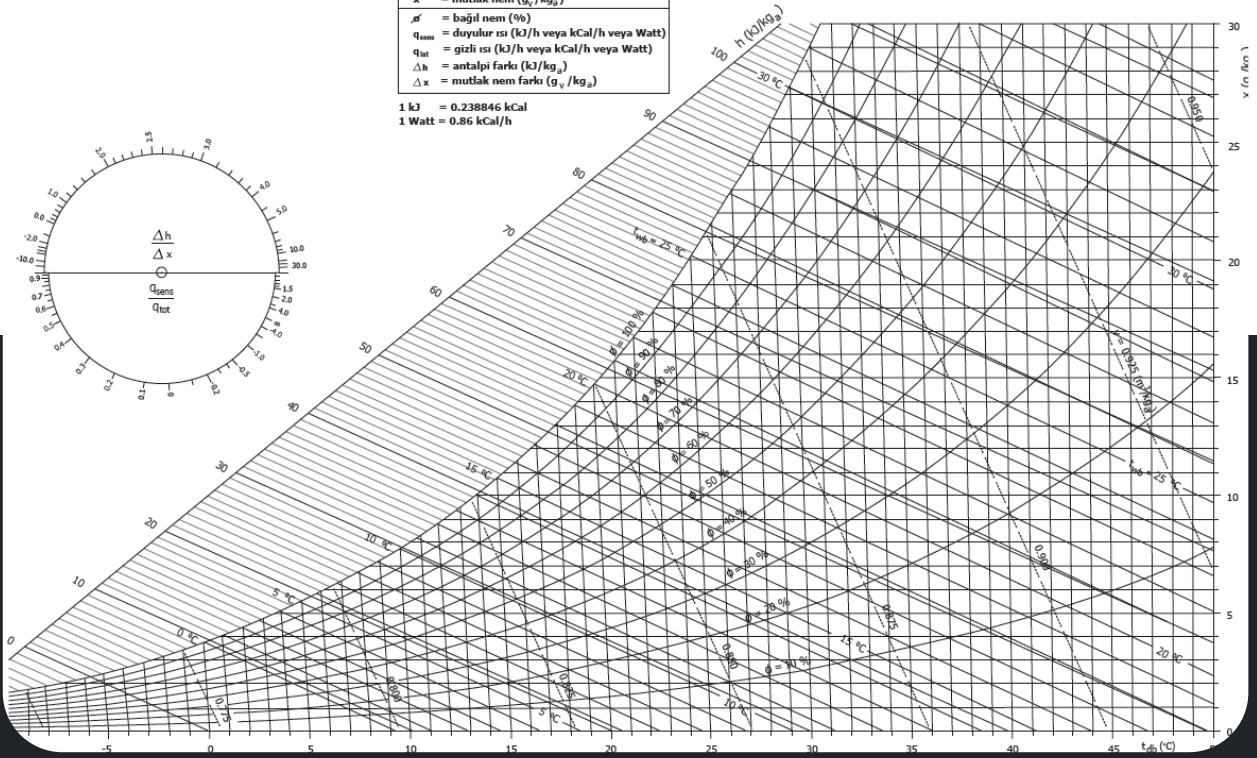
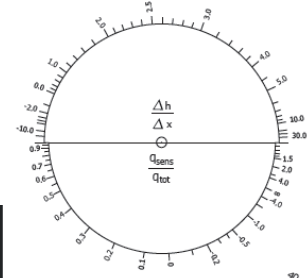
# PSİKROMETRİ

## TARİHÇE TEORİ VE UYGULAMA

$h$	= entalpi (kJ/kg <sub>a</sub> )
$t_{db}$	= kuru termometre sıcaklığı (°C)
$t_{wb}$	= yaş termometre sıcaklığı (°C)
$v$	= özgül hacim (m <sup>3</sup> /kg <sub>a</sub> )
$x$	= mutlak nem (g/kg <sub>a</sub> )
$\phi$	= bağıl nem (%)
$q_{sens}$	= duyu ısı (kJ/h veya kCal/h veya Watt)
$q_{tot}$	= gizli ısı (kJ/h veya kCal/h veya Watt)
$\Delta h$	= entalpi farkı (kJ/kg <sub>a</sub> )
$\Delta x$	= mutlak nem farkı (g/kg <sub>a</sub> )

1 kJ = 0.238846 kCal  
1 Watt = 0.86 kCal/h

**YÜKSEKLİK** : Deniz seviyesinden 0 metre  
**BASINÇ** : 101 325 Pa



M. HALUK SEVEL  
MAK. MÜH.



# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	1
YAZAR HAKKINDA .....	3
<b>BİRİNCİ BÖLÜM</b> .....	4
<b>1. PSİKROMETRİ NEDİR</b> .....	6
1.1. Psikrometrinin tanımı ve tarihçesi .....	6
1.2. Psikrometrinin kapsamı .....	6
1.3. Psikrometrik diyagramın gelişimi .....	6
<b>2. KURU VE NEMLİ HAVANIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ</b> .....	20
2.1. Giriş .....	20
2.2. Kuru havanın yapısı .....	20
2.2.1 Mol ve moleküler ağırlık .....	21
2.2.2. Mol oranı .....	22
2.2.3. Üniversal Gaz sabiti .....	22
2.2.4. Kuru hava ve su buharının gaz sabitleri .....	22
2.2.5. İdeal Gaz karışımları .....	23
2.3. Su buharı .....	23
2.4. Kuru hava ile su buharının karışımı .....	28
2.4.1. Standart atmosfer .....	28
2.4.2. Havanın termodinamik özellikleri .....	29
2.4.3. Doyma eğrisi ve hesaplanması .....	32
2.4.4. Mutlak Nem Oranının Belirlenmesi .....	33
2.4.5. Havanın Özgül Yoğunluk ve Özgül Hacminin Belirlenmesi .....	35
<b>3. PSİKROMETRİK ÖZELLİKLER ve TERİMLER</b> .....	38
3.1. Giriş .....	38
3.2. Kuru Termometre Sıcaklığı .....	39
3.3. Yaş Termometre Sıcaklığı ve Adyabatik Doyma .....	41
3.4. Çiy Noktası ve Çiy Noktası Sıcaklığı .....	44
3.5. Bağıl Nem .....	46
3.6. Barometrik Basınç .....	47
3.7. Özgül Hacim .....	49
3.8. Mutlak Nem Oranı .....	51
3.9. Buhar Basıncı .....	52
3.10. Özgül Entalpi .....	55

## İKİNCİ BÖLÜM .....58

4. PSİKROMETRİK DİYAGRAMLAR .....	59
4.1. Genel.....	60
4.2. Deniz seviyesi psikrometrik diyagramları .....	60
4.2.1. Deniz seviyesi normal sıcaklık .....	60
4.2.2. Deniz seviyesi düşük sıcaklık .....	62
4.2.3. Deniz seviyesi, yüksek sıcaklık .....	63
4.3. Deniz seviyesinden yüksek irtifalar için psikrometrik diyagramlar .....	64
4.3.1. Genel .....	64
5. TEMEL PSİKROMETRİK PROSESLER .....	67
5.1. Psikrometrik diyagramdaki temel işlemler kısa tanımı .....	67
5.2. Değişik iki hava kütleinin karışması .....	68
5.3. Havanın ısıtılması .....	70
5.4. Havanın soğutulması .....	71
5.4.1. Duyulur soğutma .....	71
5.4.2. Soğutma ve nem alma .....	73
5.5. Havanın nemlendirilmesi .....	79
5.5.1. Havanın su ile nemlendirilmesi .....	79
5.5.2. Havanın kuru buhar ile nemlendirilmesi .....	82
5.6. Fan efekti .....	85
5.7. Oda efekti .....	86
5.8. Duyulur ısı oranı düşük (gizli ısı kazancı yüksek) hacimler .....	87
6. KLİMA UYGULAMALARININ PSİKROMETRİK OLARAK İNCELENMESİ .93	
6.1. Soğutma yüküne bağlı olarak hava debisinin tayini .....	93
6.2. Kış uygulaması için hava debisi ve ısıtma yüklerinin belirlenmesi-1. Nemlendirmesiz ve su ile nemlendirmeli örnekler .....	96
6.3. Kış uygulaması için hava debisi ve ısıtma yüklerinin belirlenmesi-2. Buhar ile nemlendirmeli örnekler .....	100



6.4. Isı geri kazanımı .....	103
6.4.1. Genel .....	103
6.4.2. Duyulur ısı bazında geri kazanım .....	106
6.4.3. Toplam ısı bazında geri kazanım .....	109
6.5. Isı Geri Kazanımlı Klima Santralı Uygulamaları .....	110
6.5.1. Kış uygulaması .....	110
6.5.2. Yaz uygulaması .....	112
6.6. Değişken hava debili klima sistemleri ve VAV uygulaması .....	113
6.7. Endüksiyon sistemleri .....	115
6.8. Havanın neminin alınması .....	118
6.8.1. Soğutma ile nem alma .....	118
6.8.2. Adsorbsiyonlu nem alma sistemleri .....	119

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM** .....

124

## **7. ÖRNEKLER** .....

125

- |   |     |
|---|-----|
| 7.1. Yüzey kondansasyonu ve engel olmak için gerekli izolasyon kalınlığı hesabı ..... | 125 |
| 7.2. Değişik ve sabit sıcaklıktaki suyun havaya püskürtülmesi. ....                   | 129 |

## **8. TABLOLAR VE DİYAGRAMLAR** .....

133

## **9. REFERANSLAR** .....

159

## **10. SEMBOLLER** .....

160

## **11. BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ** .....

162

# ÖNSÖZ

Psikrometri tarımdan havacılığa, klima-havalandırmadan gıda maddelerinin kurutulmasına ve depolanmasına, ilaç sanayinden tekstil sanayine kadar, daha birçok alanı kapsayan temel bir bilimdir. Psikrometri ve bununla ilgili çalışmalar ideal gaz kanunlarına, Dalton'un kısmi basınçlar kanununa, enerjinin ve kitlenin korunumu kanunlarına dayanmaktadır. 1904'de Willis Carrier tarafından diyagram haline getirilmiş, yapılan araştırmalar neticesi günümüze kadar sürekli gelişme göstermiştir. Carrier'ın geliştirdiği diyagram ile Mollier'in hazırladığı i-x diyagramı yaygın bir biçimde klima ve havalandırma sahasında çalışan mühendis ve teknisyenler tarafından kullanılmaktadır.

1960'lı yıllara bir göz attığımızda hesapların sürgülü hesap cetvelleriyle yapıldığını, 1970'lere gelindiğinde de elektronik hesap makinalarının geliştiğini, yavaş yavaş sürgülü hesap cetvellerinin yerini aldığını görürüz. Bu tarzda yapılan hesaplar, örneğin ısı kazancı-ısı kaybı formlarına kaydedilir, prosesler de psikrometrik diyagramlara işlenirdi. Bu sayede de ısıtma ve soğutma yükleri, hava karışımları, nemlendirme işlemleri ve bu işlemlerin büyüklükleri belirlenirdi. Geçen zaman içinde bilgisayarlar, buna paralel olarak ta yazılımlar gelişti. Birçok teknik eleman artık hesaplarını bu yazılımlar sayesinde bilgisayarda yapmaya, hatta psikrometrik proseslerini dahi bu programlarda belirlemeye başladılar. Teknik elemanlar açısından büyük bir kolaylık ve vakit kazanımı getirmesine rağmen beraberinde bazı olumsuzlukları da getirdi. Bu teknik gelişimleri kullananlar bilgisayar çıktılarını kanun gibi kabul edip yavaş yavaş bilmeleri gereken temel teknolojilerden uzaklaşmaya başladılar. Bir araç olan bilgisayar ve yazılımlar yavaş yavaş amaç olmaya başladı. Halbuki mühendislik bir yazılım

Aynı durum maalesef mühendislerin psikrometrik proseslere olan bilgi ve hakimiyetleri konusunda da kendini gösterdi. Okumuş oldukları termodinamik kitaplarında zaten bir veya iki konudan ibaret olan hava-su buharı karışımlarını, psikrometriyi kullanmamaya ve unutmaya başladılar.

Kırk yılı aşkın bir süredir kendini bu konuya vakfetmiş bir kişi olarak bu durumu maalesef üzümlerle izlemekteyim. Bu nedenle elinizde tuttuğunuz bu kitabı yazmaya karar verdim. Bu konuda birçok mühendis ve öğretim üyesi arkadaşım da destekledi. Bu kitap yalnızca temel psikrometrik proseslerin öğretimi amaçlı bir eser olarak hazırlanmamıştır. Psikrometri biliminin oluşumunu ve bununla ilgili temel kavramları da vermeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle kitap iki bölüm halinde hazırlanmıştır. Birinci bölümde tarihi gelişim, psikrometriyi oluşturan temel öğe

ve kavramlar, bunlar arasındaki ilişkiler mümkün olduğunca detaylı ama basit bir üslupla anlatılmaya, psikrometrik diyagramın nasıl oluştuğu izah edilmeye çalışılmıştır. İkinci bölümde de temel psikrometrik prosesler örnekleri ve şematik klima santralı çizimleriyle birlikte verilmiştir. Bunlara ilaveten nem alma, ısı geri kazanım gibi konular da detaylı bir biçimde anlatılmaya çalışılmıştır.

Tüm okuyanlara faydalı olacağını ümidiyle saygılarımı sunar, tenkit ve taleplerinizi aşağıdaki e-mail adresime iletmenizi rica ederim.

M.Halûk SEVEL  
hsevel@İMEKSAN.COM  
Eylül 2014, İzmir

## YAZAR HAKKINDA



M.Haluk SEVEL 1944 İstanbul doğumludur. İlk ve orta tahsilini aynı şehirde yapmıştır. 1962 yılında Kadıköy Maarif Koleji'nden mezun olduktan sonra Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü kazanmıştır. 1968 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yapmış ve 1969 yılında aynı bölümden pekiyi derece ile mezun olmuştur.

1971'de askerliğini tamamladıktan sonra ÜNTES Koll Şti (şimdi A.Ş.) girmiş ve tasarım mühendisi olarak çalışmıştır. 1973 yılında üç meslekdaşıyla SELKON isimli kendi şirketini kurmuş, klima, soğutma ve otomatik kontrol sahalarında daha geniş çalışmalar yapma olanağını bulmuştur. Buradaki çalışmaları esnasında modüler elektronik kontrol elemanlarını yurdumuza getirmiş ve klima sektöründe bu uygulamanın öncüsü olmuştur. Bu arada Selkon Ltd.Şti'nin ortak olduğu GENSA A.Ş. de fabrika müdürü ve teknik müdür olarak görev yapmış, Türkiye'de ilk fabrikasyon soğutma kompresörü imalatını gerçekleştirmiştir. 1989 yılında Selkon-GENSA Şirketler Grubu'nun dağılmasından sonra TEBA Şirketler Grubu'nda bulunan ENTE Dış Taahhüt şirketinde proje yöneticisi olarak görev yapmıştır. 2004 yılında bu görevinden kendi isteği ile ayrılan H.Sevel o tarihten bu yana İMEKSAN A.Ş.'de teknik danışman ve AR-GE sorumlusu olarak görev yapmaktadır.

2013 yılında İSKİD onursal üyeliğine seçilen Haluk SEVEL birçok araştırma ve yayınları bulunmaktadır. İmeksan A.Ş. bünyesinde gerçekleştirilen, Türkiye'de ilk VAV üniteleri imal ve kalibrasyon standı, yine bir ilk olan endüksiyon cihazları ve aktif soğutmalı tavan üniteleri bu çalışmalarından bazılarıdır. Bu arada TÜBİTAK destekli bir projesi ile Türkiye'de ilk plakalı ısı geri kazanım eşanjörleri imalatı ile aynı eşanjörlerin deney standını gerçekleştirmiştir. Yazılı eserleri arasında "Değişken Debili Klima Sistemleri ve VAV-CAV Ünitelerinin Kullanımı", "IAQ ve Temiz Oda Teknolojisi" , "Aktif Soğutmalı Tavan ve Endüksiyon Üniteleri" sayılabilir.

M.Haluk SEVEL evli ve iki çocuk babası olup İzmir-Mavişehir'de ikamet etmektedir.

**BİRİNCİ BÖLÜM**  
**PSİKROMETRİYE GİRİŞ VE TEMEL**  
**KAVRAMLAR**

# 1. PSİKROMETRİ NEDİR

## 1.1. Psikrometrinin tanımı ve tarihçesi

Psikrometri Yunanca iki kelimenin, soğuk ve soğutma anlamına gelen “psuchron” ile ölçme anlamına gelen “meter” birleşmesinden oluşmaktadır. Bu kelimeyi ilk kullanan Alman bilim adamı Ernest Ferdinand August’tur. Kendi geliştirdiği ıslak termometreye “Psychrometer”, psikrometre adını vermiştir. Günümüzde psikrometreler kuru termometre ve yaş termometreleri ayrı ayrı ölçmeye yarayan iki termometreden meydana gelmekte ve bu enstrumanlar higrometre olarak sınıflandırılmaktadır.

Psikrometri sözlüklerde fizik kanunlarına göre kuru hava ve su buharı karışımlarını inceleyen bir bilim olarak tarif edilmektedir. ASHRAE ise psikrometriyi “atmosferik durumların, özellikle hava içindeki nemin ölçümü ve belirlenmesi ile uğraşan, fizik ana bilim dalının bir branşı” olarak kabul etmektedir. Günümüzde makine mühendisliğinin temel konularından biri olan termodinamiğin içinde de kapsamlı bir şekilde yer almaktadır. Burada önem kazanan bir tarif te “nemli hava”dır. Nemli havayı iki değişik gazın, kuru hava ile su buharının karışımı olarak belirtebiliriz. Kritik sıcaklığın altındaki sıcaklıklarda bir maddenin gaz fazı “buhar” olarak adlandırılır. Bu terim bir maddenin doyma noktasına yakın yerlerdeki gaz halini belirtir. Dolayısıyla bu maddenin hal değişimi esnasında yoğuşabileceği kabul edilir.

Bazı çevreler bu tanımı daha da genişletmekte, psikrometriyi bir maddenin gaz hali ile diğer bir maddenin yoğuşabilir gaz halinin karışımı olarak tanımlamaktadır. Bizim konumuza esas olan ilk tarif ile ASHRAE’in kabulüdür ve bu kitabımızda kuru hava ile su buharının değişik şartlardaki karışımları olarak incelenecektir.

## 1.2 Psikrometrinin kapsamı

Psikrometri yalnız iklimlendirme dünyasına ait bir çalışma ve inceleme alanından ibaret değildir. Ziraatte, örneğin seralarda ürün yetiştirilmesi için gerekli ortamın tespit ve temininde, tahılların saklanması ve kurutulmasında, gıda mühendisliğinde, ilaç sanayiinde, tekstil sanayiinde nem kontrolünde, meteorolojide ve mimaride örneğin iç satırlarda kondansasyonun belirlenmesi ve önlenmesinde de büyük ölçüde kullanım alanı bulmaktadır.

## 1.3 Psikrometrik diyagramın gelişimi

Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan psikrometrik diyagram ilk olarak 1904 yılında Willis H. Carrier isimli Amerikalı bir mühendis tarafından geliştirilmiştir. Ancak psikrometri ile ilgili çalışmalar çok daha öncelere gitmektedir. Antik Yunan Medeniyeti’nde Anaksimenes, Aristo, Hero gibi filozof ve bilim adamlarının çalışmaları

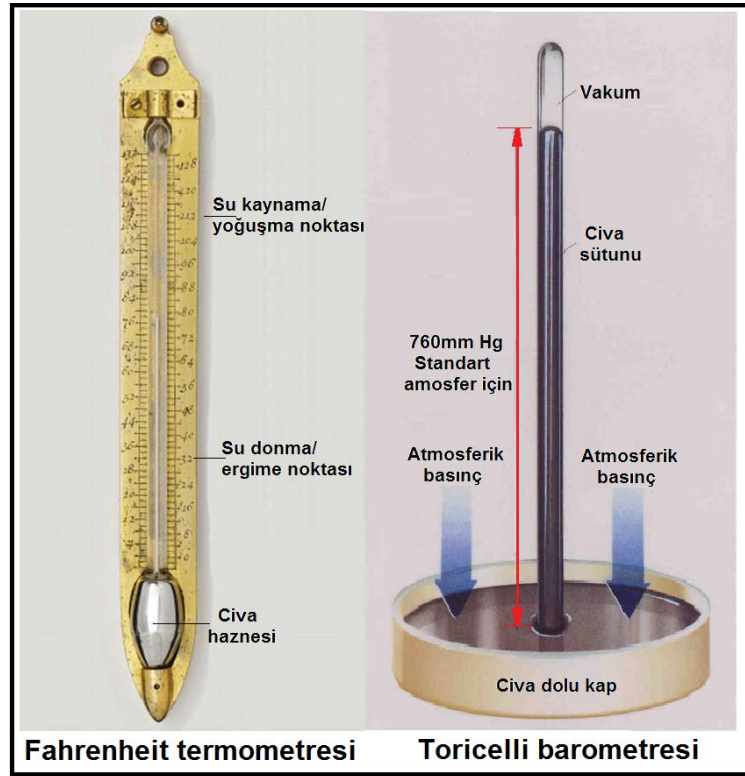
bilinmektedir. “Aer” kelimesinin kökeni de Antik Yunanca olup hava ve su buharı manâsına gelmektedir ve uluslararası literatüre Anaksimenes tarafından kazandırılmıştır.



Willis H. Carrier (1876-1950)

Aristo'nun ölümünü takiben, onbeşinci yüzyılın başlarına kadar süren Avrupa'nın “Karanlık Yıllar” olarak ta adlandırılan Orta Çağ döneminde hemen hemen hiçbir şeyin yapılmadığını, ancak Rönesans ile çalışmaların Yeni Çağ'da tekrar başladığını görürüz. Leonardo da Vinci (1452-1519) ilk higrometrenin teknik resimlerini tamamlamış ve bu çalışmasına “higroskop” adını vermiştir. İtalyan bilim adamı, matematikçi ve astronom Galileo Galilei (1564-1642) 1593'de başarısız bir termoskop tasarımı girişinde bulunmuştur. Ancak bu başarısızlığa rağmen, takibeden yıllarda gaz hacminin değişmesinin sıcaklık değişimi ile ilgisi hakkındaki prensipleri belirlemiştir. Basınç ölçümünün öncesi ise hiç şüphesiz Evangelista Toriçelli'dir (1608-1647). 1643 yılında civalı barometreyi keşfetmiştir. Bu arada konuya büyük katkıları bulunan Blaise Pascal, Robert Boyle, fahrenheit termometre skalasını geliştiren Gabriel Daniel Fahrenheit (1686-1736), Bernoulli, suyun donma ısısı  $0^{\circ}\text{C}$ , kaynama noktasını da  $100^{\circ}\text{C}$  olarak belirleyen ve arayı 100 eşit dilime bölerek celsius skalasını kazandıran Anders Celsius'u da (1701-1744) belirtmemiz gerekir. Bu termometrelerde skalanın belirlenmesi esnasında içine daldırılmış termometre bulunan suyun ısıtılma suretiyle buharlaştırılması, aynı suyun buharlaştırılması esas alınmıştır. G.D. Fahrenheit taksimatı önceden belirlenmiş bir cetvelde suyun  $+32^{\circ}$ 'de ergidiğini,  $+212^{\circ}$ 'de de buharlaştığını

tespit etmiştir. A. Celcius ise bu skalayı 100 eşit parçaya bölmüş, suyun donma noktasına  $0^{\circ}$ , kaynama noktasına da  $100^{\circ}$  demiştir. Her iki deney de deniz seviyesinde, normal atmosferik şartlarda gerçekleştirilmiştir.



Bu çalışmaların her ikisinde de buz kütlesinin erimek için belirli bir enerjiye ihtiyacı olduğu, buz erirken sıcaklığın değişmediği tespit edilmiştir. Bu işlem için gereken birim ısıya bilahare donma (erime) entalpisi denilecektir. Benzeri durum buharlaşmada da gözlenmiştir. Suyun tamamı buharlaşana kadar sıcaklık değişmemekte ancak ısı ilavesi devam etmektedir. Bu birim ısıya da buharlaşma (yoğuşma) entalpisi denilecektir.

18'inci yüzyılın başlarından itibaren kuru hava ile su buharının ilişkilerini birlikte incelendiğini görürüz. İlk olarak John Dalton (1766-1844) isimli İngiliz bilim adamı havanın genleşmesi ve atmosferik yoğunlaşmayı, atmosferdeki su buharınının gösterdiği değişimlere dayandırarak izah etmiş ve modern meteorolojinin temellerini atmıştır. 1801'de geliştirdiği **toplanan basınçlar kanunu** modern psikrometrinin temelini oluşturan dört ana öğeden biridir (bu konu ilerideki bahislerde kapsamlı olarak ele alınacaktır). Emile Hilaire Amagat (1841-1915) isimli Fransız fizikçi de **toplanan hacimler kanunu**'nu bulmuştur. Bu kanun da modern psikrometrinin ikinci temel öğesini oluşturmaktadır.

James Ivory (1765-1842) James Hutton'ın yapmış olduğu yaş termometre deneylerini analiz ederek yaş termometre hakkındaki ilk teoriyi "The Hygrometer by Evaporation" isimli eserinde yayınlamıştır. Teorisini termometrenin ıslatılmış haznesi üzerinde sakin



bir hava hareketi olduğunu, su ile hazne arasında ihmal edilebilecek derecede küçük bir ısı iletimi (kondüksiyonu) meydana geldiğini hipotezine dayandırmıştır. Bu işlem esnasında ısıtılmış hazne üzerinden geçen havanın doyma noktasına erişeceği, bu durumda da buharlaşma suretiyle havaya eklenen su buharının buharlaşma gizli ısısının ( $h_{FG-WV-@WB}$ ) havadan temin edildiği ve bu surette havanın ısısının düştüğünü, düşen ısı miktarının tekabül ettiği “ $\Delta T$ ” sıcaklık farkının havanın kuru termometre sıcaklığından düşülmesi ile yaş termometre sıcaklığının elde edileceğini ispatlamıştır. Buna ilaveten buhar basıncı ile ilgili olarak aşağıdaki empirik formülü geliştirmiştir.

$$e = e' - b (t - t')/1200$$

Bu formülde:

- $e$  = su buharının hakiki basıncı ( inç civa sütunu )
- $e'$  = yaş termometre sıcaklığındaki doyma noktasında su buharının basıncı (inç civa sütunu )
- $t$  = Ölçülen kuru termometre sıcaklığı (°C )
- $t'$  = Ölçülen yaş termometre sıcaklığı (°C)
- $b$  = Barometrik basınç (inç civa sütunu)

Bu formül geçen zaman içinde yapılan küçük değişikliklerle geçerliliğini korumaktadır. “ $b$ ” faktörü “ $a.P$ ” ile değiştirilmiş olup “ $P$ ” barometrik basınç, “ $a$ ” ise düzeltme faktörüdür. USWB “United States Weather Bureau” da bu formülde küçük bir düzeltme yapmıştır. Bu düzeltme suyun buharlaşma gizli ısısının kuru termometredeki değişiklikler paralelinde yaptığı değişimleri kapsamaktadır. Bu formül aşağıdaki gibidir.

$$(C_{p-DA} + C_{p-WVS}) \times (t_{DB} - t_{WB-SAT}) = (h_{FG-WV-@WB}) \times (w_{WB} - w_{ACT})$$

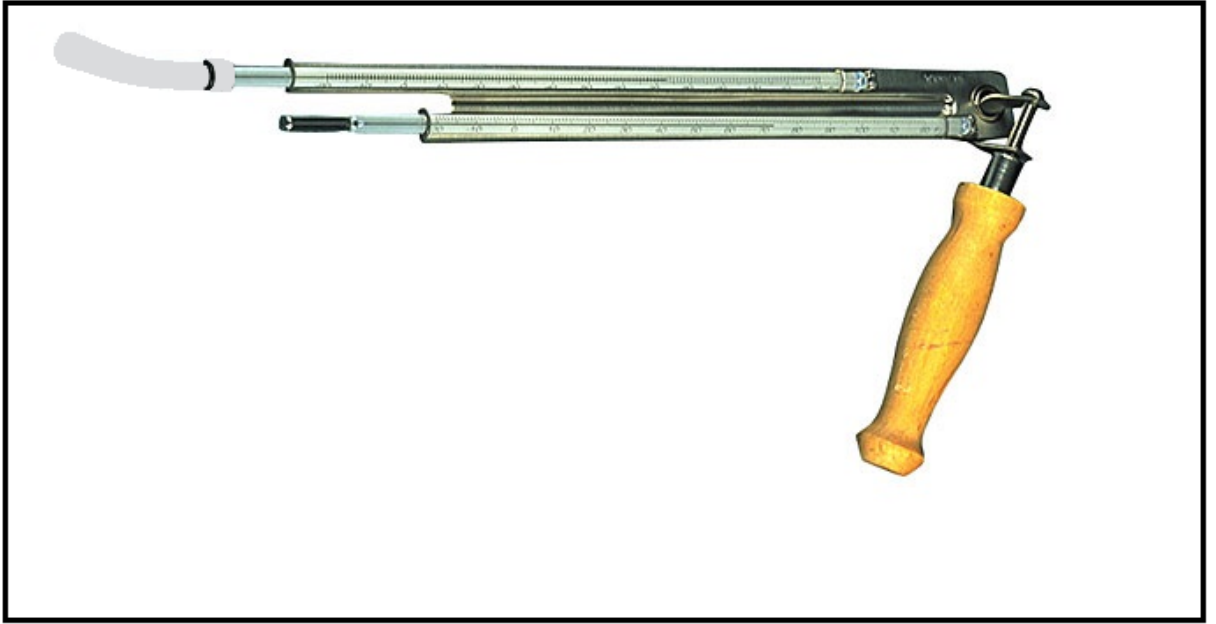
Bu förmülde:

- $C_{p-DA}$  = Özgül ısı; kuru hava (1.006 kJ/kg.°C)
- $C_{p-WVS}$  = Özgül ısı; doyma noktasındaki su buharı (4.186 kJ/kg.°C)
- $t_{DB}$  = Kuru termometre sıcaklığı (°C)
- $t_{WB-SAT}$  = Yaş termometre sıcaklığı, doyma noktasında (°C)
- $h_{FG-WV-@WB}$  =Suyun buharlaşma spesifik entalpisi, yaş termometre sıcaklığında (kJ/kg)
- $w_{WB}$  = Mutlak nem , doyma noktasında (kg<sub>WV</sub>/kg<sub>DA</sub>)
- $w_{ACT}$  = Mutlak nem, ölçülen (kg<sub>WV</sub>/kg<sub>DA</sub>)

Bu arada adyabatik proseslerde ideal gazların basınç, sıcaklık değişimelerindeki durumlarını formülize eden Simeon Denis Poisson’u da (1781-1840) unutmamak gerekir. Bu formüller günümüzde termodinamikte, psikrometrik proseslerde özellikle vantilatöre bağlı ısı yükselmelerinin hesabında kullanılmaktadır.

$$T \cdot v^{(n-1)} = \text{Sabit} , \quad T \cdot p^{(n-1)/n} = \text{Sabit} , \quad p \cdot v^n = \text{Sabit}$$

1809-1903 yılları arasında yaşamış olan astronom ve meteorolojist James Glaisher 1847 yılında su buharı basıncı, atmosferik basınç, yaş termometre ve kuru termometre sıcaklıklarını içeren ilk güvenilir tabloları yayınlamıştır. Amerikalı bilim adamı William Ferrel de (1817-1891) atmosferik basınç, savurmalı psikrometre ile ölçülen yaş ve kuru termometre sıcaklıklarını esas alarak su buharı basıncını hesaplayacak empirik bir formül geliştirmiştir.



## Savurmalı Psikrometre

Savurmalı psikrometre iki termometreden oluşmaktadır. Bu termometrelerden birinin ucuna ıslatılmış bir kılıf geçirilmekte diğer termometrenin ucu ise açık bırakılmaktadır. Döndürme koluna bir manivela ile bağlı aparat havada hızlı bir şekilde, ıslatılmış kılıf kuruyuncaya kadar döndürülmekte, tam kurumadan her iki termometredeki değerler okunmaktadır. Ucu ıslatılmış termometreden yaş termometre sıcaklığı, ucu açık olan termometreden de kuru termometre sıcaklığı okunmaktadır. Her iki değerle daha önceden hazırlanmış tabloya girerek bağıl nem belirlenmektedir. Aşağıda deniz seviyesi için hazırlanmış savurmalı psikrometre tablosu görülmektedir. Bu tablo deniz seviyesi için hazırlanmış olup değişik yükseklikler için de mevcuttur. Günümüzde bir referans ölçüm cihazı olarak kullanılmaktadır.

## Bağıl Nem (%)

Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Kuru ve yaş Termometre Sıcaklıkları Arasındaki fark (°C)															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-20	100	28														
-18	100	40														
-16	100	48														
-14	100	55	11													
-12	100	61	23													
-10	100	66	33													
-8	100	71	41	13												
-6	100	73	48	20												
-4	100	77	54	32	11											
-2	100	79	58	37	20	1										
0	100	81	63	45	28	11										
2	100	83	67	51	36	20	6									
4	100	85	70	56	42	27	14									
6	100	86	72	59	46	35	22	10								
8	100	87	74	62	51	39	28	17	6							
10	100	88	76	65	54	43	33	24	13	4						
12	100	88	78	67	57	48	38	28	19	10	2					
14	100	89	79	69	60	50	41	33	25	16	8	1				
16	100	90	80	71	62	54	45	37	29	21	14	7	1			
18	100	91	81	72	64	56	48	40	33	26	19	12	6			
20	100	91	82	74	66	58	51	44	36	30	23	17	11	5		
22	100	92	83	75	68	60	53	46	40	33	27	21	15	10	4	
24	100	92	84	76	69	62	55	49	42	36	30	25	20	14	9	4
26	100	92	85	77	70	64	57	51	45	39	34	28	23	18	13	9
28	100	93	86	78	71	65	59	53	47	42	36	31	26	21	17	12
30	100	93	86	79	72	66	61	55	49	44	39	34	29	25	20	16

### Savurmalı Psikrometre Tablosu

Günümüzde hala kullanılmakta olan diğer bir psikrometrik ölçüm cihazı da aspirasyonlu psikrometredir.

1902 yılında Cornell Üniversitesi'nden mezun olan Willis Haviland Carrier Buffalo Force Co. Şirketinde çalıştığı günlerde, daha bir yıllık mühendisen ilmi esaslara dayanan, rutubet kontroluna yönelik bir klima sisteminin yapımını tamamlamıştı. Böyle bir işin gerçekleştirilmesi için mahallin ısı ve nem kazançlarının (duyulur ve gizli ısı yüklerinin ) hesaplanmasına, nemli havanın psikrometrik değerlerine ihtiyaç vardı. W.H. Carrier'ın bu donelerin temininde C.F. Marvin'in 1900'da yayınlanan "Psychrometric Tables" isimli eserinden yararlandığı tahmin edilmektedir. 1904 yılında da, mezuniyetinden iki yıl sonra,bugün kullanılmakta olan psikrometrik diyagramlara çok benzer olan "Hygrometric Chart" (Higrometrik Tablo) isimli çalışmasını tamamlamıştı. 1906 yılında yayınlanan Buffalo Force Co. kataloğunda bu tablo yer almıştı. 1911 yılında da ASME'ye "American Society of Mechanical Engineers" (Amerikan Makine Mühendisleri Derneği)sunduğu "Rasyonel Psikrometik Formüller" isimli çalışmasında Ferrel'in çalışmalarını esas alan termodinamik formüller sunmuştu. Bu formüller sayesinde havanın adyabatik doyması esnasında duyulur ısının gizli ısıya dönüştürülmesini doğru bir şekilde hesaplamak mümkün olmaktadır.

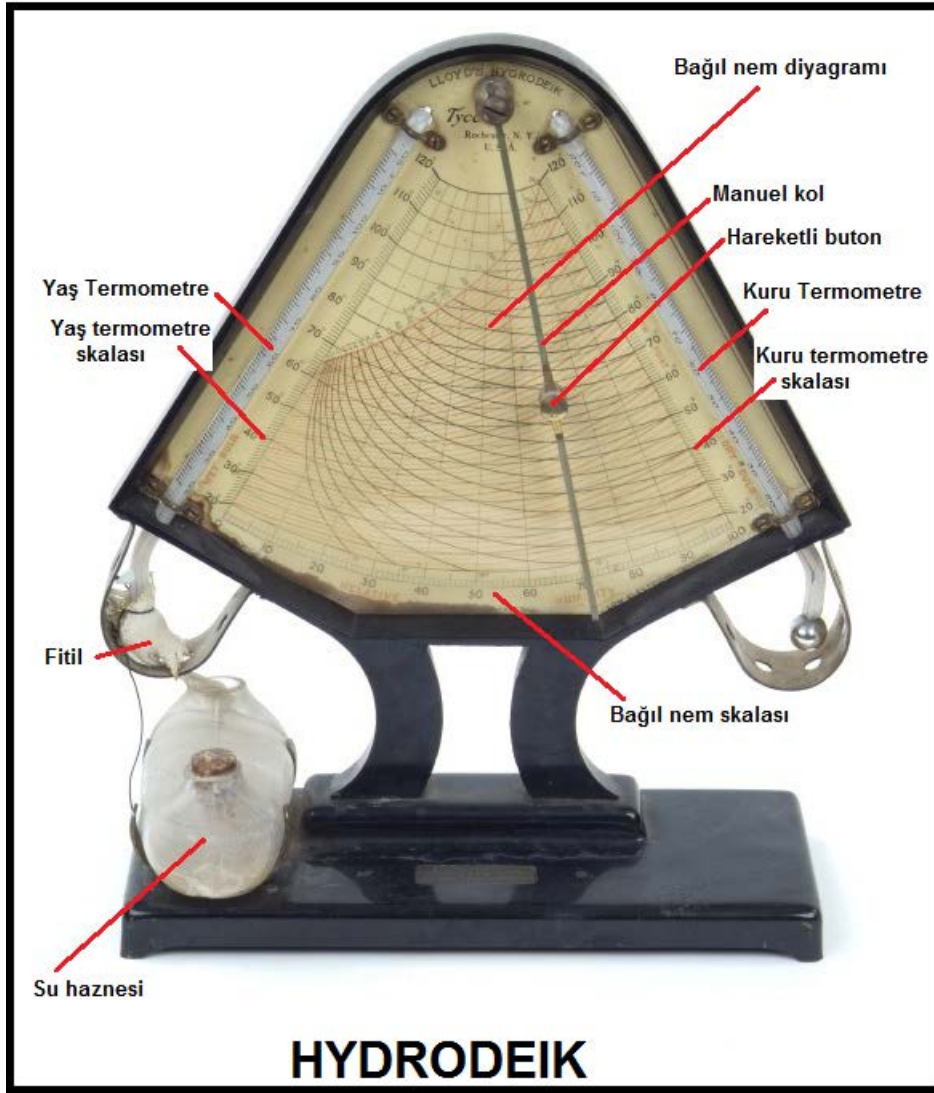


Peki, Carrier'in çalışmaları Psikrometrik Diyagram alanındaki ilk çalışma mıydı? Tabii ki hayır. Daha 1847 yılında Glaisher'ın higrometrik tabloları "Hygrometrical Tables" adı ile yayınlanmış bulunuyordu. Bu tablolar buhar basıncı, barometrik basınç, yağ termometre sıcaklığı, kuru termometre ve yoğuşma sıcaklığı açısından güvenilir bilgiler içeriyordu. Belirli bir sıcaklıkta tam doyma için gerekli buhar miktarı da bu tablolar vasıtasıyla belirlenebiliyordu.

1867'ye gelindiğinde de W. Edson "HYDRODEIK" isimli kuru ve yağ termometre sıcaklıklarını ölçebilen ve üzerine monte edilmiş diyagram vasıtasıyla bağıl nemi belirleyebilen harika bir enstrümanı geliştirmiş ve patentini almıştı.

Bu enstrümanla ölçülen yağ termometre sıcaklığı eğrisi ile kuru termometre eğrisinin kesiştiği noktaya manuel kumandalı buton getirilmekte, butonun üzerinde aşağı-yukarı hareket eden butonun bağlı olduğu kolun ucundaki ok yardımıyla alttaki skalada bağıl nem okunabilmektedir.

1900 yılında da Profesör C.F. Marvin "Psychrometric Tables" isimli çalışmasını yayınlamıştı. Buhar basıncı, bağıl nem, yoğuşma noktası sıcaklığı bu çalışma ile belirlenebiliyordu. Önceki sayfalarda belirtildiği gibi Willis Carrier'in bu çalışmalardan faydalandığı sanılmaktadır.

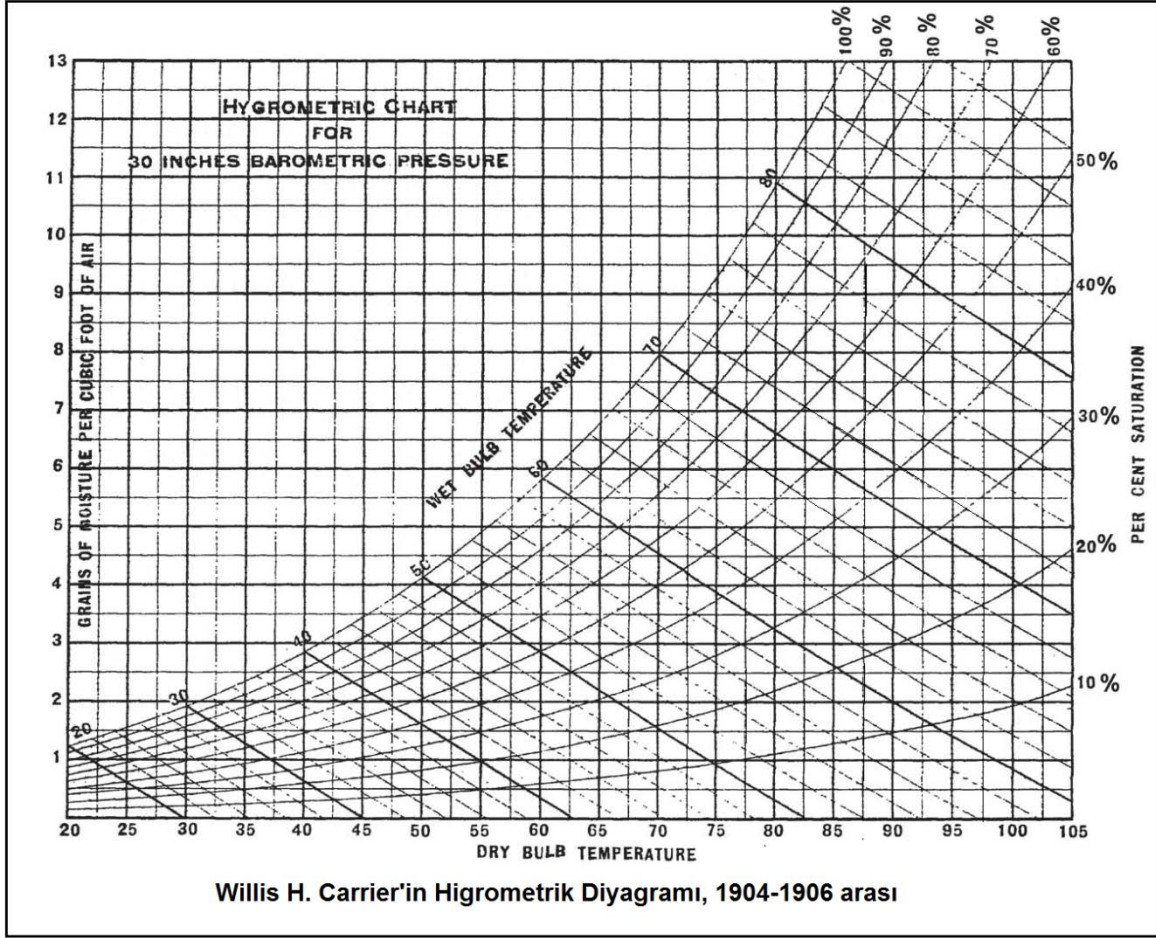


Carrier'in çalışmasından önce elde olan psikrometrik diyagrama benzer çalışmalar Glaisher ve Ferrel'in tablolarından, Hydrodeik enstrumanından ibaretti. Ancak Carrier'in ilk diyagramı bugün kullanmakta olduğumuzdan bazı farklılıklar içeriyordu.

Willis Carrier ilk diyagramında ordinat olarak su buharının birim ağırlığının beher kuru hava hacmine olan oranını ( $\text{grains}_{\text{WV}}/\text{ft}^3_{\text{DA}}$ ) kullanmıştı. Su buharının dansitesinin su buharı basıncına orantılı olması ilk diyagramın yapımını kolaylaştırıyordu.

Carrier'in koordinat seçimi klima uygulamalarının diyagram üzerinde ideale yakın bir şekilde çizilmesini de sağlıyordu. Kuru termometre sıcaklıkları absiste gösterilmiş, sabit sıcaklıklar da düşey çizgilerle belirlenmişti. Yatay çizgiler ise birim hacimdeki su buharını ağırlık olarak gösteriyordu. Diyagramda "doyma yüzdesi" de %10 ila %100 arasında gösterilmekteydi. Günümüzde "doyma yüzdesi" tabiri artık kullanılmamaktadır. Bunun yerine daha uygun olan "**bağıl nem**" tabiri kullanılmaktadır.

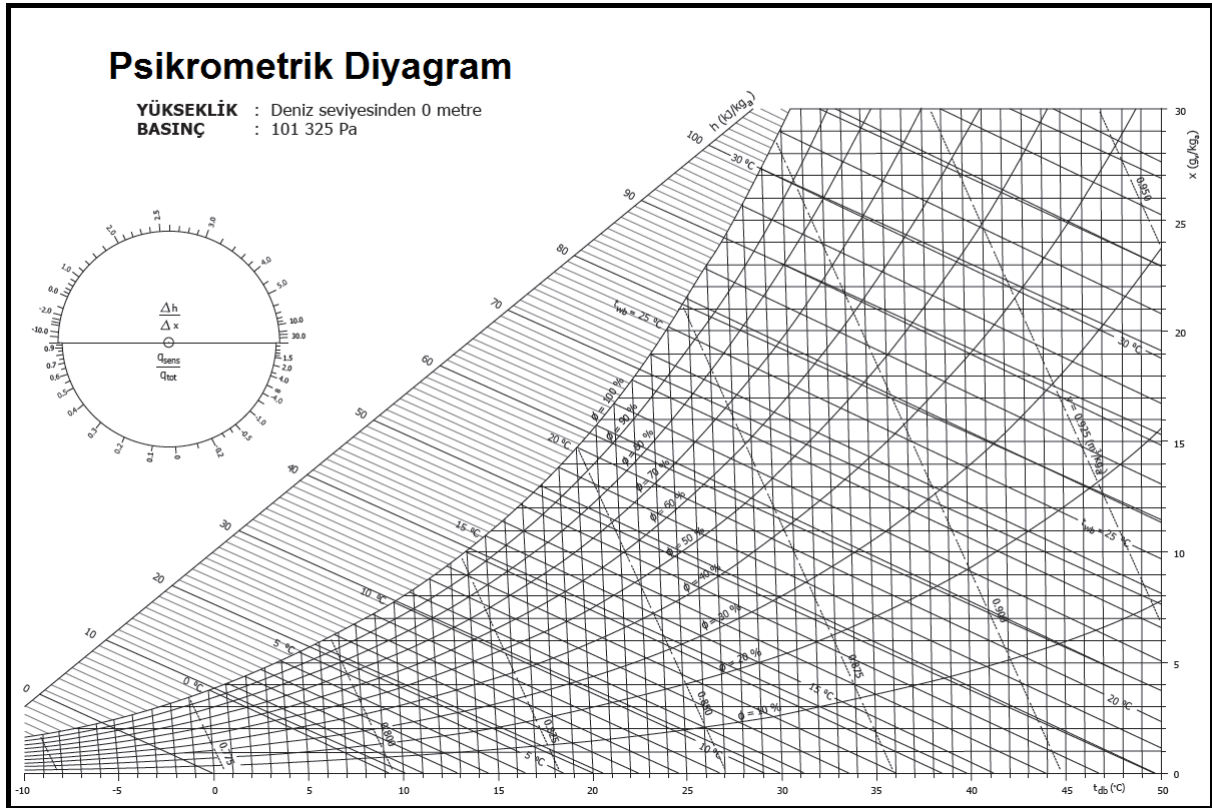




1908 ila 1911 arası ordinatın adı “nem oranı” olarak değiştirilmiş, beher hacimdeki nem miktarı da ( $lb_{VW}/ft^3_{DA}$  veya metrik sistemde  $gr_{VW}/m^3_{DA}$ ) beher kuru hava ağırlığındaki nem miktarı ( $lb_{VW}/lb_{DA}$  veya metrik sistemde  $kg_{VW}/kg_{DA}$ ) olarak gösterilmeye başlanmıştı. Ancak “nem oranı” Avrupa’da yaygın olarak “nem miktarı” veya “mutlak nem” olarak ifade edilmektedir. Biz de kitabımızda bundan böyle “mutlak nem” tabirini kullanacağız. Diyagram da yapılan diğer bir değişiklik te ordinatın soldan sağa taşınmasıdır. Bu arada diyagramın adı da “higrometrik diyagram”dan “Psikrometrik Diyagram”a dönüştürülmüştür. Psikrometrik diyagramın günümüzde kullanılmakta olan hali aşağıda görülmektedir.

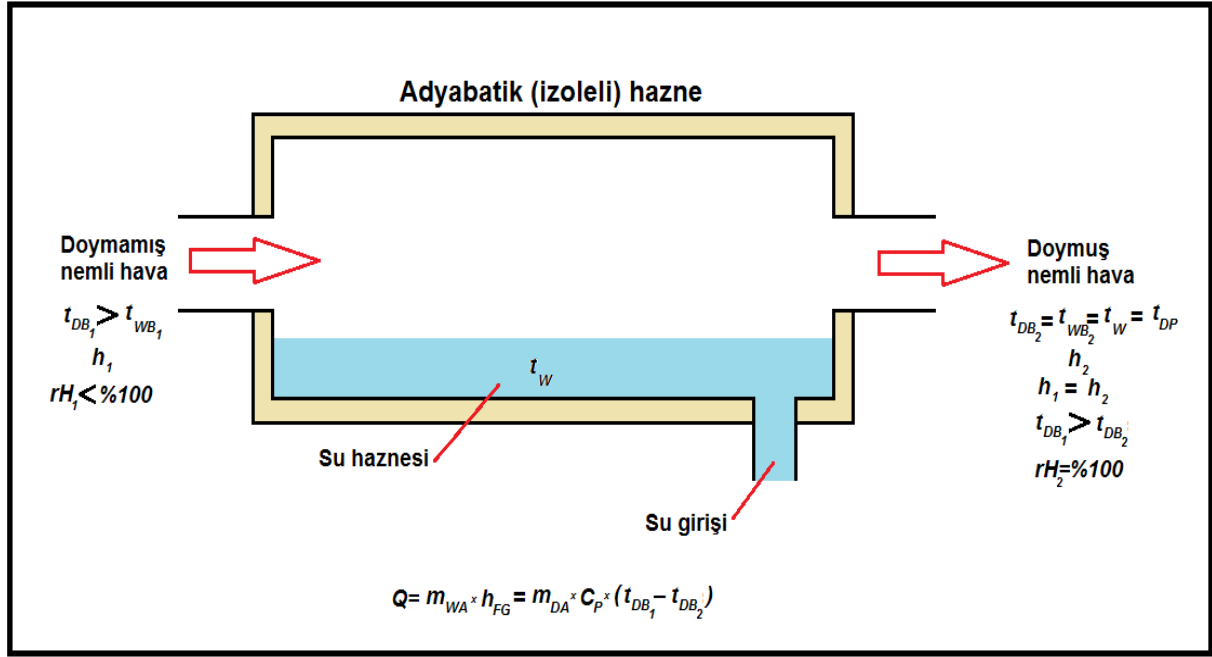
Mutlak nem biriminin su buharı ağırlığı bölü birim kuru hava ağırlığı ( $kg_{VW}/kg_{DA}$ ) olarak değiştirilmesi duyulur ısıtma ve duyulur ısıtma proses çizgilerinin yatay doğrular halinde gösterilmesini sağlamıştır. Daha önceki uygulamalarda bu proses çizgileri hafif kurveler halinde gösterilebilmekteydi. Bu değişikliğin sağladığı önemli bir husus ta gizli ısıtma (salt nemlendirme = izotermal nemlendirme) ve gizli soğutma (salt nem giderme = izotermal nem alma) proseslerinin de düşey doğrular halinde gösterilebilmesini sağlamasıdır. Bu iki önemli kazanım sayesinde bir mahallin ısı kazanç ve kayıpları belirlenirken bu yüklerin

duyulur ısı ve gizli ısı olarak birbirinden ayrı olarak hesaplanması daha doğru ve daha kolay bir duruma gelmiştir.



Carrier bu arada adyabatik doyma hacmi (adiabatic saturation chamber) konseptini de geliştirmiştir.

Hazne ideal izoleli olup dışarıyla ısı alışverişinde bulunmamaktadır (adyabatiktir). Haznenin alt kısmı su ile dolu olup eksilen suya eşit miktar su girişinden tamamlanmaktadır. Doymamış nemli hava hazneye sol taraftan girmekte ve çok yavaş bir hızla sağ taraftan çıkmaktadır. Giriřteki hava doymamıştır. Su sathı ile temas ederek geçen hava kısmi buhar basıncı nedeniyle buharlaşmakta ve havaya karışmaktadır. Bunun neticesi olarak sağ taraftan hava doymuş olarak olarak çıkmaktadır. Sıcak havanın sıcaklığı giriş havasından dūřüktür. Ancak sistemin entalpisinde bir değişiklik yoktur (bu konu ileride detaylı bir biçimde incelenecektir). Suyun buharlaşması için gereken ısı soğuyan hava tarafından karşılanmaktadır. Bu konsept havanın yıkanması ve bu sayede gerçeleştirilen adyabatik soğutmayı da izah etmektedir.



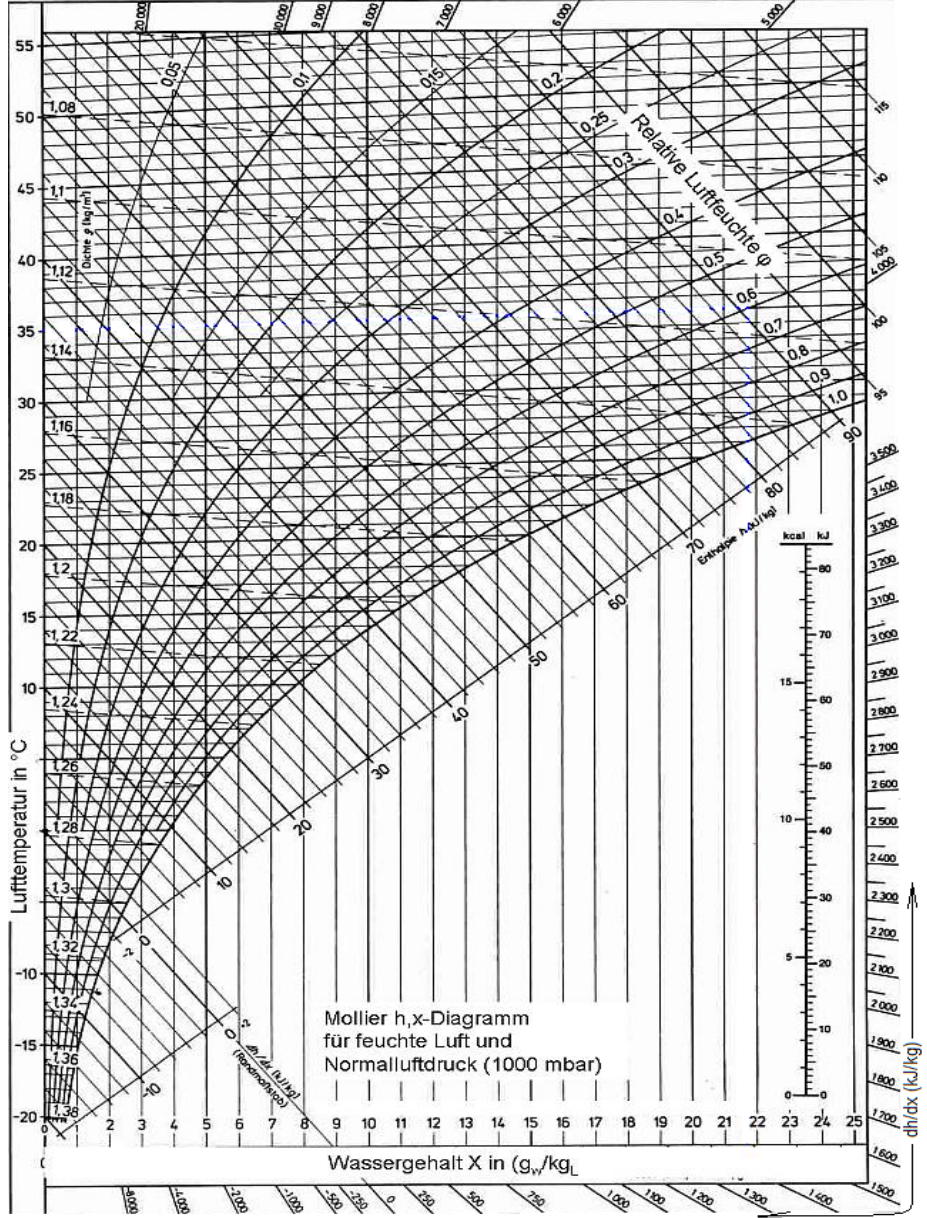
Carrier'in psikrometrik diyagramı gerçekleştirilmesini takiben birkaç değişik psikrometrik diyagram çalışmaları da başka bilim adamları tarafından yapılmıştır. Bunların bir kısmını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

1. Grosvenor diyagramı.....1908
2. Marvin'in psikrometresi.....1920
3. R.E.Horton'un diyagramı.....1921
4. Claud Bulkeley'in diyagramı.....1926
5. C.M. Ware'in diyagramı.....1931
6. Lavin ve Sutherland'in diyagramı.....1931
7. A.M. Norris'in psikrografı.....1934

Bu daha da uzatmak mümkündür. Carrier'in haricindeki çalışmaların tamamı 20 adettir. Bunların içinde en önemlisi halen birçok Avrupa ülkesinde kullanılmakta olan Mollier h-x diyagramıdır.

Bu diyagram Prof. Richard Mollier tarafından 1923 yılında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan semboller Carrier'in psikrometrik diyagramından farklıdır. Örneğin entalpi "h", mutlak nem de "x" olarak gösterilmektedir.





Ancak Mollier diyagramı Carrier'in diyagramında şekil olarak son derece benzemektedir. Sanki Carrier'in diyagramının saat ibresinin ters yönünde döndürülmüş olanının ayna aksi gibidir. Ancak bu benzetmemizden "intihal" gibi bir sonuç çıkarmak son derece yanlış olur. 1863-1935 yılları arasında yaşamış Prof.Dr. Richard Mollier birçok araştırmalar yapmış, çalışmalarını 8 Eylül 1923'de ZVDI'nin 67'nci sayısında yayınlamıştır. Diyagramının temeli entalpi mutlak nem oranını psikrometri dünyasına sunması ve bu oranı diyagramındaki koordinatlardan biri olarak kullanmasıdır. Bu sayede sis oluşumu da incelenebilmektedir.

Psikrometrinin gelişmesi için en çok çaba harcayan kuruluşların başında ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration & Air conditioning Engineers Inc. = Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) gelmektedir.

ASHRAE tarafından desteklenen araştırmaların başında Hyland ile Wexler'in ve Goff ile Gratch'ın yaptığı araştırma ve çalışmalar gelmektedir. Richard Hyland ve Arnold Wexler isimli iki fizikçi ve araştırmacı bilim adamı 1983 yılında iki ASHRAE araştırma projesini tamamlamışlardır. "Nemli Gazların Termodinamik zelliklerinin Formulasyonu" ve "Kuru Havanın Termodinamik zelliklerinin Formulasyonu" isimli bu çalışmalar günümüzün psikrometrisinin temelini oluşturmaktadır. Günümüzde psikrometrik tablo ve diyagramlar bu araştırmalar sayesinde geliştirilen formül ve değerler esas alınarak yapılmaktadır.



## 2. KURU VE NEMLİ HAVANIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

### 2.1. Giriş

Atmosfer azot, oksijen, küçük miktarlarda başka gazlar, su buharı ve duman, polenler, ve havayı kirleten atık gazlardan oluşmaktadır. Bu karışım bazı kitaplarda “atmosferik hava” veya “nemli hava” olarak adlandırılmaktadır. Biz kitabımızda “atmosferik hava” tabirini hiç kullanmayacağız. Çünkü bu tabir Dünya’mızın tamamını saran, troposfer ve stratosferden oluşan hava kütesine de verilen isimdir. Halbuki psikrometri yalnızca troposferin alt seviyelerindeki hava ile ilgilenmektedir. Bu nedenle yanıltıcı olabileceğini düşündüğümüz “atmosferik hava” tabiri yerine “hava” tabirini kullanacağız. Bu tabiri “nemli hava”, “kuru hava” ve “su buharı” olarak genişletebiliriz. “Nemli hava” havadan içerdiği iki elemanla ayrılmaktadır. Bunlar “kuru hava” ve “su buharı”ndan oluşmaktadır. Kuru hava ise içindeki su buharından, havayı kirleten duman, polen ve atık gazlardan arındırılmış teorik bir kavramdır.

Psikrometrinin üzerinde çalıştığı eleman havadır ve bu hava daima iki komponentin, su buharı ile kuru havanın karışımından oluşmaktadır. Bu karışım oranı sabit olmayıp, kuru termometre sıcaklığı, deniz seviyesinden yükseklik gibi şartlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

### 2.2. Kuru havanın yapısı

Birinci komponent olan kuru hava hacimsel olarak %78 Azot, %21 Oksijen, %1 Argon, küçük ve değişik oranlarda asgari sekiz ayrı gazın oluşumundan oluşmaktadır.

#### Temiz Kuru Havanın Yapısı (deniz seviyesi yakınında)

Gazın Adı	Kimyasal Formülü	Hacimsel yüzdesi (%)	Moleküler ağırlığı <sup>(1)</sup>
Azot	N <sub>2</sub>	78.084	28.0134
Oksijen	O <sub>2</sub>	20.9476	31.9988
Argon	Ar	0.934	39.934
Karbon Dioksit	CO <sub>2</sub>	0.0314	44.00995
Neon	Ne	0.001818	20.183
Helyum	He	0.000524	4.0026
Kripton	Kr	0.000114	83.80
Ksenon	Xe	0.0000087	131.30
Hidrojen	H <sub>2</sub>	0.00005	2.01594
Metan	CH <sub>4</sub>	0.00015	16.04303
Nitrus Oksit	N <sub>2</sub> O	0.00005	44.0128
Ozon <sup>(2)</sup>	O <sub>3</sub>	0 ila 0.000007	47.9982
Kükürt Dioksit	SO <sub>2</sub>	0 ila 0.0001	64.0828
Azot Dioksit	NO <sub>2</sub>	0 ila 0.000002	46.0055
Amonyak	NH <sub>3</sub>	0 civarı	17.03061
Karbon Monoksit	CO	0 civarı	28.01055
İyot	I <sub>2</sub>	0 ila 0.000001	253.8088
Radon	Rn	6 x 10 <sup>-13</sup>	

(1) : Karbon-12 izotop skalasına bağlı olarak (C12=12)

Ref: Psychrometrics-Theory and Practice, ASHRAE, 1996

(2) : Deniz seviyesinden 30 ila 40 km yükseklikte

Yukarıdaki tabloda adı geçen gazların tamamı kendi kritik sıcaklıklarının çok üstündedirler. Bu gazların normal atmosferik şartlarda -100°C ortam sıcaklığının üstünde yoğunlaşmaları, havayı oluşturan karışımdan ayrılmalrı , dolayısıyla havanın oluşumunda bir değişiklik olması söz konusu değildir. Bu nedenle kuru hava tek bir gaz gibi mütalaa edilebilir, psikrometrik proseslere ve psikrometrik tablonun oluşumuna yönelik hesaplara esas alınabilir. Çünkü yıllardır yapılan araştırmalar havanın karışımında ve dolayısıyla moleküler kütlelerinde çok küçük değişikliklerin olduğu ve bu değişikliklerin psikrometrik değerlerin oluşumunda çok az etki yarattıkları tespit edilmiştir. 1983 yılında Hyland ve Wexler 28.9645 kg/kmol değerini, 2001’de de Nelson ve Sauer 28.95849 kg/kmol’ü havanın molar kütleleri olarak hesaplamışlardır. Bizim verdiğimiz “Temiz Kuru Havanın Yapısı” tablosundaki değerler kullanıldığında ise 28.964 kg/kmol bulunmaktadır.

### Kuru Havanın Yapısı ve Moleküler Ağırlığının ( $M_{da}$ ) Hesabı

Gazın adı ve formülü	Moleküler ağırlık	Mol oranı	Havaya olan katkısı
	M	$x_i$	$M \cdot x_i$
	kg/kmol	ppmv = $x_i \cdot 10^6$	kg/kmol
Azot ( $N_2$ )	28.0134	780840	21.87398
Oksijen ( $O_2$ )	31.9988	209476	6.70298
Argon (Ar)	39.934	9340	0.37298
Karbon Dioksit ( $CO_2$ )	44.00995	314	0.01382
Neon (Ne)	20.183	18.18	0.000367
Helyum (He)	4.0026	5.24	0.000021
Kripton (Kr)	83.80	1.14	0.000096
Ksenon (Xe)	131.30	0.87	0.0000114
Hidrojen ( $H_2$ )	2.0159	0.5	0.000001
Metan ( $CH_4$ )	16.044303	1.5	0.000024
Nitrus Oksit ( $N_2O$ )	44.0128	0.5	0.000022
Kükürt Dioksit ( $SO_2$ )	64.0828	0 civarı	Kabili ihmal
Azot Dioksit ( $NO_2$ )	46.0055	0 civarı	Kabili ihmal
Amonyak ( $NH_3$ )	17.03061	0 civarı	Kabili ihmal
Karbon Monoksit (CO)	28.01055	0 civarı	Kabili ihmal
İyot	253.8088	0 civarı	Kabili ihmal
Radon (Rn)	(1)		

Toplam: 28.964

(1): Radon gazı bir radyoizotopdur.  $Rn^{220}$  (yarı ömür 54 saniye) ve  $Rn^{222}$  (yarı ömür 3.83 gün) olarak atmosferde bulunurlar. Herhangi bir moleküler ağırlık verilmemiştir.

Hesap tarzı aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$\sum M \cdot x_i = M_{N_2} \cdot x_{iN_2} + M_{O_2} \cdot x_{iO_2} + \dots + M_{I_2} \cdot x_{iI_2} \dots \dots \dots \text{(kg/kmol)}$$

Yukarıdaki tablonun oluşumunu daha iyi anlayabilmek için kullanılan tabirlerin açıklanması gerekmektedir. Bunlardan ilki moleküler ağırlık ve gaz sabitesidir.

#### 2.2.1. Mole (Mol) ve Moleküler Ağırlık:

Mol ve moleküler kütle, bir maddenin (kitlenin yapısına bağlı olarak ve hangisi daha uygunsa) gram-atom veya gram-molekül ağırlığı, 12 gram karbon izotopundaki atom

sayısı kadar temel yapıtaşı içeren bir sistemin madde miktarıdır. Temel yapıtaşları atom, molekül, iyon, elektron ve benzeri taneciklerden oluşan gruplar olabilir ve mol kullanılırken belirtilmelidir. Diğer bir anlatımla Bir mol ağırlığındaki bir maddenin kütleli ağırlığı  $6.022 \times 10^{23}$  molekül içermektedir. Bu sayı **Avogadro Sayısı** olarak bilinmektedir. Bir mol da karbon 12 gram ağırlığındaki Karbon 12 örneğinde bulunan atom sayısı olarak ta tarif edilmektedir.

Önceleri 16 olarak kabul edilen oksijen izotopunun ağırlığı esas alınıyordu. Ancak oksijenin değişik izotoplara sahip olması nedeniyle bu sistem terk edildi. 159/60 yıllarında Uluslararası Teorik ve Uygulamalı Fizik Birliği (**IUPAP**) ile Uluslararası Teorik ve Uygulamalı Kimya Birliği (**IUPAC**) karbon izotopunun kullanılması konusunda anlaşdılar. Her iki kuruluş kütle numarası 12 olan karbon elementi izotopunun (Karbon-12,  $C^{12}$ ) atom ağırlığı, yani atom kütlesi tam olarak 12 olan bu izotopun esas alınması konusunda anlaşdılar. Böylece tüm elementler için birleştirilmiş bir bağıl atomik kütlr skalası belirlenmiş oldu.

### 2.2.2. Mol Oranı:

“x” ile gösterilen mol oranı bir karışımda bulunan bir gazın mol miktarının o karışımda bulunan tüm gazların mol miktarlarının toplamına bölünmesi ile elde edilen sayıdır. Örneğin iki elemanlı bir karışımdaki birinci elemanın mol oranı aşağıdaki gibidir:

$$x_1 = n_1 / (n_1 + n_2)$$

Burada “ $n_1$ ” ve “ $n_2$ ” karışımı oluşturan elemanların her birinin mol miktarlarıdır. Bir gaz karışımını oluşturan eleman sayısı kaç olursa olsun mol oranlarının toplamı daima 1’e eşittir.

$$x_1 + x_2 + \dots \dots \dots x_n = 1$$

### 2.2.3. Üniversal Gaz Sabiti:

Universal gaz sabiti ideal bir gazın basıncıyla hacminin basıncıyla çarpımının mutlak sıcaklığa bölünmesiyle elde edilen değerdir. Diğer bir deyişle, basınç ile hacmin çarpımının mutlak sıcaklığa olan oranıdır.

$$P.V = R . T$$

“R” ile gösterilen bu sabite bütün gazlar için geçerli olup değeri:

$$8.31441 \text{ kJ}/(\text{kg.mol.}^\circ\text{K}) \text{ 'dir.}$$

### 2.2.4. Kuru Hava ve Su Buharının Gaz Sabitleri:

Herhangi bir gazın gaz sabiti, üniversal gaz sabitinin o gazın moleküler ağırlığına bölünmesi ile elde edilir.

$$R_g = \frac{R}{M_i}$$

Bu duruma göre azot, oksijen ve kuru havanın gaz sabitleri şu şekilde bulunur:

$$\text{Azot için..... } R_n = \frac{8314.41}{28.0134} = 296.80 \text{ J/kg.}^\circ\text{K}$$

$$\text{Oksijen için..... } R_o = \frac{8314.41}{31.9988} = 259.84 \text{ J/kg.}^\circ\text{K}$$

$$\text{Kuru hava için..... } R_{da} = \frac{8314.41}{28.964} = 287.06 \text{ J/kg.}^\circ\text{K}$$

### 2.2.5. İdeal Gaz Karışımları :

İdeal gaz karışımları ile ilgili iki temel kanunu hatırlamakta büyük yarar vardır. Bu kanunlar:

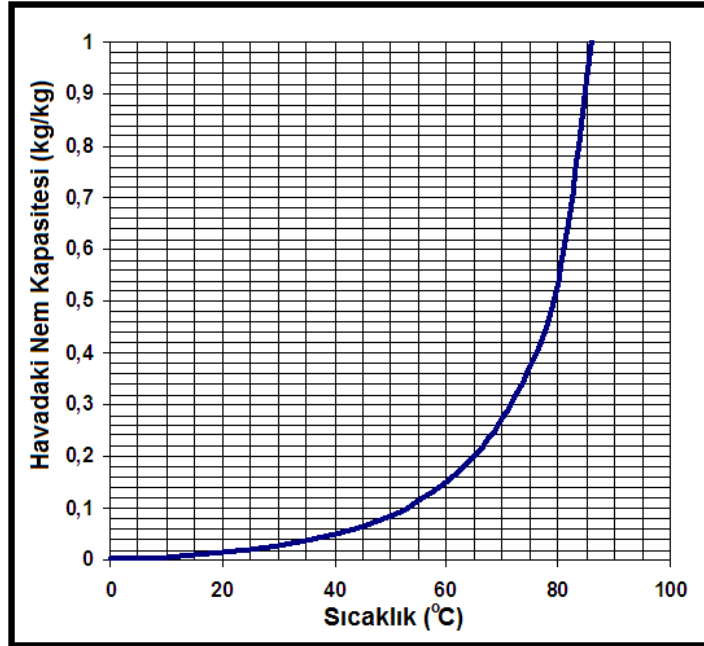
- Dalton'un toplanan basınçlar kanunu ve
- Amagat'ın toplanan hacimler kanunu'dur.

Dalton Kanunu'na göre bir gaz karışımının basıncı, karışan gazların karışım sıcaklığında olmaları ve ayrı ayrı toplam hacmi kaplamaları durumunda sahip olacakları basıncın toplamıdır. Amagat Kanunu'na göre de bir gaz karışımının hacmi, karışan gazların karışım sıcaklığı ve basıncında olmaları durumunda yarı yarı kaplayacakları hacimlerin toplamıdır.

### 2.3. Su buharı

Psikrometriyi tam olarak anlayabilmek için için  $H_2O$  olarak ifade edilen suyun katı, sıvı ve gaz halindeki özelliklerini bütünüyle bilmek gerekir. Birçok madde de olduğu gibi su da üç fazda bulunmaktadır: katı (buz), sıvı (su) ve gaz (buhar veya su buharı). Suyun en büyük özelliği bu her üç fazın da günlük yaşamımızda görülebilmesi ve izlenebilmesidir. Örneğin Yazın bir bardak suya birkaç küp buz koyduğunuzda iki fazı bir arada izlersiniz. Bir müddet sonra bardağın dış sathında su zerrecikleri belirmeye başlar. Bu da yoğuşmakta olan su buharıdır. Bunun nedeni de bardağın dış sathının yoğuşma sıcaklığının altındaki bir sıcaklığa kadar soğumuş olmasıdır. Daha ilerideki bahislerde detaylı olarak ele alacağımız bu konu ile ilgili olarak kısaca şunu söyleyebiliriz: Normal atmosferik şartlarda (STP, Deniz seviyesi, 101.325 Pa basınç) hava içinde bulunabilen maksimum su buharı kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak değişiklikler gösterir. Sıcaklık düştükçe hava içinde bulunabilecek su buharı miktarı azalmaktadır. Bunu da

yukarıda bardak örneğinde gördüğümüz gibi satıh yoğuşması ile kendini belli etmektedir. Atmosferik olaylarda ise bu durum kendini yağmur ve kar yağışı olarak belli eder. Aşağıdaki diyagramda, beher kilogram kuru hava içinde bulunabilecek maksimum su buharı miktarı kilogram olarak gösterilmektedir.



Suyun faz değışiklikleri termodinamik açıdan büyük önem taşır. Katı halden sıvı hale, buzdan suya dönüşmesine “erime” deriz. 0°C sıcaklıktaki buzun aynı sıcaklıktaki suya dönüşmesi için gerekli ısı ilavesi 333.47 kJ/kg’dır. Bu işlemin tersi de mümkündür, buna da donma deriz.

Keza aynı şekilde suyun sıvı halinin gaz haline, suyun buhar haline dönüşmesi için de ısı ilavesi gerekmektedir. Bu miktar da 15°C muhit sıcaklığında 2465.38 kJ/kg, 100°C’ta ise 2256.47 kJ/kg’dır. Bir kilogram suyun buharlaşması için gerekli ısı miktarı 0°C’ta 2500.93 kJ/kg ile 100°C’ta 2256.47 kJ/kg arasında değışir. Su için logP-H diyagramındaki çan eğrisinin içi buharlaşma prosesini göstermektedir. Burada değışik sıcaklıklarda ve basınçlarda suyun buharlaşması için gereken ısı miktarını hesaplamak mümkündür.

Buzun hiç sıvı hale dönüşmeden gaz haline geçmesi de mümkündür. Bu işleme depozisyon tersine de sublimasyon denir. Bu işlem için gerekli olan ısı miktarı da doğal olarak 0°C’teki erime ısısı ile aynı sıcaklıktaki buharlaşma ısısının toplamına eşittir.

$$H_{sub} = h_{fg1} + h_{fg2} = 333.47 + 2500.93 = 2834.4 \text{ kJ/kg}$$

Burada:

$$h = \text{Entalpi (kJ/kg)}$$

$$h_{fg1} = \text{Suyun erime entalpisi (kJ/kg)}$$

$$h_{fg2} = \text{Suyun buharlaşma entalpisi (kJ/kg) 'dır.}$$

Bu değerler aşağıdaki “Doymuş Haldeki Suyun Termodinamik Özellikleri”nde görülmektedir.



Tablo-2  
Doymuş Haldeki Suyun Termodinamik Özellikleri-1

Sıcaklık °C <i>t</i>	Mutlak Basıncı <i>p<sub>sat</sub></i> , kPa	Özgül Hacim , m <sup>3</sup> /kg <sub>w</sub>			Özgül Entalpi , kJ/kg <sub>w</sub>			Özgül Entropi , kJ/(kg <sub>w</sub> ·K)		
		Doymuş Buz <i>v<sub>i</sub>/v<sub>f</sub></i>	Buharlaşma <i>v<sub>ig</sub>/v<sub>fg</sub></i>	Doymuş Buhar <i>v<sub>g</sub></i>	Doymuş Buz <i>h<sub>i</sub>/h<sub>f</sub></i>	Buharlaşma <i>h<sub>ig</sub>/h<sub>fg</sub></i>	Doymuş Buhar <i>h<sub>g</sub></i>	Doymuş Buz <i>s<sub>i</sub>/s<sub>f</sub></i>	Buharlaşma <i>s<sub>ig</sub>/s<sub>fg</sub></i>	Doymuş Buhar <i>s<sub>g</sub></i>
-60	0.00108	0.001081	90971.58	90971.58	-446.12	2836.27	2390.14	-1.6842	13.3064	11.6222
-59	0.00124	0.001082	79885.31	79885.31	-444.46	2836.45	2391.99	-1.6764	13.2452	11.5687
-58	0.00141	0.001082	70235.77	70235.78	-442.79	2836.63	2393.85	-1.6687	13.1845	11.5158
-57	0.00161	0.001082	61826.23	61826.24	-441.11	2836.81	2395.70	-1.6609	13.1243	11.4634
-56	0.00184	0.001082	54488.28	54488.28	-439.42	2836.97	2397.55	-1.6531	13.0646	11.4115
-55	0.00209	0.001082	48077.54	48077.54	-437.73	2837.13	2399.40	-1.6453	13.0054	11.3601
-54	0.00238	0.001082	42470.11	42470.11	-436.03	2837.28	2401.25	-1.6375	12.9468	11.3092
-53	0.00271	0.001082	37559.49	37559.50	-434.32	2837.42	2403.10	-1.6298	12.8886	11.2589
-52	0.00307	0.001083	33254.07	33254.07	-432.61	2837.56	2404.95	-1.6220	12.8310	11.2090
-51	0.00348	0.001083	29474.87	29474.87	-430.88	2837.69	2406.81	-1.6142	12.7738	11.1596
-50	0.00394	0.001083	26153.80	26153.80	-429.16	2837.81	2408.66	-1.6065	12.7171	11.1106
-49	0.00445	0.001083	23232.03	23232.04	-427.42	2837.93	2410.51	-1.5987	12.6609	11.0622
-48	0.00503	0.001083	20658.70	20658.70	-425.68	2838.04	2412.36	-1.5909	12.6051	11.0142
-47	0.00568	0.001083	18389.75	18389.75	-423.93	2838.14	2414.21	-1.5832	12.5498	10.9666
-46	0.00640	0.001083	16387.03	16387.03	-422.17	2838.23	2416.06	-1.5754	12.4950	10.9196
-45	0.00720	0.001084	14617.39	14617.39	-420.40	2838.32	2417.91	-1.5677	12.4406	10.8729
-44	0.00810	0.001084	13052.07	13052.07	-418.63	2838.39	2419.76	-1.5599	12.3867	10.8267
-43	0.00910	0.001084	11666.02	11666.02	-416.85	2838.47	2421.62	-1.5522	12.3331	10.7810
-42	0.01022	0.001084	10437.46	10437.46	-415.06	2838.53	2423.47	-1.5444	12.2801	10.7356
-41	0.01146	0.001084	9347.38	9347.38	-413.27	2838.59	2425.32	-1.5367	12.2274	10.6907
-40	0.01284	0.001084	8379.20	8379.20	-411.47	2838.64	2427.17	-1.5289	12.1752	10.6462
-39	0.01437	0.001085	7518.44	7518.44	-409.66	2838.68	2429.02	-1.5212	12.1234	10.6022
-38	0.01607	0.001085	6752.43	6752.43	-407.85	2838.72	2430.87	-1.5135	12.0720	10.5585
-37	0.01795	0.001085	6070.08	6070.08	-406.02	2838.74	2432.72	-1.5057	12.0210	10.5152
-36	0.02004	0.001085	5461.68	5461.68	-404.19	2838.76	2434.57	-1.4980	11.9704	10.4724
-35	0.02234	0.001085	4918.69	4918.69	-402.36	2838.78	2436.42	-1.4903	11.9202	10.4299
-34	0.02489	0.001085	4433.64	4433.64	-400.51	2838.78	2438.27	-1.4825	11.8703	10.3878
-33	0.02771	0.001085	3999.95	3999.95	-398.66	2838.78	2440.12	-1.4748	11.8209	10.3461
-32	0.03081	0.001086	3611.82	3611.82	-396.80	2838.77	2441.97	-1.4671	11.7718	10.3047
-31	0.03423	0.001086	3264.15	3264.16	-394.94	2838.75	2443.82	-1.4594	11.7231	10.2638
-30	0.03801	0.001086	2952.46	2952.46	-393.06	2838.73	2445.67	-1.4516	11.6748	10.2232
-29	0.04215	0.001086	2672.77	2672.77	-391.18	2838.70	2447.51	-1.4439	11.6269	10.1830
-28	0.04672	0.001086	2421.58	2421.58	-389.29	2838.66	2449.36	-1.4362	11.5793	10.1431
-27	0.05173	0.001086	2195.80	2195.80	-387.40	2838.61	2451.21	-1.4285	11.5321	10.1036
-26	0.05724	0.001087	1992.68	1992.68	-385.50	2838.56	2453.06	-1.4208	11.4852	10.0644
-25	0.06327	0.001087	1809.79	1809.79	-383.59	2838.49	2454.91	-1.4131	11.4386	10.0256
-24	0.06989	0.001087	1644.99	1644.99	-381.67	2838.42	2456.75	-1.4054	11.3925	9.9871
-23	0.07714	0.001087	1496.36	1496.36	-379.75	2838.35	2458.60	-1.3977	11.3466	9.9489
-22	0.08508	0.001087	1362.21	1362.21	-377.81	2838.26	2460.45	-1.3899	11.3011	9.9111
-21	0.09376	0.001087	1241.03	1241.03	-375.88	2838.17	2462.29	-1.3822	11.2559	9.8736
-20	0.10324	0.001087	1131.49	1131.49	-373.93	2838.07	2464.14	-1.3745	11.2110	9.8365
-19	0.11360	0.001088	1032.38	1032.38	-371.98	2837.96	2465.98	-1.3668	11.1665	9.7996
-18	0.12490	0.001088	942.64	942.65	-370.01	2837.84	2467.83	-1.3591	11.1223	9.7631
-17	0.13722	0.001088	861.34	861.34	-368.05	2837.72	2469.67	-1.3514	11.0784	9.7269
-16	0.15065	0.001088	787.61	787.61	-366.07	2837.59	2471.51	-1.3437	11.0348	9.6910
-15	0.16527	0.001088	720.70	720.70	-364.09	2837.45	2473.36	-1.3360	10.9915	9.6554
-14	0.18119	0.001088	659.94	659.94	-362.10	2837.30	2475.20	-1.3284	10.9485	9.6201
-13	0.19849	0.001089	604.72	604.73	-360.10	2837.14	2477.04	-1.3207	10.9058	9.5851
-12	0.21729	0.001089	554.51	554.51	-358.10	2836.98	2478.88	-1.3130	10.8634	9.5504
-11	0.23771	0.001089	508.81	508.81	-356.08	2836.80	2480.72	-1.3053	10.8213	9.5160
-10	0.25987	0.001089	467.19	467.19	-354.06	2836.62	2482.56	-1.2976	10.7795	9.4819
-9	0.28391	0.001089	429.25	429.26	-352.04	2836.44	2484.40	-1.2899	10.7380	9.4481
-8	0.30995	0.001089	394.66	394.66	-350.00	2836.24	2486.23	-1.2822	10.6967	9.4145
-7	0.33817	0.001090	363.09	363.09	-347.96	2836.03	2488.07	-1.2745	10.6558	9.3812
-6	0.36871	0.001090	334.26	334.26	-345.91	2835.82	2489.91	-1.2668	10.6151	9.3482
-5	0.40174	0.001090	307.92	307.92	-343.86	2835.60	2491.74	-1.2592	10.5747	9.3155
-4	0.43745	0.001090	283.82	283.83	-341.79	2835.37	2493.57	-1.2515	10.5345	9.2830
-3	0.47604	0.001090	261.78	261.78	-339.72	2835.13	2495.41	-1.2438	10.4946	9.2508
-2	0.51770	0.001091	241.60	241.60	-337.64	2834.88	2497.24	-1.2361	10.4550	9.2189
-1	0.56266	0.001091	223.10	223.11	-335.56	2834.63	2499.07	-1.2284	10.4157	9.1872
0	0.61115	0.001091	206.15	206.15	-333.47	2834.36	2500.90	-1.2208	10.3766	9.1558
Doymuş katı halden doymuş sıvı hale geçiş										
0	0.6112	0.001000	206.139	206.140	-0.04	2500.93	2500.89	-0.0002	9.1559	9.1558
1	0.6571	0.001000	192.444	192.445	4.18	2498.55	2502.73	0.0153	9.1138	9.1291
2	0.7060	0.001000	179.763	179.764	8.39	2496.17	2504.57	0.0306	9.0721	9.1027

Ref: ASHRAE Fundamentals-2013

**Tablo-2**  
**Doymuş Haldeki Suyun Termodinamik Özellikleri-2**

Sıcaklık °C <i>t</i>	Mutlak Basınç <i>P<sub>wsp</sub></i> kPa	Özgül Hacim , m <sup>3</sup> /kg <sub>w</sub>			Özgül Entalpi , kJ/kg <sub>w</sub>			Özgül Entropi , kJ/(kg <sub>w</sub> ·K)		
		Doymuş Buz	Buharlaştırma	Doymuş Buhar	Doymuş Buz	Buharlaştırma	Doymuş Buhar	Doymuş Buz	Buharlaştırma	Doymuş Buhar
		<i>v<sub>i</sub>/v<sub>f</sub></i>	<i>v<sub>ig</sub>/v<sub>fg</sub></i>	<i>v<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>i</sub>/h<sub>f</sub></i>	<i>h<sub>ig</sub>/h<sub>fg</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>s<sub>i</sub>/s<sub>f</sub></i>	<i>s<sub>ig</sub>/s<sub>fg</sub></i>	<i>s<sub>g</sub></i>
3	0.7581	0.001000	168.013	168.014	12.60	2493.80	2506.40	0.0459	9.0306	9.0765
4	0.8135	0.001000	157.120	157.121	16.81	2491.42	2508.24	0.0611	8.9895	9.0506
5	0.8726	0.001000	147.016	147.017	21.02	2489.05	2510.07	0.0763	8.9486	9.0249
6	0.9354	0.001000	137.637	137.638	25.22	2486.68	2511.91	0.0913	8.9081	8.9994
7	1.0021	0.001000	128.927	128.928	29.43	2484.31	2513.74	0.1064	8.8678	8.9742
8	1.0730	0.001000	120.833	120.834	33.63	2481.94	2515.57	0.1213	8.8278	8.9492
9	1.1483	0.001000	113.308	113.309	37.82	2479.58	2517.40	0.1362	8.7882	8.9244
10	1.2282	0.001000	106.308	106.309	42.02	2477.21	2519.23	0.1511	8.7488	8.8998
11	1.3129	0.001000	99.792	99.793	46.22	2474.84	2521.06	0.1659	8.7096	8.8755
12	1.4028	0.001001	93.723	93.724	50.41	2472.48	2522.89	0.1806	8.6708	8.8514
13	1.4981	0.001001	88.069	88.070	54.60	2470.11	2524.71	0.1953	8.6322	8.8275
14	1.5989	0.001001	82.797	82.798	58.79	2467.75	2526.54	0.2099	8.5939	8.8038
15	1.7057	0.001001	77.880	77.881	62.98	2465.38	2528.36	0.2245	8.5559	8.7804
16	1.8188	0.001001	73.290	73.291	67.17	2463.01	2530.19	0.2390	8.5181	8.7571
17	1.9383	0.001001	69.005	69.006	71.36	2460.65	2532.01	0.2534	8.4806	8.7341
18	2.0647	0.001001	65.002	65.003	75.55	2458.28	2533.83	0.2678	8.4434	8.7112
19	2.1982	0.001002	61.260	61.261	79.73	2455.92	2535.65	0.2822	8.4064	8.6886
20	2.3392	0.001002	57.760	57.761	83.92	2453.55	2537.47	0.2965	8.3696	8.6661
21	2.4881	0.001002	54.486	54.487	88.10	2451.18	2539.29	0.3108	8.3331	8.6439
22	2.6452	0.001002	51.421	51.422	92.29	2448.81	2541.10	0.3250	8.2969	8.6218
23	2.8109	0.001003	48.551	48.552	96.47	2446.45	2542.92	0.3391	8.2609	8.6000
24	2.9856	0.001003	45.862	45.863	100.66	2444.08	2544.73	0.3532	8.2251	8.5783
25	3.1697	0.001003	43.340	43.341	104.84	2441.71	2546.54	0.3673	8.1895	8.5568
26	3.3637	0.001003	40.976	40.977	109.02	2439.33	2548.35	0.3813	8.1542	8.5355
27	3.5679	0.001004	38.757	38.758	113.20	2436.96	2550.16	0.3952	8.1192	8.5144
28	3.7828	0.001004	36.674	36.675	117.38	2434.59	2551.97	0.4091	8.0843	8.4934
29	4.0089	0.001004	34.718	34.719	121.56	2432.21	2553.78	0.4230	8.0497	8.4727
30	4.2467	0.001004	32.881	32.882	125.75	2429.84	2555.58	0.4368	8.0153	8.4521
31	4.4966	0.001005	31.153	31.154	129.93	2427.46	2557.39	0.4506	7.9812	8.4317
32	4.7592	0.001005	29.528	29.529	134.11	2425.08	2559.19	0.4643	7.9472	8.4115
33	5.0351	0.001005	28.000	28.001	138.29	2422.70	2560.99	0.4780	7.9135	8.3914
34	5.3247	0.001006	26.561	26.562	142.47	2420.32	2562.79	0.4916	7.8800	8.3715
35	5.6286	0.001006	25.207	25.208	146.64	2417.94	2564.58	0.5052	7.8467	8.3518
36	5.9475	0.001006	23.931	23.932	150.82	2415.56	2566.38	0.5187	7.8136	8.3323
37	6.2818	0.001007	22.728	22.729	155.00	2413.17	2568.17	0.5322	7.7807	8.3129
38	6.6324	0.001007	21.594	21.595	159.18	2410.78	2569.96	0.5457	7.7480	8.2936
39	6.9997	0.001007	20.525	20.526	163.36	2408.39	2571.75	0.5591	7.7155	8.2746
40	7.3844	0.001008	19.516	19.517	167.54	2406.00	2573.54	0.5724	7.6832	8.2557
41	7.7873	0.001008	18.564	18.565	171.72	2403.61	2575.33	0.5858	7.6512	8.2369
42	8.2090	0.001009	17.664	17.665	175.90	2401.21	2577.11	0.5990	7.6193	8.2183
43	8.6503	0.001009	16.815	16.816	180.08	2398.82	2578.89	0.6123	7.5876	8.1999
44	9.1118	0.001009	16.012	16.013	184.26	2396.42	2580.67	0.6255	7.5561	8.1816
45	9.5944	0.001010	15.252	15.253	188.44	2394.02	2582.45	0.6386	7.5248	8.1634
46	10.0988	0.001010	14.534	14.535	192.62	2391.61	2584.23	0.6517	7.4937	8.1454
47	10.6259	0.001011	13.855	13.856	196.80	2389.21	2586.00	0.6648	7.4628	8.1276
48	11.1764	0.001011	13.212	13.213	200.98	2386.80	2587.77	0.6778	7.4320	8.1099
49	11.7512	0.001012	12.603	12.604	205.16	2384.39	2589.54	0.6908	7.4015	8.0923
50	12.3513	0.001012	12.027	12.028	209.34	2381.97	2591.31	0.7038	7.3711	8.0749
51	12.9774	0.001013	11.481	11.482	213.52	2379.56	2593.08	0.7167	7.3409	8.0576
52	13.6305	0.001013	10.963	10.964	217.70	2377.14	2594.84	0.7296	7.3109	8.0405
53	14.3116	0.001014	10.472	10.473	221.88	2374.72	2596.60	0.7424	7.2811	8.0235
54	15.0215	0.001014	10.006	10.007	226.06	2372.30	2598.35	0.7552	7.2514	8.0066
55	15.7614	0.001015	9.5639	9.5649	230.24	2369.87	2600.11	0.7680	7.2219	7.9899
56	16.5322	0.001015	9.1444	9.1454	234.42	2367.44	2601.86	0.7807	7.1926	7.9733
57	17.3350	0.001016	8.7461	8.7471	238.61	2365.01	2603.61	0.7934	7.1634	7.9568
58	18.1708	0.001016	8.3678	8.3688	242.79	2362.57	2605.36	0.8060	7.1344	7.9405
59	19.0407	0.001017	8.0083	8.0093	246.97	2360.13	2607.10	0.8186	7.1056	7.9243
60	19.9458	0.001017	7.6666	7.6677	251.15	2357.69	2608.85	0.8312	7.0770	7.9082
61	20.8873	0.001018	7.3418	7.3428	255.34	2355.25	2610.58	0.8438	7.0485	7.8922
62	21.8664	0.001018	7.0328	7.0338	259.52	2352.80	2612.32	0.8563	7.0201	7.8764
63	22.8842	0.001019	6.7389	6.7399	263.71	2350.35	2614.05	0.8687	6.9919	7.8607
64	23.9421	0.001019	6.4591	6.4601	267.89	2347.89	2615.78	0.8811	6.9639	7.8451
65	25.0411	0.001020	6.1928	6.1938	272.08	2345.43	2617.51	0.8935	6.9361	7.8296
66	26.1827	0.001020	5.9392	5.9402	276.27	2342.97	2619.23	0.9059	6.9083	7.8142
67	27.3680	0.001021	5.6976	5.6986	280.45	2340.50	2620.96	0.9182	6.8808	7.7990
68	28.5986	0.001022	5.4674	5.4684	284.64	2338.03	2622.67	0.9305	6.8534	7.7839
69	29.8756	0.001022	5.2479	5.2490	288.83	2335.56	2624.39	0.9428	6.8261	7.7689

Tablo-2  
Doymuş Haldeki Suyun Termodinamik Özellikleri-3

Sıcaklık °C	Mutlak Basınç $t$ $P_{ws}$ , kPa	Özgül Hacim , m <sup>3</sup> /kg <sub>w</sub>			Özgül Entalpi , kJ/kg <sub>w</sub>			Özgül Entropi , kJ/(kg <sub>w</sub> ·K)		
		Doymuş Buz $v_f/v_f$	Buharlaştırma $v_{ig}/v_{fg}$	Doymuş Buhar $v_g$	Doymuş Buz $h_f/h_f$	Buharlaştırma $h_{ig}/h_{fg}$	Doymuş Buhar $h_g$	Doymuş Buz $s_f/s_f$	Buharlaştırma $s_{ig}/s_{fg}$	Doymuş Buhar $s_g$
70	31.2006	0.001023	5.0387	5.0397	293.02	2333.08	2626.10	0.9550	6.7990	7.7540
71	32.5750	0.001023	4.8392	4.8402	297.21	2330.60	2627.81	0.9672	6.7720	7.7392
72	34.0001	0.001024	4.6488	4.6498	301.40	2328.11	2629.51	0.9793	6.7452	7.7245
73	35.4775	0.001025	4.4671	4.4681	305.59	2325.62	2631.21	0.9915	6.7185	7.7100
74	37.0088	0.001025	4.2937	4.2947	309.78	2323.13	2632.91	1.0035	6.6920	7.6955
75	38.5954	0.001026	4.1281	4.1291	313.97	2320.63	2634.60	1.0156	6.6656	7.6812
76	40.2389	0.001026	3.9699	3.9709	318.17	2318.13	2636.29	1.0276	6.6393	7.6669
77	41.9409	0.001027	3.8188	3.8198	322.36	2315.62	2637.98	1.0396	6.6132	7.6528
78	43.7031	0.001028	3.6743	3.6754	326.56	2313.11	2639.66	1.0516	6.5872	7.6388
79	45.5271	0.001028	3.5363	3.5373	330.75	2310.59	2641.34	1.0635	6.5613	7.6248
80	47.4147	0.001029	3.4042	3.4053	334.95	2308.07	2643.01	1.0754	6.5356	7.6110
81	49.3676	0.001030	3.2780	3.2790	339.15	2305.54	2644.68	1.0873	6.5100	7.5973
82	51.3875	0.001030	3.1572	3.1582	343.34	2303.01	2646.35	1.0991	6.4846	7.5837
83	53.4762	0.001031	3.0415	3.0426	347.54	2300.47	2648.01	1.1109	6.4592	7.5701
84	55.6355	0.001032	2.9309	2.9319	351.74	2297.93	2649.67	1.1227	6.4340	7.5567
85	57.8675	0.001032	2.8249	2.8259	355.95	2295.38	2651.33	1.1344	6.4090	7.5434
86	60.1738	0.001033	2.7234	2.7244	360.15	2292.83	2652.98	1.1461	6.3840	7.5301
87	62.5565	0.001034	2.6262	2.6272	364.35	2290.27	2654.62	1.1578	6.3592	7.5170
88	65.0174	0.001035	2.5330	2.5341	368.56	2287.70	2656.26	1.1694	6.3345	7.5039
89	67.5587	0.001035	2.4437	2.4448	372.76	2285.14	2657.90	1.1811	6.3099	7.4909
90	70.1824	0.001036	2.3581	2.3591	376.97	2282.56	2659.53	1.1927	6.2854	7.4781
91	72.8904	0.001037	2.2760	2.2771	381.18	2279.98	2661.16	1.2042	6.2611	7.4653
92	75.6849	0.001037	2.1973	2.1983	385.38	2277.39	2662.78	1.2158	6.2368	7.4526
93	78.5681	0.001038	2.1217	2.1228	389.59	2274.80	2664.39	1.2273	6.2127	7.4400
94	81.5420	0.001039	2.0492	2.0502	393.81	2272.20	2666.01	1.2387	6.1887	7.4275
95	84.6089	0.001040	1.9796	1.9806	398.02	2269.60	2667.61	1.2502	6.1648	7.4150
96	87.7711	0.001040	1.9128	1.9138	402.23	2266.98	2669.22	1.2616	6.1411	7.4027
97	91.0308	0.001041	1.8486	1.8497	406.45	2264.37	2670.81	1.2730	6.1174	7.3904
98	94.3902	0.001042	1.7870	1.7880	410.66	2261.74	2672.40	1.2844	6.0938	7.3782
99	97.8518	0.001043	1.7277	1.7288	414.88	2259.11	2673.99	1.2957	6.0704	7.3661
100	101.4180	0.001043	1.6708	1.6719	419.10	2256.47	2675.57	1.3070	6.0471	7.3541
101	105.0910	0.001044	1.6161	1.6171	423.32	2253.83	2677.15	1.3183	6.0238	7.3421
102	108.8735	0.001045	1.5635	1.5645	427.54	2251.18	2678.72	1.3296	6.0007	7.3303
103	112.7678	0.001046	1.5129	1.5140	431.76	2248.52	2680.28	1.3408	5.9777	7.3185
104	116.7765	0.001047	1.4642	1.4653	435.99	2245.85	2681.84	1.3520	5.9548	7.3068
105	120.9021	0.001047	1.4174	1.4185	440.21	2243.18	2683.39	1.3632	5.9320	7.2951
106	125.1472	0.001048	1.3724	1.3734	444.44	2240.50	2684.94	1.3743	5.9092	7.2836
107	129.5145	0.001049	1.3290	1.3301	448.67	2237.81	2686.48	1.3854	5.8866	7.2721
108	134.0065	0.001050	1.2873	1.2883	452.90	2235.12	2688.02	1.3965	5.8641	7.2607
109	138.6261	0.001051	1.2471	1.2481	457.13	2232.41	2689.55	1.4076	5.8417	7.2493
110	143.3760	0.001052	1.2083	1.2094	461.36	2229.70	2691.07	1.4187	5.8194	7.2380
111	148.2588	0.001052	1.1710	1.1721	465.60	2226.99	2692.58	1.4297	5.7972	7.2268
112	153.2775	0.001053	1.1351	1.1362	469.83	2224.26	2694.09	1.4407	5.7750	7.2157
113	158.4348	0.001054	1.1005	1.1015	474.07	2221.53	2695.60	1.4517	5.7530	7.2047
114	163.7337	0.001055	1.0671	1.0681	478.31	2218.78	2697.09	1.4626	5.7310	7.1937
115	169.1770	0.001056	1.0349	1.0359	482.55	2216.03	2698.58	1.4735	5.7092	7.1827
116	174.7678	0.001057	1.0038	1.0049	486.80	2213.27	2700.07	1.4844	5.6874	7.1719
117	180.5090	0.001058	0.9739	0.9750	491.04	2210.51	2701.55	1.4953	5.6658	7.1611
118	186.4036	0.001059	0.9450	0.9461	495.29	2207.73	2703.02	1.5062	5.6442	7.1504
119	192.4547	0.001059	0.9171	0.9182	499.53	2204.94	2704.48	1.5170	5.6227	7.1397
120	198.6654	0.001060	0.8902	0.8913	503.78	2202.15	2705.93	1.5278	5.6013	7.1291
122	211.5782	0.001062	0.8392	0.8403	512.29	2196.53	2708.82	1.5494	5.5587	7.1081
124	225.1676	0.001064	0.7916	0.7927	520.80	2190.88	2711.69	1.5708	5.5165	7.0873
126	239.4597	0.001066	0.7472	0.7483	529.32	2185.19	2714.52	1.5922	5.4746	7.0668
128	254.4813	0.001068	0.7058	0.7068	537.85	2179.47	2717.32	1.6134	5.4330	7.0465
130	270.2596	0.001070	0.6670	0.6681	546.39	2173.70	2720.09	1.6346	5.3918	7.0264
132	286.8226	0.001072	0.6308	0.6318	554.93	2167.89	2722.83	1.6557	5.3508	7.0066
134	304.1989	0.001074	0.5969	0.5979	563.49	2162.04	2725.53	1.6767	5.3102	6.9869
136	322.4175	0.001076	0.5651	0.5662	572.05	2156.15	2728.20	1.6977	5.2698	6.9675
138	341.5081	0.001078	0.5353	0.5364	580.62	2150.22	2730.84	1.7185	5.2298	6.9483
140	361.5010	0.001080	0.5074	0.5085	589.20	2144.24	2733.44	1.7393	5.1900	6.9293
142	382.4271	0.001082	0.4813	0.4823	597.79	2138.22	2736.01	1.7600	5.1505	6.9105
144	404.3178	0.001084	0.4567	0.4577	606.39	2132.15	2738.54	1.7806	5.1112	6.8918
146	427.2053	0.001086	0.4336	0.4346	615.00	2126.04	2741.04	1.8011	5.0723	6.8734
148	451.1220	0.001088	0.4118	0.4129	623.62	2119.88	2743.50	1.8216	5.0335	6.8551
150	476.1014	0.001091	0.3914	0.3925	632.25	2113.67	2745.92	1.8420	4.9951	6.8370
152	502.1771	0.001093	0.3722	0.3733	640.89	2107.41	2748.30	1.8623	4.9569	6.8191
154	529.3834	0.001095	0.3541	0.3552	649.55	2101.10	2750.64	1.8825	4.9189	6.8014
156	557.7555	0.001097	0.3370	0.3381	658.21	2094.74	2752.95	1.9027	4.8811	6.7838
158	587.3287	0.001100	0.3209	0.3220	666.89	2088.32	2755.21	1.9228	4.8436	6.7664
160	618.1392	0.001102	0.3057	0.3068	675.57	2081.86	2757.43	1.9428	4.8063	6.7491

Ref: ASHRAE Fundamentals-2013

### 2.3.1. Su buharının molar kütle ağırlığı ve gaz sabiti

Su buharı iki hidrojen ve bir oksijen atomundan oluşmaktadır. Bu gazların her birinin Karbon-12 skalasına göre moleküler ağırlıkları aşağıdaki gibidir.

$$M_{H_2} = 2.0159 \text{ kg/kmol}$$

$$M_{O_2} = 31.9988 \text{ kg/kmol}$$

$$M_{H_2O \text{ (buhar)}} = (1 \times 2.0159) + (0.5 \times 31.9988)$$

$$M_{H_2O \text{ (buhar)}} = 18.01534 \text{ kg/kMol}$$

$$R_{wv} = \frac{R}{M_{wv}}$$

$$R_{wv} = \frac{8314.41}{18.01534}$$

$$R_{wv} = 461.52 \text{ J/kg.K} \quad \text{bulunur}$$

### 2.4. Kuru hava ile su buharının karışımı

Nemli hava, veya bu kitapta kullandığımız tabiriyle hava su buharı ile kuru havanın ikili karışımından oluşur. Kuru havanın homojene yakın karışımına karşılık su buharı ve kuru havanın karışımından oluşan hava homojen değildir. Sıcaklık ve irtifaya göre farklılıklar gösterir. Örneğin  $-40^\circ\text{C}$ 'tan daha düşük sıcaklıklarda hava içindeki su buharı oranı sıfıra yakındır. Sıcaklık ve basınca bağlı olarak çok yüksek değerlere ulaşabilir. Saturasyon veya doyma noktası gaz durumundaki su (buhar) ile yoğuşarak sıvıya dönüşmüş sıvı (su) arasındaki dengedir.

Teknik tabir olarak yaygınca kullanılan saturasyon kelimesinin kökeni Latince "satar" kelimesidir; "dolu" veya "doymuş" manasına gelmektedir. Ancak biz kitabımızda "**doyma noktası**" tabirini kullanacağız. Su buharı ile kuru hava atmosferde aynı hacmi paylaşmaktadır. İkisinin kısmi basınçlarının toplamı da atmosferik basıncı oluşturmaktadır. Doyma noktası da belirli bir basınç ve sıcaklıkta birim atmosferik hacim içinde bulunabilecek maksimum su buharı molekülü miktarını ifade etmektedir. Bu tabir de " $\text{gr}_{\text{su buharı}}/\text{kg}_{\text{kuru hava}}$ " veya " $\text{kg}_{\text{su buharı}}/\text{kg}_{\text{kuru hava}}$ " olarak gösterilir.

#### 2.4.1. Standart Atmosfer

Atmosferik havanın sıcaklık ve barometrik basıncı irtifa ile ve buna ilaveten mahallin coğrafik ve meteorolojik koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Standart atmosfer deniz seviyesinde  $15^\circ\text{C}$  ve  $101.325 \text{ kPa}$  barometrik basınç olarak ifade edilmektedir. Sıcaklığın troposferde irtifaya bağlı olarak lineer bir değişiklik göstereceği, azalacağı, stratosferde ise sabit olacağı belirlenmiştir.

Aşağıdaki tabloda deniz seviyesinden olan irtifaya bağlı olarak sıcaklık ve basınç değişiklikleri gösterilmektedir.

Standart Atmosferik Doneler (-500m ila 10.000m arası)		
İrtifa m	Sıcaklık C	Basınç Pa
-500	18,20	107,478
0	15,00	101,325
500	11,80	95,461
1000	8,50	89,875
1500	5,20	84,556
2000	2,00	79,495
2500	-1,20	74,682
3000	-4,50	70,108
4000	-11,00	61,640
5000	-17,50	54,020
6000	-24,00	47,181
7000	-30,50	41,061
8000	-37,00	35,600
9000	-43,50	30,742
10 000	-50,00	26,436

Ref: NASA (1976), ASHRAE Handbook-Fundamentals,2013

“Standart Atmosferik Doneler” tablosundaki basınç değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$p = 101.325 (1 - 2.25577 \times 10^{-5} \times Z)^{5.2559} \dots\dots\dots (\text{kPa})$$

Sıcaklık değerlerinin hesaplanmasında ise şu formül kullanılabilir:

$$t = 15 - 0.0065 \times Z \dots\dots\dots (^\circ\text{C})$$

Bu formüller 2013-ASHRAE Handbook Fundamentals’da yer almakta olup hatasız bir şekilde -5000 metre ila 11000 metre irtifa arasında kullanılabileceği belirtilmektedir.”Z” deniz seviyesinden olan yüksekliği belirtmektedir.

**2.4.2. Havanın Termodinamik Özellikleri:**

Aşağıdaki tablolarda havanın termodinamik özellikleri verilmektedir. Hermann, Kretzchmar ve Gatley tarafından 2009 yılında yayınlanan araştırmadaki formüller esas alınarak hesaplanan havanın termodinamik özellikleri aşağıdaki tablolarda verilmektedir. Bu tabloda kullanılan birimler aşağıdadır

**t** = “Celcius” skalasına göre sıcaklık. “**T**” olarak gösterilen “Kelvin” skalası ile bağlantısı aşağıdaki gibidir:

$$T = t + 273.15 \dots\dots\dots (^\circ\text{K})$$

**Tablo-1**  
**Nemli Havanın Termodinamik Özellikleri (101,325 KPa'da)**

Sıcaklık °C <i>t</i>	Nem Oranı <i>W<sub>s</sub></i> , kg <sub>w</sub> /kg <sub>da</sub>	Özgül Hacim, m <sup>3</sup> /kg <sub>da</sub>			Özgül Entalpi, kJ/kg <sub>da</sub>			Özgül Entropi, kJ/(kg <sub>da</sub> ·K)	
		<i>v<sub>da</sub></i>	<i>v<sub>as</sub></i>	<i>v<sub>s</sub></i>	<i>h<sub>da</sub></i>	<i>h<sub>as</sub></i>	<i>h<sub>s</sub></i>	<i>s<sub>da</sub></i>	<i>s<sub>s</sub></i>
-60	0.0000067	0.6027	0.0000	0.6027	-60.341	0.016	-60.325	-0.2494	-0.2494
-59	0.0000076	0.6055	0.0000	0.6055	-59.335	0.018	-59.317	-0.2447	-0.2446
-58	0.0000087	0.6084	0.0000	0.6084	-58.329	0.021	-58.308	-0.2400	-0.2399
-57	0.0000100	0.6112	0.0000	0.6112	-57.323	0.024	-57.299	-0.2354	-0.2353
-56	0.0000114	0.6141	0.0000	0.6141	-56.317	0.027	-56.289	-0.2307	-0.2306
-55	0.0000129	0.6169	0.0000	0.6169	-55.311	0.031	-55.280	-0.2261	-0.2260
-54	0.0000147	0.6198	0.0000	0.6198	-54.305	0.035	-54.269	-0.2215	-0.2213
-53	0.0000167	0.6226	0.0000	0.6226	-53.299	0.040	-53.258	-0.2169	-0.2167
-52	0.0000190	0.6255	0.0000	0.6255	-52.293	0.046	-52.247	-0.2124	-0.2121
-51	0.0000215	0.6283	0.0000	0.6283	-51.287	0.052	-51.235	-0.2078	-0.2076
-50	0.0000243	0.6312	0.0000	0.6312	-50.281	0.059	-50.222	-0.2033	-0.2030
-49	0.0000275	0.6340	0.0000	0.6340	-49.275	0.066	-49.209	-0.1988	-0.1985
-48	0.0000311	0.6369	0.0000	0.6369	-48.269	0.075	-48.194	-0.1943	-0.1940
-47	0.0000350	0.6397	0.0000	0.6397	-47.263	0.085	-47.179	-0.1899	-0.1895
-46	0.0000395	0.6425	0.0000	0.6426	-46.257	0.095	-46.162	-0.1854	-0.1850
-45	0.0000445	0.6454	0.0000	0.6454	-45.252	0.107	-45.144	-0.1810	-0.1805
-44	0.0000500	0.6482	0.0001	0.6483	-44.246	0.121	-44.125	-0.1766	-0.1761
-43	0.0000562	0.6511	0.0001	0.6511	-43.240	0.136	-43.104	-0.1722	-0.1716
-42	0.0000631	0.6539	0.0001	0.6540	-42.234	0.153	-42.081	-0.1679	-0.1672
-41	0.0000708	0.6568	0.0001	0.6568	-41.229	0.172	-41.057	-0.1635	-0.1628
-40	0.0000793	0.6596	0.0001	0.6597	-40.223	0.192	-40.031	-0.1592	-0.1583
-39	0.0000887	0.6625	0.0001	0.6626	-39.217	0.215	-39.002	-0.1549	-0.1539
-38	0.0000992	0.6653	0.0001	0.6654	-38.212	0.241	-37.970	-0.1506	-0.1495
-37	0.0001108	0.6682	0.0001	0.6683	-37.206	0.269	-36.936	-0.1464	-0.1451
-36	0.0001237	0.6710	0.0001	0.6711	-36.200	0.301	-35.899	-0.1421	-0.1408
-35	0.0001379	0.6738	0.0001	0.6740	-35.195	0.336	-34.859	-0.1379	-0.1364
-34	0.0001536	0.6767	0.0002	0.6769	-34.189	0.374	-33.815	-0.1337	-0.1320
-33	0.0001710	0.6795	0.0002	0.6797	-33.183	0.417	-32.766	-0.1295	-0.1276
-32	0.0001902	0.6824	0.0002	0.6826	-32.178	0.464	-31.714	-0.1253	-0.1232
-31	0.0002113	0.6852	0.0002	0.6855	-31.172	0.516	-30.656	-0.1211	-0.1189
-30	0.0002345	0.6881	0.0003	0.6883	-30.167	0.573	-29.593	-0.1170	-0.1145
-29	0.0002602	0.6909	0.0003	0.6912	-29.161	0.636	-28.525	-0.1129	-0.1101
-28	0.0002883	0.6938	0.0003	0.6941	-28.156	0.706	-27.450	-0.1088	-0.1057
-27	0.0003193	0.6966	0.0004	0.6970	-27.150	0.782	-26.368	-0.1047	-0.1013
-26	0.0003532	0.6994	0.0004	0.6998	-26.144	0.866	-25.278	-0.1006	-0.0969
-25	0.0003905	0.7023	0.0004	0.7027	-25.139	0.958	-24.181	-0.0965	-0.0924
-24	0.0004314	0.7051	0.0005	0.7056	-24.133	1.059	-23.074	-0.0925	-0.0880
-23	0.0004761	0.7080	0.0005	0.7085	-23.128	1.170	-21.958	-0.0884	-0.0835
-22	0.0005251	0.7108	0.0006	0.7114	-22.122	1.291	-20.831	-0.0844	-0.0790
-21	0.0005787	0.7137	0.0007	0.7143	-21.117	1.424	-19.693	-0.0804	-0.0745
-20	0.0006373	0.7165	0.0007	0.7172	-20.111	1.570	-18.542	-0.0765	-0.0699
-19	0.0007013	0.7193	0.0008	0.7201	-19.106	1.728	-17.377	-0.0725	-0.0653
-18	0.0007711	0.7222	0.0009	0.7231	-18.100	1.902	-16.198	-0.0685	-0.0607
-17	0.0008473	0.7250	0.0010	0.7260	-17.095	2.091	-15.003	-0.0646	-0.0560
-16	0.0009303	0.7279	0.0011	0.7290	-16.089	2.298	-13.791	-0.0607	-0.0513
-15	0.0010207	0.7307	0.0012	0.7319	-15.084	2.523	-12.560	-0.0568	-0.0465
-14	0.0011191	0.7336	0.0013	0.7349	-14.078	2.769	-11.310	-0.0529	-0.0416
-13	0.0012261	0.7364	0.0014	0.7378	-13.073	3.036	-10.037	-0.0490	-0.0367
-12	0.0013425	0.7392	0.0016	0.7408	-12.067	3.326	-8.745	-0.0452	-0.0317
-11	0.0014689	0.7421	0.0017	0.7438	-11.062	3.642	-7.419	-0.0413	-0.0267
-10	0.0016062	0.7449	0.0019	0.7468	-10.056	3.986	-6.070	-0.0375	-0.0215
-9	0.0017551	0.7478	0.0021	0.7499	-9.050	4.358	-4.692	-0.0337	-0.0163
-8	0.0019166	0.7506	0.0023	0.7529	-8.045	4.763	-3.282	-0.0299	-0.0110
-7	0.0020916	0.7534	0.0025	0.7560	-7.039	5.202	-1.838	-0.0261	-0.0055
-6	0.0022812	0.7563	0.0028	0.7591	-6.034	5.677	-0.356	-0.0223	0.0000
-5	0.0024863	0.7591	0.0030	0.7622	-5.028	6.193	1.164	-0.0186	0.0057
-4	0.0027083	0.7620	0.0033	0.7653	-4.023	6.750	2.728	-0.0148	0.0115
-3	0.0029482	0.7648	0.0036	0.7684	-3.017	7.354	4.337	-0.0111	0.0175
-2	0.0032076	0.7677	0.0039	0.7716	-2.011	8.007	5.995	-0.0074	0.0236
-1	0.0034877	0.7705	0.0043	0.7748	-1.006	8.712	7.707	-0.0037	0.0299
0	0.0037900	0.7733	0.0047	0.7780	0.000	9.475	9.475	0.0000	0.0364
1	0.004076	0.7762	0.0051	0.7813	1.006	10.198	11.203	0.0037	0.0427
2	0.004382	0.7790	0.0055	0.7845	2.011	10.970	12.981	0.0073	0.0492
3	0.004708	0.7819	0.0059	0.7878	3.017	11.794	14.811	0.0110	0.0559
4	0.005055	0.7847	0.0064	0.7911	4.023	12.673	16.696	0.0146	0.0627
5	0.005425	0.7875	0.0068	0.7944	5.029	13.611	18.639	0.0182	0.0697
6	0.005819	0.7904	0.0074	0.7978	6.034	14.610	20.644	0.0219	0.0769
7	0.006238	0.7932	0.0079	0.8012	7.040	15.674	22.714	0.0254	0.0843
8	0.006684	0.7961	0.0085	0.8046	8.046	16.807	24.853	0.0290	0.0919
9	0.007158	0.7989	0.0092	0.8081	9.052	18.013	27.065	0.0326	0.0997
10	0.007663	0.8017	0.0098	0.8116	10.058	19.297	29.354	0.0362	0.1078
11	0.008199	0.8046	0.0106	0.8152	11.063	20.661	31.724	0.0397	0.1162
12	0.008768	0.8074	0.0113	0.8188	12.069	22.111	34.181	0.0432	0.1248
13	0.009372	0.8103	0.0122	0.8224	13.075	23.653	36.728	0.0468	0.1337
14	0.010013	0.8131	0.0131	0.8262	14.081	25.290	39.371	0.0503	0.1430



Tablo-1 (Devamı)  
Nemli Havanın Termodinamik Özellikleri (101,325 KPa'da)

Sıcaklık °C <i>t</i>	Nem Oranı $W_s, \text{kg}_w/\text{kg}_{da}$	Özgül Hacim, $\text{m}^3/\text{kg}_{da}$			Özgül Entalpi, $\text{kJ}/\text{kg}_{da}$			Özgül Entropi, $\text{kJ}/(\text{kg}_{da} \cdot \text{K})$	
		$v_{da}$	$v_{as}$	$v_s$	$h_{da}$	$h_{as}$	$h_s$	$s_{da}$	$s_s$
15	0.010694	0.8159	0.0140	0.8299	15.087	27.028	42.115	0.0538	0.1525
16	0.011415	0.8188	0.0150	0.8338	16.093	28.873	44.966	0.0573	0.1624
17	0.012181	0.8216	0.0160	0.8377	17.099	30.830	47.929	0.0607	0.1726
18	0.012991	0.8245	0.0172	0.8416	18.105	32.906	51.011	0.0642	0.1832
19	0.013851	0.8273	0.0184	0.8457	19.111	35.107	54.219	0.0676	0.1942
20	0.014761	0.8301	0.0196	0.8498	20.117	37.441	57.558	0.0711	0.2057
21	0.015724	0.8330	0.0210	0.8540	21.124	39.914	61.037	0.0745	0.2175
22	0.016744	0.8358	0.0224	0.8583	22.130	42.533	64.663	0.0779	0.2298
23	0.017823	0.8387	0.0240	0.8626	23.136	45.308	68.444	0.0813	0.2426
24	0.018965	0.8415	0.0256	0.8671	24.142	48.245	72.388	0.0847	0.2560
25	0.020173	0.8443	0.0273	0.8716	25.148	51.355	76.503	0.0881	0.2698
26	0.021451	0.8472	0.0291	0.8763	26.155	54.646	80.801	0.0915	0.2842
27	0.022802	0.8500	0.0311	0.8811	27.161	58.128	85.289	0.0948	0.2992
28	0.024229	0.8529	0.0331	0.8860	28.167	61.812	89.979	0.0982	0.3148
29	0.025738	0.8557	0.0353	0.8910	29.174	65.708	94.882	0.1015	0.3311
30	0.027333	0.8585	0.0376	0.8961	30.180	69.829	100.009	0.1048	0.3481
31	0.029018	0.8614	0.0400	0.9014	31.187	74.185	105.372	0.1081	0.3658
32	0.030797	0.8642	0.0426	0.9069	32.193	78.791	110.985	0.1115	0.3843
33	0.032677	0.8671	0.0454	0.9124	33.200	83.660	116.860	0.1147	0.4035
34	0.034663	0.8699	0.0483	0.9182	34.207	88.806	123.013	0.1180	0.4236
35	0.036760	0.8727	0.0514	0.9241	35.213	94.245	129.458	0.1213	0.4447
36	0.038975	0.8756	0.0547	0.9302	36.220	99.993	136.213	0.1246	0.4666
37	0.041313	0.8784	0.0581	0.9365	37.227	106.068	143.294	0.1278	0.4895
38	0.043783	0.8813	0.0618	0.9430	38.233	112.487	150.720	0.1311	0.5135
39	0.046391	0.8841	0.0657	0.9498	39.240	119.270	158.510	0.1343	0.5386
40	0.049145	0.8869	0.0698	0.9567	40.247	126.438	166.685	0.1375	0.5650
41	0.052053	0.8898	0.0741	0.9639	41.254	134.014	175.268	0.1407	0.5925
42	0.055124	0.8926	0.0788	0.9714	42.261	142.021	184.282	0.1439	0.6213
43	0.058368	0.8955	0.0837	0.9791	43.268	150.483	193.751	0.1471	0.6514
44	0.061795	0.8983	0.0888	0.9871	44.275	159.429	203.704	0.1503	0.6830
45	0.065416	0.9011	0.0943	0.9955	45.282	168.887	214.169	0.1535	0.7162
46	0.069242	0.9040	0.1002	1.0041	46.289	178.889	225.178	0.1566	0.7509
47	0.073286	0.9068	0.1063	1.0131	47.297	189.466	236.763	0.1598	0.7874
48	0.077561	0.9096	0.1129	1.0225	48.304	200.656	248.960	0.1629	0.8256
49	0.082081	0.9125	0.1198	1.0323	49.311	212.497	261.808	0.1660	0.8658
50	0.086863	0.9153	0.1272	1.0425	50.319	225.030	275.349	0.1692	0.9081
51	0.091922	0.9182	0.1350	1.0531	51.326	238.300	289.627	0.1723	0.9525
52	0.097278	0.9210	0.1433	1.0643	52.334	252.357	304.690	0.1754	0.9993
53	0.102949	0.9238	0.1521	1.0759	53.341	267.251	320.592	0.1785	1.0485
54	0.108958	0.9267	0.1614	1.0881	54.349	283.041	337.389	0.1816	1.1003
55	0.115326	0.9295	0.1714	1.1009	55.356	299.788	355.144	0.1846	1.1549
56	0.122080	0.9324	0.1819	1.1143	56.364	317.560	373.924	0.1877	1.2126
57	0.129248	0.9352	0.1932	1.1284	57.372	336.431	393.803	0.1908	1.2734
58	0.136858	0.9380	0.2051	1.1432	58.380	356.482	414.862	0.1938	1.3377
59	0.144945	0.9409	0.2179	1.1587	59.388	377.800	437.188	0.1968	1.4056
60	0.153545	0.9437	0.2315	1.1752	60.396	400.484	460.880	0.1999	1.4775
61	0.162697	0.9465	0.2460	1.1925	61.404	424.641	486.044	0.2029	1.5537
62	0.172446	0.9494	0.2615	1.2108	62.412	450.388	512.799	0.2059	1.6345
63	0.182842	0.9522	0.2780	1.2302	63.420	477.856	541.276	0.2089	1.7203
64	0.193937	0.9551	0.2957	1.2508	64.428	507.192	571.620	0.2119	1.8114
65	0.205794	0.9579	0.3147	1.2726	65.436	538.557	603.993	0.2149	1.9084
66	0.218478	0.9607	0.3350	1.2957	66.445	572.131	638.576	0.2179	2.0117
67	0.232067	0.9636	0.3568	1.3204	67.453	608.118	675.572	0.2208	2.1220
68	0.246645	0.9664	0.3803	1.3467	68.462	646.746	715.208	0.2238	2.2398
69	0.262309	0.9692	0.4056	1.3748	69.470	688.271	757.741	0.2268	2.3659
70	0.279167	0.9721	0.4328	1.4049	70.479	732.985	803.464	0.2297	2.5011
71	0.297343	0.9749	0.4622	1.4372	71.488	781.220	852.707	0.2326	2.6464
72	0.316979	0.9778	0.4941	1.4719	72.496	833.353	905.850	0.2356	2.8028
73	0.338237	0.9806	0.5287	1.5093	73.505	889.821	963.326	0.2385	2.9715
74	0.361304	0.9834	0.5663	1.5497	74.514	951.124	1025.638	0.2414	3.1539
75	0.386399	0.9863	0.6072	1.5935	75.523	1017.843	1093.367	0.2443	3.3517
76	0.413774	0.9891	0.6520	1.6411	76.532	1090.659	1167.191	0.2472	3.5668
77	0.443727	0.9919	0.7010	1.6930	77.542	1170.366	1247.907	0.2501	3.8014
78	0.476610	0.9948	0.7550	1.7497	78.551	1257.907	1336.458	0.2529	4.0581
79	0.512842	0.9976	0.8145	1.8121	79.560	1354.402	1433.962	0.2558	4.3401
80	0.552926	1.0005	0.8805	1.8809	80.569	1461.196	1541.765	0.2587	4.6511
81	0.597470	1.0033	0.9539	1.9572	81.579	1579.917	1661.496	0.2615	4.9956
82	0.647218	1.0061	1.0360	2.0421	82.589	1712.556	1795.145	0.2644	5.3794
83	0.703089	1.0090	1.1283	2.1373	83.598	1861.573	1945.171	0.2672	5.8091
84	0.766233	1.0118	1.2328	2.2446	84.608	2030.041	2114.649	0.2701	6.2933
85	0.838105	1.0146	1.3519	2.3665	85.618	2221.858	2307.476	0.2729	6.8430
86	0.920580	1.0175	1.4887	2.5062	86.628	2442.035	2528.662	0.2757	7.4721
87	1.016105	1.0203	1.6473	2.6676	87.638	2697.127	2784.764	0.2785	8.1987
88	1.127952	1.0232	1.8332	2.8564	88.648	2995.880	3084.528	0.2813	9.0472
89	1.260579	1.0260	2.0539	3.0799	89.658	3350.228	3439.885	0.2841	10.0508
90	1.420235	1.0288	2.3198	3.3487	90.668	3776.888	3867.556	0.2869	11.2558

Tabloda kullanılan sembollerin açıklamaları da aşağıdadır:

$W_s$  = Doyma noktasındaki su buharı miktarının kuru havaya oranı.  
“kg<sub>w</sub>/kg<sub>da</sub>” olarak ifade edilir.

$v_{da}$  = Kuru havanın özgül hacmi “m<sup>3</sup>/kg<sub>da</sub>” olarak ifade edilir.

$v_s$  = Doyma noktasındaki havanın özgül hacmi “m<sup>3</sup>/kg<sub>da</sub>” olarak ifade edilir.

$v_{as}$  = Doyma noktasındaki kuru havanın özgül hacmi ile kuru havanın özgül hacimleri arasındaki fark, “m<sup>3</sup>/kg<sub>da</sub>” olarak ifade edilir.

$h_{da}$  = Kuru havanın özgül entalpisi. “kJ/kg<sub>da</sub>” olarak ifade edilir.

$h_s$  = Doyma noktasındaki kuru havanın özgül entalpisi. “kJ/kg<sub>da</sub>” olarak ifade edilir.

$h_{as}$  = Doyma noktasındaki kuru havanın özgül entalpisi ile kuru havanın entalpisi arasındaki fark, “kJ/kg<sub>da</sub>” olarak ifade edilir.

$s_{da}$  = Kuru havanın özgül antropisi, “kJ/(kg<sub>da</sub> · K)” olarak ifade edilir.

$s_s$  = Doyma noktasındaki kuru hava ile kuru havanın özgül antropisi arasındaki fark, “kJ/(kg<sub>da</sub> · K)” olarak ifade edilir.

### 2.4.3. Doyma Eğrisi ve Hesaplanması

Psikrometrik proses ve hesaplarda doyma eğrisi çok önemli bir yer işgal eder. Bu eğri aynı zamanda su buharı basıncını ve su buharı doyma sıcaklığını da belirler. Birçok eserde bu şartların belirlenmesi için ASHRAE Handbook-Fundamentals’a referans olunur ve oradaki tabloların kullanılması önerilir. Bu tablolar kitabımızda da verilmektedir. Ancak bu değerlerin hesap yoluyla da bulunabileceğinin bilinmesinde fayda vardır. Çünkü mühendislik bir şeyi olduğu gibi kabul etmek değil, bunun nedenlerini bilmek, empirik te olsa formüller ile bu değerlere ulaşabilmektir. Kullandığımız tabloların çoğu da bu yollarla hesaplanarak bulunmuştur. Buna örnek olarak kanal hesap abaklarını, ısıtma ve soğutma hidronik hesaplarında kullanılan boru hesap abaklarını gösterebiliriz.

Günümüzde en doğru yaklaşımları veren formül IAPWS (International Association for the Properties of Water and Steam) -IF97’de belirtilen formüllerdir. Sıvı haldeki su satışı üzerindeki doyma basıncının sıcaklığa bağlı olarak hesaplanması aşağıdaki formülle belirlenmiştir.

$$p_{ws} = 1000 \times (2 \times C / (-B + (B^2 - 4 \times A \times C)^{0.5}))^4 \dots \dots \dots (\text{kPa})$$

Bu formülde :

$$A = Q^2 + (N_1 \times Q) + N_2$$

$$B = (N_3 \times Q^2) + (N_4 \times Q) + N_5$$

$$C = (N_6 \times Q^2) + (N_7 \times Q) + N_8$$



“Q” değeri ise aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$Q = T + N_9 / (T - N_{10})$$

$$T = t_c + 273.15$$

“t<sub>c</sub>” Celcius skalasına göre doyma sıcaklığıdır. (°C)

$$N_1 = 1167.05214527670 \quad N_2 = -724213.167032060$$

$$N_3 = -17.0738469400920 \quad N_4 = 12020.8247024700$$

$$N_5 = -3232555.03223330 \quad N_6 = 14.9151086135300$$

$$N_7 = -4823.26573615910 \quad N_8 = 405113.405420570$$

$$N_9 = -0.238555575678490 \quad N_{10} = 650.175348447980$$

Bu hesap tarzı (0°C ≤ t<sub>c</sub> ≤ 373°C için geçerlidir. Aynı şekilde “ters denklem” tabir edeceğimiz işlemle de doyma basıncından hareketle doyma sıcaklığını hesaplayabiliriz.

$$t_{cdp} = (0.5 \times (N_{10} + D - ((N_{10} + D)^2 - 4(N_9 + N_{10} \times D))^{0.5})) - 273.15$$

Bu formülde :

$$D = 2G / (-F - (F^2 - 4E \times G)^{0.5})$$

$$E = \beta^2 + N_3 \times \beta + N_6$$

$$F = (N_1 \times \beta^2) + (N_4 \times \beta) + N_7$$

$$G = (N_2 \times \beta^2) + (N_5 \times \beta) + N_8$$

“β” değeri ise aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\beta = (p_{ws} / 1000)^{0.25} \dots \dots \dots (p_{ws} = \text{kPa})$$

#### 2.4.4. Mutlak Nem Miktarının (Nem Oranının) belirlenmesi

Havadaki mutlak nem miktarı (nem oranı) “W” bir kilogram kuru hava içinde bulunan nem miktarının oranı olarak belirtilmesidir. Bu oranı (kg<sub>vw</sub>/kg<sub>da</sub>) olarak ifade edilir.

$$W = \frac{m_{vw}}{m_{da}} \dots \dots \dots (kg_{vw} / kg_{da})$$

Bağıl nem ise belirli bir kuru termometre sıcaklığındaki mutlak nem miktarının aynı sıcaklıkta doyma noktasındaki mutlak nem miktarına oranıdır. Bu tabir “%” olarak ifade edilir.

$$rH = \frac{m_{vw}}{m_{vwdp}} \times 100 \dots\dots\dots ( \% )$$

Mutlak nem miktarının hesaplanmasını da aşağıdaki tarzda ve Dalton Kanunu’ndan yararlanarak yapabiliriz.

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

Bu formülü “m” değerini hesaplamak üzere tekrar düzenlersek:

$$m = (p \cdot V) / (R \cdot T)$$

bulunur. Aynı formülü su buharı ve kuru hava için düzenlediğimizde aşağıdaki denklemlere ulaşırız.

$$m_{vw} = (p_{vws} \cdot V_{vws}) / (R_{wv} \cdot T) \dots\dots \text{su buharı için}$$

$$m_{da} = (p_{da} \cdot V_{da}) / (R_{da} \cdot T) \dots\dots \text{kuru hava için}$$

$$m_{vw} / m_{da} = ((p_{vws} \cdot V_{vws}) / (R_{wv} \cdot T)) / ((p_{da} \cdot V_{da}) / (R_{da} \cdot T))$$

Dalton Kanunu’na göre su buharı ile kuru hava aynı hacmi paylaşmaktadır. Bu nedenle:

$$V_{vws} = V_{da}$$

Keza aynı şekilde her iki gazın ortam sıcaklığı da birbirlerine eşittir. Bu nedenle eşit değerler birbirini götürüleceği için denklem aşağıdaki şekle dönüşür.

$$m_{vws} / m_{da} = (p_{vws} / R_{wv}) / (p_{da} / R_{da})$$

$$R_{wv} = 461.52 \text{ kJ/kg}$$

$$R_{da} = 287.06 \text{ kJ/kg}$$

Bu değerleri yerine koyduğumuzda

$$m_{vw}/m_{da} = 0.621945 \cdot p_{vw} / p_{da} \quad \text{bulunur.}$$

$$p_{da} = P - P_{wvs} \quad \text{olduğundan aşağıdaki sonuç formül}$$

karşımıza çıkar.

$$m_{vw}/m_{da} = 0.621945 \cdot p_{wvs} / (p - p_{wvs})$$

2.4.3 No'lu bahiste doyma nokta sıcaklığındaki buhar basıncını ve o noktadan hareketle doyma noktası sıcaklığının hesaplanacağını incelemiştik. Şimdi de o sıcaklığa tekabül eden mutlak nem miktarını buhar basıncına bağlı olarak nasıl hesaplanacağını görmüş olduk.

#### 2.4.5. Havanın Özgül yoğunluk ve özgül hacminin belirlenmesi

$$P \cdot v_{da\_0C} = m \cdot R \cdot T$$

Bu denklemde :

$$P = \text{Atmosferik basınç, 101325 Pa}$$

$$v_{da\_0C} = \text{Özgül hacim. 0°C kuru hava için (m}^3/\text{kg}_{da})$$

$$m = \text{Havanın moleküler ağırlığı. 28.964 kg/kmol}$$

$$R = \text{Üniversal gaz sabiti . 8314.41 J/(kmol.K)}$$

$$T = \text{havanın sıcaklığı ( °K)}$$

Değerleri denklemde yerlerine koyup, “ $v_{da\_0C}$ ” için çözdüğümüzde:

$$v_{da\_0C} = ((8314.41) \times (273.15 + 0)) / (28.964 \times 101325)$$

$$v_{da\_0C} = 0.773851 \dots \dots \dots \text{(m}^3/\text{kg}_{da-0C})$$

Havanın özgül yoğunluğu:  $\delta_{da\_0C} = 1 / v_{da\_0C}$  olduğuna göre:

$$\delta_{da\_0C} = 1 / 0.773851 = 1.2922 \dots \text{(kg}_{da-0C}/\text{m}^3) \text{ bulunur.}$$

Bu formülü genelleştirdiğimiz zaman, derğişik sıcaklıklardaki kuru havanın özgül hacmini aşağıdaki formülle hesaplayabiliriz.

$$v_{da} = 0.0028333 (273.15 + t_{da})$$

Kuru havanın hesapla bulunan özgül ağırlığına aynı sıcaklıktaki doyma noktasındaki havanın içinde bulunan su buharının ağırlığının ilavesi ile doyma noktasındaki havanın özgül hacmi ve özgül ağırlığı bulunur.

$$\delta_a = \delta_{da} + W_{wv}$$



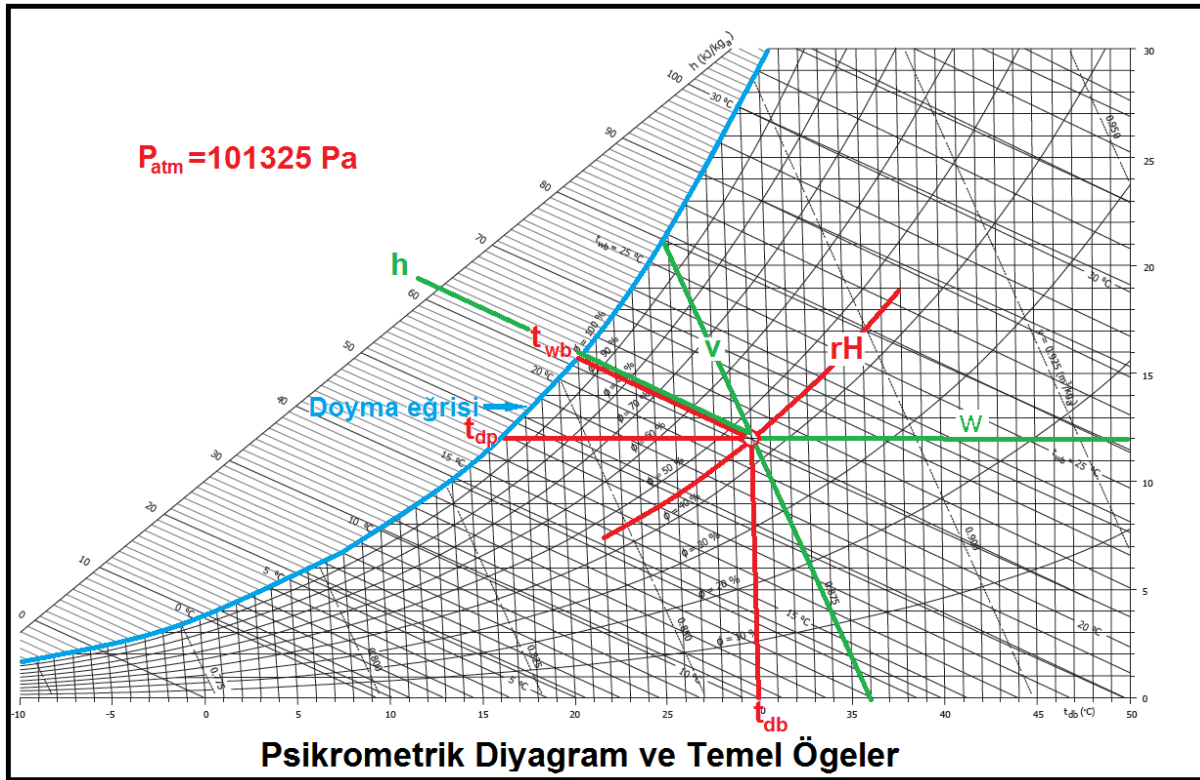
### 3. PSİKROMETRİK ÖZELLİKLER VE TERİMLER

#### 3.1. Giriş

Üç temel fiziki öge belirlendiği ve sabit olduğu sürece kuru hava ile su buharının karışımı sabittir ve değişmez. Bu ögeler şunlardır:

- Barometrik basınç (veya irtifa).....(  $P_{atm}$  )
- Kuru termometre sıcaklığı.....(  $t_{db}$  )
- Aşağıdaki üç değişkenden herhangi biri
  - Yaş termometre sıcaklığı veya.....(  $t_{wb}$  )
  - Bağıl nem veya .....(  $rH$  )
  - Çiy noktası.....(  $t_{dp}$  )

“c” şıkkındaki üç unsur birbirine bağlı olduğu için “a”, “b” deki ögelerle “c” deki ögelerden birinin belli ve sabit olması kuru hava ile su buharı karışımının durumunu da belirler ve sabitler. Bu husus aynı zamanda “c” şıkkındaki diğer iki değişkeni de belirler ve sabitler. Bu özellikler aşağıdaki psikrometrik diyagramda gösterilmiştir.



Bu diyagramda temel psikrometrik konumu belirleyen ögeler kırmızı renkte gösterilmiştir. Bu ögelerin yardımıyla diğer önemli üç doneyi de psikrometrik diyagramdan okumak mümkündür. Bu doneler şunlardır:

- Entalpi .....(  $h$  )
- Mutlak nem.....(  $w$  )
- Özgül hacim.....(  $v$  )

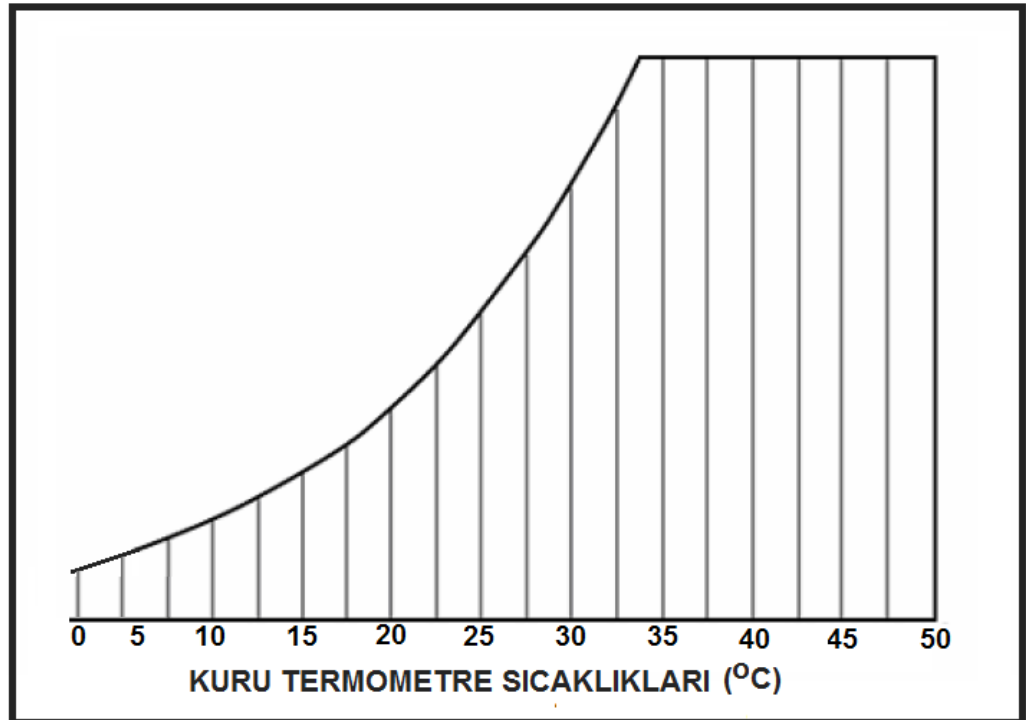
Bu sayede dokuz temel nokta belirlenmiş olmaktadır. Bu noktalardan beşine ölçülebilen değerler, diğer dördüne de hesaplanabilen değerler diyebiliriz. Bu husus aşağıdaki tabloda özet olarak gösterilmektedir.

ÖLÇÜLEBİLEN DEĞERLER			HESAPLANABİLEN DEĞERLER		
Kuru termometre sıcaklığı	$t_{db}$	$^{\circ}\text{C}$	Özgül antalpi	$h$	$\text{kJ}/\text{kg}_{da}$
Yaş termometre sıcaklığı	$t_{wb}$	$^{\circ}\text{C}$	Özgül hacim	$v$	$\text{m}^3/\text{kg}_{da}$
Çiy noktası sıcaklığı	$t_{dp}$	$^{\circ}\text{C}$	Mutlak nem oranı	$W$	$\text{kg}_{ww}/\text{kg}_{da}$
Bağıl nem	$rH$	$\%$	Buhar basıncı	$P_{vw}$	$\text{Pa}$
Barometrik basınç	$P_{bar}$	$\text{Pa}$			

### 3.2. Kuru Termometre Sıcaklığı

Kuru termometre sıcaklığı herhangi bir alkollü ve civalı termometre ile veya aynı değerlere kalibre edilmiş hissedici+transduser ile ölçülen mahal veya çevre sıcaklığıdır. Bu sıcaklık " $t_{db}$ " sembolü ile gösterilir. Birimi ise " $^{\circ}\text{C}$ " veya " $\text{K}$ " dir. Daha önceki bahislerde anlatıldığı gibi " $^{\circ}\text{C}$ " Celsius skalası olup bu skalada  $0^{\circ}\text{C}$  deniz seviyesinde suyun donma sıcaklığına,  $100^{\circ}\text{C}$  ta deniz seviyesinde suyun kaynama noktasına tekabül etmektedir. " $\text{K}$ " ile gösterilen Kelvin ölçeği ise mutlak sıfırı esas almıştır, bu sıcaklık Celsius skalasında  $-273.15^{\circ}\text{C}$ 'a eşittir.

Kuru termometre sıcaklığı psikrometrik diyagramda " $^{\circ}\text{C}$ " olarak diyagramın altında , absisinde yer alır ve düşey hatlar ile gösterilir.



Kuru termometre sıcaklığı gösteren absiste 0°C kuru hava sıcaklığı aynı zamanda entalpik değerlerin başlangıç, yani referans noktası olarak kabul edilir ve bu noktadan itibaren kuru havanın entalpik değerleri hesaplanır. Bu hesaplamayı aşağıdaki formüller ile gösterebiliriz.

$$Q = M \cdot C_{p-da} (t_{2db} - t_0)$$

Bu denklemde “ $t_0$ ” havanın entalpik hesaplamada referans noktası olan 0°C sıcaklığı, “ $t_2$ ” ise entalpisinin ölçülmesi istenen kuru havanın sıcaklığını göstermektedir. “ $C_{p-da}$ ” değeri ise havanın özgül ısısıdır; birimi “**kJ/kg**” dır.

$C_{p-da}$  kuru havanın özgül ısısıdır. Özgül ısı bir kilogram ağırlığındaki bir nesnenin ısıyı 1°C arttırmak için gerekli olan ısıdır. Bu değer 15°C’teki bir kilogram suyun ısıyı bir derece arttırmak için gerekli olan ısıya orantılı olarak belirlenir. Bu değer kCal/h birimleriyle su için 1.00 kCal/kg, kuru hava için 0.24 kCal/kg’dır. Uluslararası kullanımda olan “SI” birimleriyle ifade edildiğinde kuru havanın özgül ısısı 1.00483 kJ/kg’dır. Su buharının özgül ısısı da 1.83’dür. Havanın özgül ısısı kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak çok az değişiklik göstermektedir. 1.00483 kJ/kg değeri esas alındığında -10°C ile +50°C arasında yapılacak hesaplarda hata payı %0.2’den küçük olmaktadır. Aşağıdaki tabloda “ $C_p$ ” değerindeki değişimler gösterilmektedir.

#### Kuru Havanın Özgül Isısı

$T_{db}$ (°C)	$C_p$ (kJ/kg.°C)
-10	1.0038
0	1.0041
10	1.0045
20	1.0049
30	1.0054
40	1.0059
50	1.0065

Aynı şekilde su buharının özgül ısısında da aynı sıcaklık aralığında çok küçük, kabili ihmal farklılıklar olmaktadır.

#### SU BUHARI

$T_{vw}$ (°C)	$h_g$ (Kj/kg <sub>vw</sub> )	$C_p$ (kJ/kg <sub>vw</sub> .C)
-10	2484.40	1.84
0	2500.90	1.83
10	2519.23	1.83
20	2537.47	1.82
30	2555.58	1.80
40	2573.54	1.79
50	2591.31	1.77



Dolayısıyla su buharının özgül ısısını 1.82 kJ/kg.C olarak kabul edebiliriz.

Bir önceki sayfadaki formülü birim kitle, 1 kg kuru hava için yaptığımızda kuru havanın “t<sub>2</sub>” sıcaklığındaki entalpisini hesaplamış oluruz.

$$h_{2da} = C_{p-da} (t_{2db} - t_0)$$

Doymuş havanın entalpisini de kuru havanın entalpsi ile doyma noktasındaki mutlak nem oranının buharın özgül ısının çarpımının toplamı olarak bulabiliriz.

$$h_{2sa} = C_{p-da} (t_{2db} - t_0) + C_{p-vw} \cdot W (t_{2db} - t_0)$$

$$h_{2sa} = t_{2-da} (C_{p-da} + C_{p-vw} \cdot W) \dots\dots\dots (kJ/kg)$$

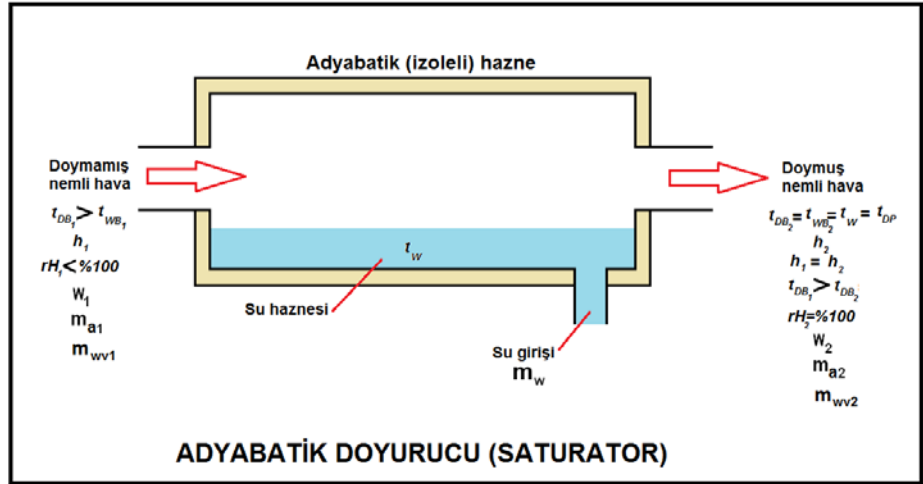
### 3.3. Yaş Termometre Sıcaklığı ve Adyabatik Doyma

Yaş termometre ile ilgili birçok tarif vardır. Bunlardan biri yaş termometre sıcaklığını “buharlaşma sıcaklığı” olarak, diğer bir tarif te “%100 doyma noktasına gelmesi ile neticelenen evaporatif soğutma neticesi elde edilebilen en düşük sıcaklık” olarak tarif eder. Termodinamik yaş termometre sıcaklığına aynı zamanda adyabatik doyma sıcaklığı da denmektedir.

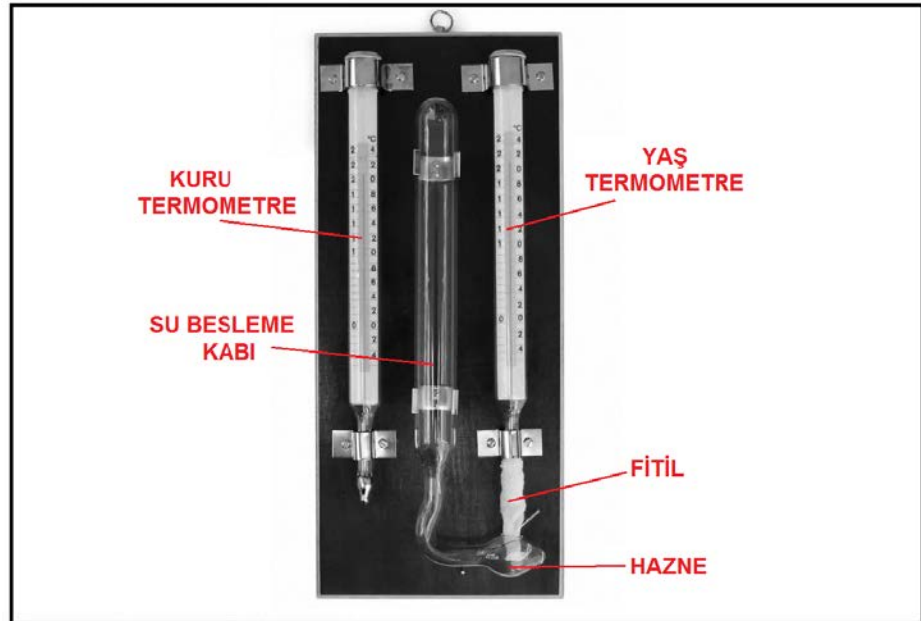
Yaş termometre sıcaklığı “**termodinamik yaş termometre sıcaklığı**” ve “**psikrometrik yaş termometre sıcaklığı**” olarak ta tarif edilmektedir. Termodinamik yaş termometre sıcaklığı suyun buharlaşması ile havanın adyabatik olarak soğuması sonucu elde edilebilen en düşük sıcaklıktır. Sıvı haldeki su doymamış hava ile temas ettiğinde kısmi buhar basıncı farkı nedeniyle buharlaşır (bu konu ileriki bahislerde detaylı bir biçimde incelenecektir) . Bu buharlaşma işlemi adyabatik bir prosestir. Çünkü dışarıyla hiçbir ısı alış-verişi yoktur. Buharlaşma için gerekli ısı havadan temin edilir ve bunun neticesi olarak hava soğur ama içindeki mutlak nem oranı artar. Neticede hava-buhar karışımının entalpik değeri sabit kalır.

Termodinamik yaş termometre sıcaklığı adyabatik doyurucudaki kitle ve enerji balansları dikkate alınarak ölçülür. Bu nedenle termodinamik yaş termometre sıcaklığına **adyabatik doyma sıcaklığı** da denir. Adyabatik doyurucu olarak adlandırılan enstruman aslında teoretik bir enstruman olup mutlak izolasyona sahip olması ve çok uzun (sonsuzaya yakın) bir boyda olması gerekir.

Mollier Diyagramı’nda ve 1963’den itibaren ASHRAE’in Psikrometrik Diyagramları’nda izometrik çizgiler halinde gösterilen yaş termometre sıcaklığı çizgileri bu ölçme tekniği ile belirlenen termodinamik veriler esas alınarak tanzim edilmiştir. Aşağıdaki resimde adyabatik doyurucunun şematik bir çizimi yer almaktadır.



Kuru hava ve su buharı karışımı ile belirlenen psikrometrik yaş termometre sıcaklığı klasik bir termometrenin, örneğin cıva veya alkollü cam termometrenin hissedici ucunun yumuşak ve temiz bir pamuk sarılması, pamuğun iyice ıslatıldıktan sonra 3 ila 5 m/s hava hızına tabi tutulması ile ölçülür. Islatılmış uç üzerinden geçen hava akımı suyun buharlaşmasına ve termometrede gösterilen sıcaklığın düşmesine neden olacaktır. Bir müddet sonra ölçme kararlı rejime girecek, termometrede görünen değer sabitlenecektir. Bu değer psikrometrik yaş termometre sıcaklığıdır. Bu ölçme işlemi esnasında termometrenin ve özellikle ucunun güneş radyasyonuna maruz bırakılmaması gerekir. Ölçme ucunu kaplayan pamuk devamlı ıslak tutulmalıdır. Bunun için pamuğun fitil tarzında uzatılması ve bir su haznesine batırılmış olması gerekir (bkz. Bölüm-1 HYDRODEİK). Benzer bir yaş termometre psikrometresi aşağıdaki resimde gösterilmektedir.



Kuru termometre ile yaş termometre sıcaklıkları arasındaki farkın ( $t_{db} - t_{wb}$ )  $10^{\circ}\text{C}$ 'tan büyük olması fitilin hareket halindeki hava ile teması esnasında ısınmasına ve bu ısının hazneye iletilerek suyun bir miktar ısınmasına neden olur. Böyle durumlarda

ölçülen yaş termometre sıcaklıkları olması gereken değerlerden biraz yüksek çıkabilir.

Buradaki işlem adyabatik doyurucudaki işlemin birebir aynı değildir. Ancak psikrometrenin uygun bir yere yerleştirilmesi koşuluyla iki ölçüm arasındaki sapmalar ihmal edilebilecek minimum seviyelerde tutulabilir.

Adyabatik doyurucuda yapılan işlemi termodinamiğin iki temel kanununun ışığı altında inceleyebiliriz. Adyabatik doyurucuya giren kuru havanın debisi " $m_{a1}$ ", çıkan havanın debisi de " $m_{a2}$ " gösterilmektedir. Buharlaşan su miktarı da " $m_w$ " dir. " $w_1$ " ve " $w_2$ " giriş ve çıkıştaki havanın içindeki mutlak nem oranını göstermektedir. Kitlenin korunumu kanununa göre denkleminizi kurarsak:

$$m_{a1} = m_{a2} = m_a \dots\dots\dots \text{(kuru havanın debisi)}$$

$$m_{wv1} + m_w = m_{wv2} \dots\dots\dots \text{(havadaki buharın debisi)}$$

Bu denklemi su buharı için aşağıdaki gibi de yazabiliriz.

$$m_a \cdot w_1 + m_w = m_a \cdot w_2$$

Böylece:

$$m_w = m_a (w_2 - w_1) \dots\dots\dots \text{(buharlaşan suyun debisi)}$$

Benzer denklemleri de enerjinin korunumu kanununa göre yazabiliriz.

$$\sum m_1 \cdot h_1 = \sum m_2 \cdot h_2$$

Bu denklemde " $m_1$ " girişteki doymamış nemli havanın kütlesini, " $m_2$ " ise çıkıştaki doymuş nemli havanın kütlesini, " $h_1$ " ve " $h_2$ " ise aynı havaların giriş ve çıkıştaki entalpilerini, " $h_{wv1}$ " ve " $h_{wv2}$ " su buharının giriş-çıkıştaki entalpilerini, " $h_w$ " ise suyun entalpisini göstermektedir. göstermektedir. Buradaki eşitliğin nedeni prosesin adyabatik olmasından, dışarı ile herhangi bir enerji transferi olmamasından kaynaklanmaktadır.

Aynı denklemi şöyle de yazabiliriz:

$$m_a \cdot h_1 + m_w \cdot h_{wv2} = m_a \cdot h_2$$

$$m_a \cdot h_1 + m_a (w_2 - w_1) \cdot h_{wv2} = m_a \cdot h_2$$

Bu denklemi " $m_a$ " kemiyetine böldüğümüzde aşağıdaki denklemi buluruz.

$$h_1 + (w_2 - w_1) \cdot h_{wv2} = h_2$$

$$(C_p \cdot t_{db1} + w_1 \cdot h_{wv1}) + (w_2 - w_1) h_{w2} = (C_p \cdot t_{db2} + w_2 \cdot h_{wv2})$$

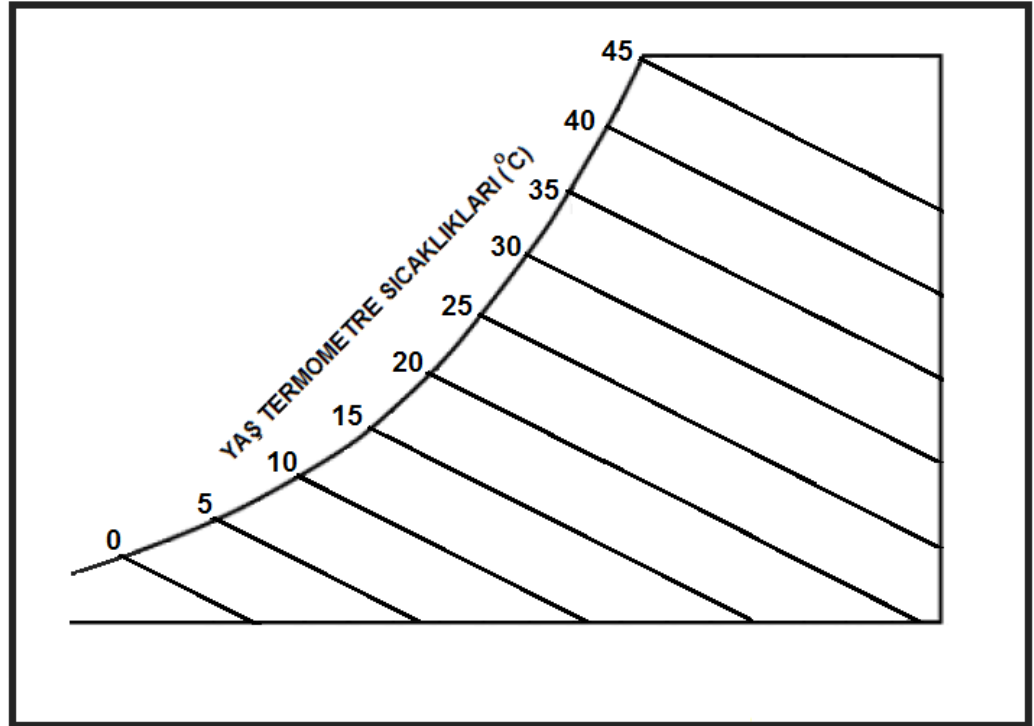
$$w_1 = (C_p(t_{dp1} - t_{dp2}) + w_2 \cdot h_{vw2}) / (h_{wv1} - h_{w2}) \dots\dots \text{bulunur.}$$

Daha önceki hesaplarımızda “ $m_{wv}/m_{da}$ ” mutlak nem oranını aşağıdaki gibi hesaplamıştık:

$$m_{wv}/m_{da} = 0.621945 \cdot P_{wvs} / (P - P_{wvs})$$

$m_{wv2}/m_{da} = w_2$  olduğuna göre yukarıdaki denklemde “ $w_1$ ” değerini yerine koyduğumuzda “ $w_1$ ” değerini de hesap yoluyla bulmuş oluruz.

Yaş termometre sıcaklıkları ASHRAE’in psikrometrik diyagramlarında ve Mollier’in i-x diyagramında birbirine paralel eğimli düz çizgiler olarak gösterilir. Bu çizgiler sabit entalpi çizgilerine de paraleldir.

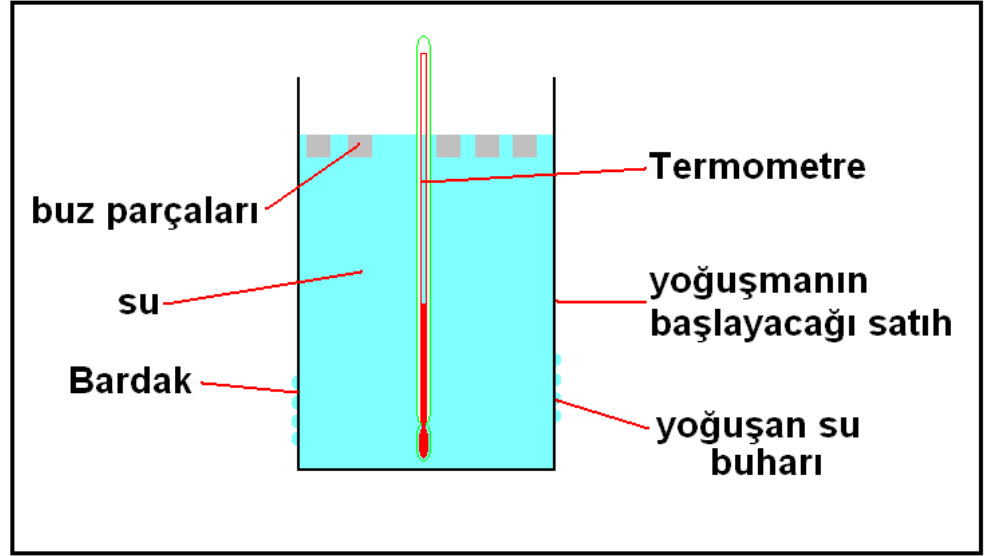


#### 3.4. Çiy Noktası ve Çiy Noktası Sıcaklığı

Çiy noktası sıcaklığını satıh kondansasyonunun oluşmaya başladığı sıcaklık olarak tarif edebiliriz. Benzeri bir tarif ile, çiy noktasını havanın doyma noktasına eriştiği, daha fazla buhar kabul edemeyeceği sıcaklık olarak ta tanımlayabiliriz. Eğer buhar ilave edilmeye devam edilirse sis, satıh yoğuşması veya bulutlar oluşmaya başlar.

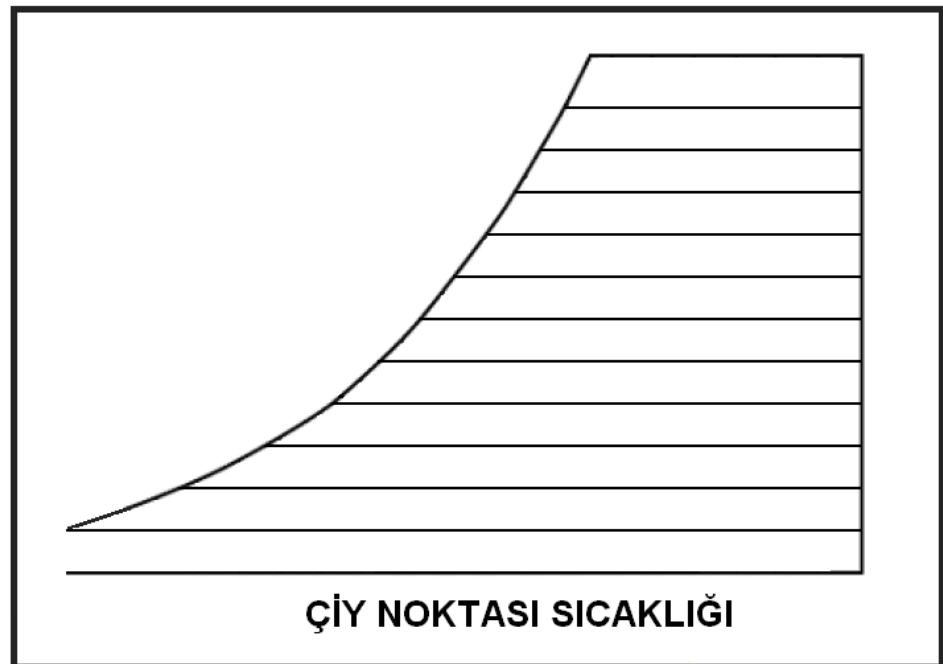
Çiy noktasının daha ilmi bir tarifi de yoğuşabilir herhangi bir buharın sabit basınçta yoğuşma başlamadan önce erişebileceği sıcaklıktır. Dolayısıyla doyma sıcaklığı ile çiy noktası sıcaklığı birbirine eşit anlamdaki tabirlerdir.

Çiy noktası sıcaklığını basit bir deneyle kendimiz de yapabiliriz.



Bir bardağın içine oda sıcaklığında su koyun. İçine de bir termometre daldırın. Bardağın içine azar azar buz ilave edip termometredeki düşmeyi izleyin. Bir süre sonra bardağın dış kısmında su zerrecikleri belirmeye başlayacaktır. Bu zerrecikler yoğuşan havadaki su buharıdır. Yoğuşmanın başladığı andaki sıcaklık değeri de odanızın çiy noktasıdır.

Herhangi bir kuru termometre ve yaş termometre sıcaklıkları ile belirlenen ortam soğutulmaya başladığında önce duyulur soğutma işlemi gerçekleşir (Bkz. Bölüm-5, konu 5.4.1 ve 5.4.2). Belirli bir sıcaklığa gelindikten sonra mahal havasının içindeki buhar da yoğuşmaya başlar ve bu noktadan itibaren duyulur ve gizli soğutma işlemleri beraber devam eder.



Çiy noktası mahal şartlarından kuru termometreyi belirleyen absise paralel bir çizginin çizilmesi ile bulunur. Bu çizginin doyma eğrisini kestiği nokta o ortamın çiy noktası sıcaklığıdır. Bu sıcaklık doyma noktası sıcaklığına eşittir. Aynı zamanda bu noktanın kuru termometre ve yağ termometre sıcaklıkları da eşittir.

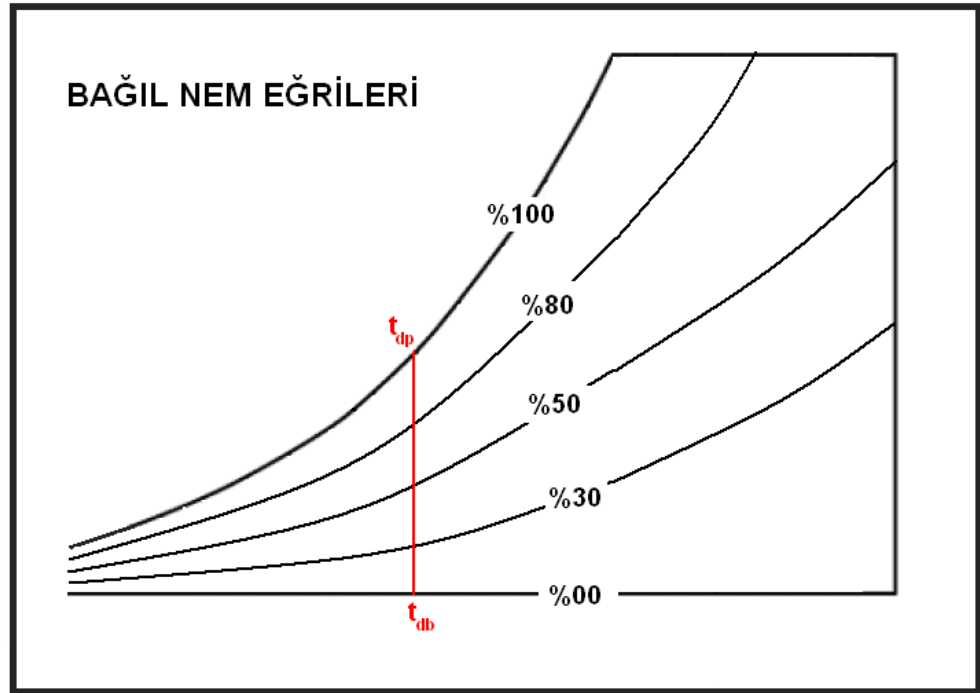
### 3.5. Bağlı Nem

-40°C ila +65°C arasındaki sıcaklıklarda yapılan deneyler su buharının ideal gaz karakteristiklerine sahip olduğunu göstermiştir. Bu görüş açısından hareketle bağlı nemi ortam şartlarında mevcut mutlak nem oranının aynı kuru termometre sıcaklığındaki mutlak nem oranına oranı olarak ifade edebiliriz. Bağlı nem için kullanılan simge “rH” olup “%” olarak ifade edilmektedir ve birimsiz bir kemiyettir.

$$rH (\%) = (W_{t1} / W_{dp-t1}) \cdot 100$$

Aynı orantıyı (kısmi) buhar basınçlarının oranı olarak ta ifade edebiliriz.

$$rH (\%) = (P_{wv-t1} / P_{wv-dp-t1}) \cdot 100$$



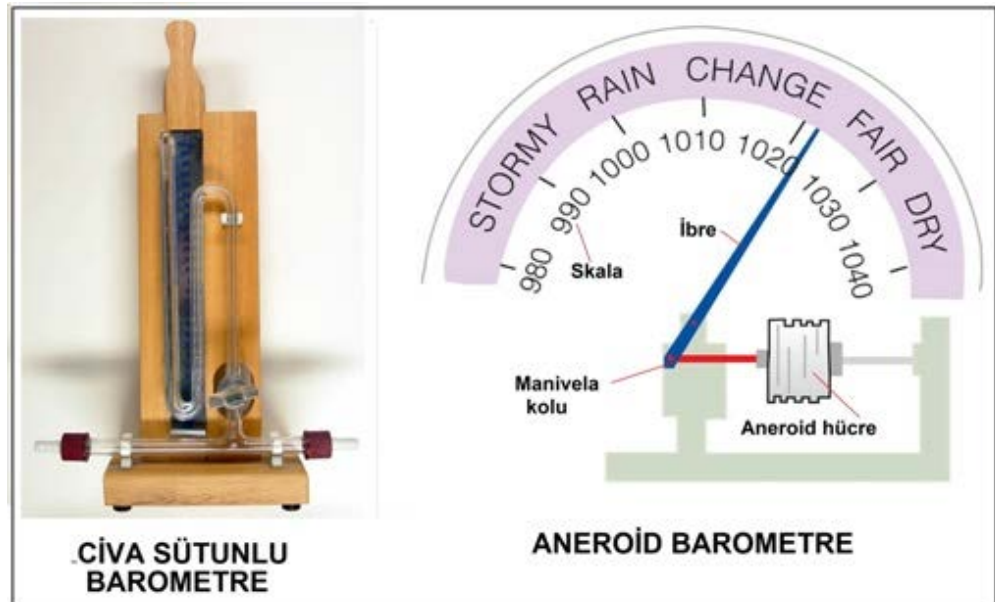
Yukarıdaki psikrometrik diyagramdan da anlaşılacağı gibi “t<sub>db</sub>” kuru termometre şartlarındaki bir ortamda olabilecek mutlak nem oranı (miktarı) sıfır ile “t<sub>dp</sub>” nin tekabül ettiği nem oranı arasında değişiklik gösterebilmektedir. Belirtilen sıcaklıktaki mutlak nem miktarının yüzde ellisi “rh%50”i, yüzde sekseni “Rh%80”i, yüzde otuzu da “Rh%30” a tekabül etmektedir.

Burada bilinmesi gereken bir olay vardır. Gün batımına yaklaştıkça bağıl nem oranı artar. Bu işlem havanın duyulur soğuma işlemine tabi olmasından kaynaklanmaktadır. Havadaki mutlak nem değişmediğinden soğumaya bağlı olarak bağıl nem oranı artış gösterir. Bu soğuma devam eder ve çiy noktası sıcaklığının altına düşerse, örneğin arabalarımızın camlarında gördüğümüz su zerreciklerini görürüz. Eğer sıcaklık  $0^{\circ}\text{C}$ 'ın altındaysa çiy yerine kırağı ile karşılaşırız.

### 3.6. Barometrik Basınç

Basınç bir birim alana onun üzerindeki kütlenin ağırlığı ile tatbik olunan kuvvete verilen isimdir. Aynı şekilde barometrik basıncı da herhangi bir belirgin konumda birim alana üzerindeki havanın ağırlığı ile tatbik olunan kuvvet olarak tarif edebiliriz. Psikrometrik proseslerde barometrik basınç ile atmosferik basınç eş anlamlı olarak kullanılmaktadır.

Barometrik basınç deniz seviyesinden olan irtifa ile değişmektedir. Atmosferin belirli bir kalınlığı olduğu kabulü ile barometrik basıncın deniz seviyesinden derinlere inildiğinde artacağı, yükseklerle çıkıldığında da azalacağı kolaylıkla anlaşılabilir. Barometrik basınç "barometre" olarak adlandırdığımız, genelde cıva içeren bir ölçme aleti ile ölçülür. ASHRAE STP tarifine göre deniz seviyesindeki basınç 29.92 inHg, 760mmHg veya 101.325 kPa (kilopaskal)'dır. Günümüzde cıvalı barometrelere ilaveten körüklü "aneroid" tipi veya spiralli mekanik barometreler ve elektronik dijital barometreler de kullanılmaktadır.



Eğer belirli bir noktadaki barometrik basınç bilinmiyorsa, basıncı ICAO (Uluslar arası Sivil Havacılık Kurumu)'nun 1925 yılında yayınlamış olduğu formüle göre hesaplamak mümkündür. Konu 2.4.1'de vermiş olduğumuz formülü tekrar veriyoruz.

$$P_{\text{bar}} = 101.325 (1 - 2.25577 \times 10^{-5} \times Z)^{5.2559} \dots\dots\dots (\text{kPa})$$

Bu formülde “Z” metre cinsinden irtifayı göstermektedir. İrtifaya bağlı olarak basınç ve sıcaklık değerlerinin değişimi Konu-2.4.1’deki “Standart Atmosferik Doneler” tablosunda -500m ila 10 000m arasındaki irtifalar için gösterilmektedir.

Barometrik basınç kuru havanın basıncıyla su buharının basıncının toplamından oluşmaktadır. Herhangi bir belirgin konumdaki barometrik basıncı birim alan üzerindeki havanın ağırlığı ile tatbik olunan kuvvet olarak tarif etmiştik. Ancak havanın özgül hacminin artması ki bu genellikle sıcaklık artışına bağlı olarak meydana gelir, kuru hava basıncının azalmasına neden olur. Barometrik basınç sabit olduğuna göre eksilen kısmi basıncı su buharı tamamlayacaktır.

$$P_{\text{bar}} = P_{\text{da}} + P_{\text{wv}}$$

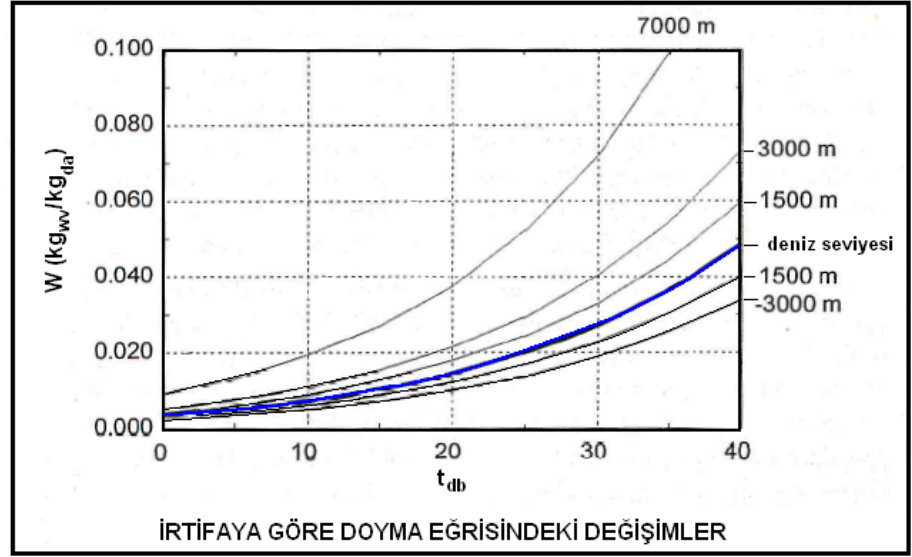
Diğer bir yaklaşımla, kuru havanın basıncındaki değişiklikler barometrik basıncı oluşturan ikinci ögeyi etkilediğini, bu nedenle kuru hava kısmi basıncının azalması su buharı kısmi basıncının artmasına neden oluşturduğunu söyleyebiliriz. Aynı şekilde kısmi kuru hava basıncındaki artışlarda kısmi buhar basıncında eksilmelere neden oluşacağı, bu işlemin de havadaki su buharının yoğunlaşması suretiyle gerçekleşeceği psikrometrinin temel oluşumlarından biridir.

Psikrometrik prosesler esnasında barometrik basıncın sabit olduğu kabul edilir. Tüm klima hesaplarında bu husus aynen kabul edilmekte, meteorolojik olaylar neticesi barometrik basınçta meydana gelebilecek küçük değişimler kabili ihmal kabul edilmektedir.

Barometrik basınç psikrometrik özelliklerin belirlenmesi ve sabitlenmesi için gerekli üç temel ögeden biridir. Diğer ögelerin başında kuru termometre sıcaklığı ile yaş termometre sıcaklığı gelir. Yaş termometre sıcaklığı yerine mutlak nem oranını veya bağıl nemi de kullanabilirsiniz. Barometrik basınç psikrometrik diyagramlarda bir koordinat olarak yer almaz. Ancak her barometrik basınç için ayrı bir psikrometrik diyagramın çizilmesi gerekir. Bu nedenledir ki ASHRAE deniz seviyesi (101.325 kPa) için ayrı, 750 metre (92.834 kPa) için ayrı, 1500 metre (84.556 kPa) için ayrı ve 2250 metre (77.058 kPa) için ayrı psikrometrik diyagramlar tanzim etmiştir. Bu diyagramlar 4. Bölüm’de detaylı olarak incelenecektir.

Barometrik basıncın irtifa nedeniyle azalması da hava içinde bulunabilecek mutlak nem oranını etkilemektedir. Basıncın düşmesi neticesi kısmi buhar basıncı ve buna bağlı olarak mutlak nem oranı artmaktadır. Bu değişikliği aşağıdaki diyagramda görebiliriz.



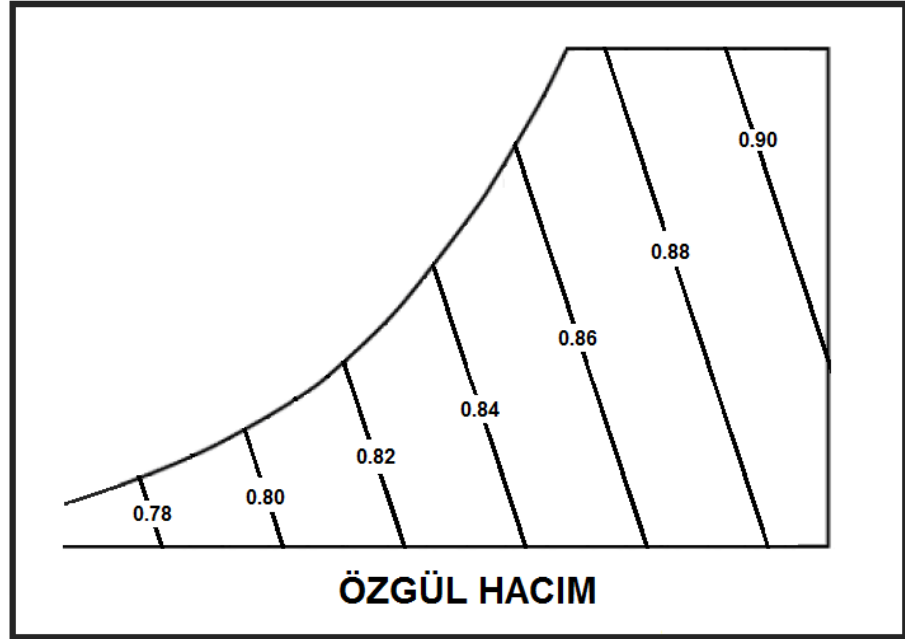


Ref.: Understanding Psychrometrics, Donald P. Gately, ASHRAE

### 3.7. Özgül Hacim

Özgül hacim psikrometride kuru havanın birim kitesinin işgal ettiği hacim olarak tarif edilir. Birimi beher kilogram başına düşen metreküp olup " $m^3/kg_{da}$ " olarak gösterilir sembolü de " $v$ " harfidir. Dalton Kanunu'na göre kuru havanın, su buharının ve nemli havanın işgal ettikleri hacimler birbirine eşittir. Bu nedenle salt " $v$ " ile iktifa edilir ve alt simge kullanılmaz.

Psikrometrik diyagramda özgül hacim eğimli düz çizgiler olarak gösterilir.



Psikrometrik özgül hacmin tarifi içinde kuru hava ile su buharından başka gazlar dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle psikrometrik özgül hacim bilimsel özgül hacim

tarifinden az da olsa farklılık içermektedir. Psikrometride özgül hacim nemli havanın hacminin kuru havanın kütlesiyle bölünmesiyle bulunur ( $m^3/kg_{da}$ ). Ancak diğer bilimsel uygulamalar için özgül hacim tüm elemanları içeren hacmin aynı elemanları içeren birim kütleye bölünmesiyle elde edilir. İdeal gazları Dalton Kanunu'nun ışığı altında incelediğimizde karışımı meydana getiren kuru havanın ve su buharının aynı hacmi işgal ettiklerini görürüz. Bunu denklem olarak yazdığımızda:

$$V_{da}/m_{da}=V_{wv}/m_{da}=V_a/m_{da}$$

Bu denklemde:

$$V= \text{hacim} \dots \dots \dots m^3$$

$$M= \text{kitlesel ağırlık} \dots \dots \dots kg'dır.$$

Bu nedenle aynı denklemi özgül hacim açısından aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$V_{da}=V_{wv}=V_a$$

Bu eşitlik eşit kuru termometre şartlarında geçerlidir.

Özgül hacim ideal gazlarla ilgili denklemlerle de ifade edilebilir:

$$P_{da} \cdot v = R_{da} \cdot T$$

ve

$$P_{da} = P_{bar} - P_{wv}$$

Bu iki denklemden hareketle aşağıdaki sonuçlara varırız:

$$v = (R_{da} \cdot T) / (P_{bar} - P_{wv})$$

$$v = (287.042)(t_{celcius} + 273.15) / (P_{bar} - P_{wv})$$

Daha önce, konu 2.4.4'de aşağıdaki eşitlik bulunmuştu

$$W = 0.621945 \cdot p_{wv} / (p_{bar} - p_{wv})$$

Bu eşitliği yukarıdaki denkleme yerleştirdiğimizde aşağıdaki sonuca ulaşırız:

$$v = (287.042)(t_{celcius} + 273.15) \cdot (1 + 1.60786W) / P_{bar} \dots m^3/kg_{da}$$

### 3.8. Mutlak Nem Oranı

Mutlak nem oranı birim hacimdeki kuru hava içinde bulunan nem miktarıdır. Aynı zamanda kısaca mutlak nem olarak ta ifade edilen bu bulgu şu şekilde ifade edilebilir. Mutlak nem oranı deniz seviyesinden olan yüksekliğin bir fonksiyonudur. Bu husus aşağıdaki hesaplarda da görülmektedir.

$$W = m_{wv} / m_{da} \dots \dots \dots (kg_{wv} / kg_{da})$$

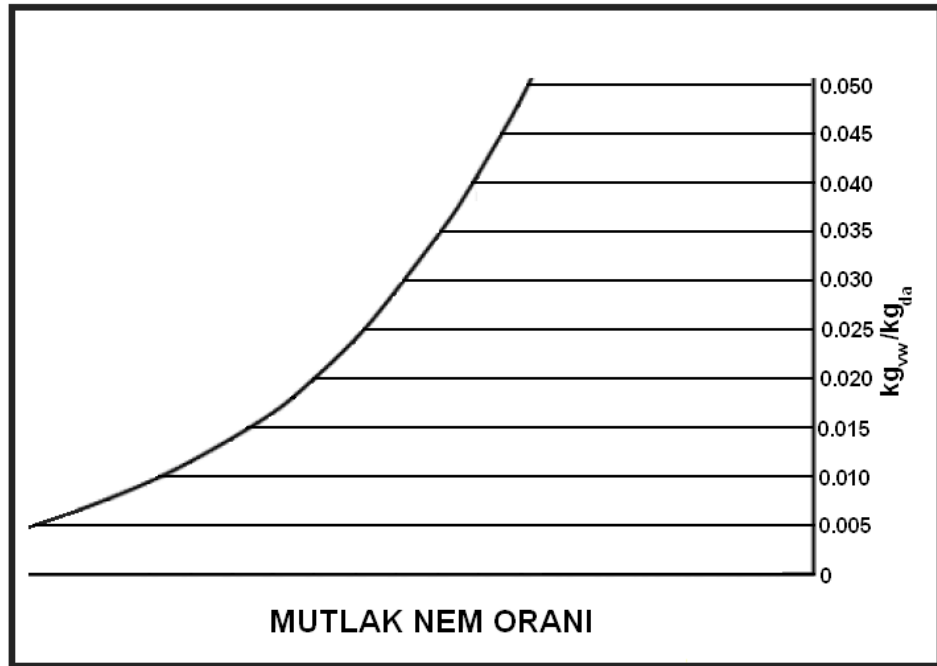
Bu formülde:

**W** : Mutlak nem oranı

**m<sub>wv</sub>** : Su buharı kitlesi..... **kg<sub>wv</sub>**

**m<sub>da</sub>** : Kuru hava kitlesi..... **kg<sub>da</sub>**

Psikrometrik diyagramda mutlak nem oranı yatay çizgiler olarak gösterilmektedir.



Mutlak nem oranı “W”, su buharı kısmi basıncı “P<sub>wv</sub>” ve bağıl nem “rH” arasındaki münasebetleri aşağıdaki gibi belirleyip bu münasebetlerden yola çıkarak mutlak nem oranını hesap yoluyla bulabiliriz. İlk öce ideal gazlarla ilgili genel denkleminizi yazalım, sonra bunlara alt simgeler uygulayarak bu denklemleri su buharı ve kuru hava için tekrarlayalım.

$$P.V = m.R.T$$

$$m = (P.V) / (R.T)$$

$$m_{da} = (P_{da} \cdot V_{da}) / (R_{da} \cdot T_{da})$$

$$m_{wv} = (P_{wv} \cdot V_{wv}) / (R_{wv} \cdot T_{wv})$$

$$R_{da} = 287.06 \text{ J/kg.K} \dots\dots\dots (\text{Bkz. Konu 2.2.4})$$

$$R_{wv} = 461.51 \text{ J/kg.K} \dots\dots\dots (\text{Bkz. Konu 2.3.1})$$

$$(m_{wv}/m_{da}) = W = ((P_{wv} \cdot V_{wv}) / (R_{wv} \cdot T_{wv})) / ((P_{wv} \cdot V_{wv}) / (R_{wv} \cdot T_{wv}))$$

Bu son denklemde  $V_{wv}$  ile  $V_{da}$  Dalton kanununa göre eşittirler. Çünkü aynı hacmi paylaşmaktadırlar. Aynı şekilde  $T_{da}$  ile  $T_{wv}$  da birbirine eşittir. Bu eşitliklerin birbirini götürmesi halinde formülümüz aşağıdaki şekle döner.

$$W = ((P_{wv}) / (R_{wv})) / ((P_{wv}) / (R_{wv}))$$

$$W = (P_{wv} \cdot R_{da}) / (P_{da} \cdot R_{wv})$$

$$W = 287.06 P_{wv} / 461.51 P_{da}$$

$$W = 0.622 (P_{wv} / P_{da}) \dots\dots\dots \text{Bulunur.}$$

$$P_{bar} = P_{da} + P_{wv} \dots\dots\dots P_{da} = P_{bar} - P_{wv} \dots\dots\dots \text{olduğuna göre:}$$

$$W = 0.622 P_{wv} / (P_{bar} - P_{wv}) \dots\dots\dots \text{bulunur.}$$

Bu son formüle göre mutlak nem oranının, başka bir ifade tarzıyla bir metreküp kuru hava içinde bulunabilecek nem miktarı atmosferik basıncın bir fonksiyonudur. Atmosferik basınç azaldıkça birim kuru hava hacmi içindeki mutlak nem oranı artar. Bu husus Konu 3.9'daki "İrtifaya Göre Doyma Eğrisindeki Değişimler" diyagramında açıkça görülmektedir.

### 3.9. Buhar Basıncı

Buhar basıncı, atmosferik basıncı meydana getiren kısmi basınçlardan biridir. Bunu daha önceki bahislerde görmüştük. Bu hususu aşağıdaki gibi formülize edebiliriz.

$$P_{bar} = P_{N2} + P_{O2} + P_{Ar} + \dots\dots\dots + P_{wv}$$

Bu formülde “ $P_{wv}$ ” su buharı basıncını, diğerleri ise atmosferi oluşturan sair gazların basıncını ifade etmektedir. Deniz seviyesinde atmosferik basıncın psikrometrik prosesler açısından sabit olduğunun kabul edildiği belirtmiştik. Bu duruma göre deniz seviyesindeki basıncı şöyle de yazabiliriz.

$$P_{bar}=P_{da}+P_{wv}=101.325 \text{ kPa}$$

Bu bağlantıdan iki husus anlaşılmaktadır.

- Kuru havanın basıncındaki artmalar ve eksilmeler buhar basıncını belirler.
- Atmosferik basıncın deniz seviyesinden olan yüksekliğe bağlı olarak değişmesi hem kuru hava kısmi basıncını hem de su buharı kısmi basıncını etkiler.

Kısmi buhar basıncını mutlak nem oranına bağlı olarak şu şekilde hesaplayabiliriz:

$$W=0.622P_{wv}/(P_{bar}-P_{wv}).....(\text{bkz. Bölüm-3, konu 3.8})$$

$$P_{wv}=1.6077W(P_{bar}-P_{wv})$$

veya

$$P_{wv} = W(162.90 - 1.6077P_{wv}) .....(\text{bulunur})$$

Deniz seviyesinde doyma noktasındaki buhar basıncı da  $P_{bar}$ 'ın yerine 101,325 Pa değerini koymakla bulunur.

Değişik irtifalar için kısmi buhar basıncını değişik bir yöntemle aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz. Bunun için Bölüm-2 , konu 2.4.1'deki basınç hesaplama formülünü “ $P_{wv}$ ” formülüne monte etmemiz gerekir.

$$P_{bar}=101.325(1 - 2.25577 \times 10^{-5} \times Z)^{5.2559}....\text{dolayısıyla}$$

$$P_{wv}=1.6077W(101.325(1 - 2.25577 \times 10^{-5} \times Z)^{5.2559}-P_{wv})$$

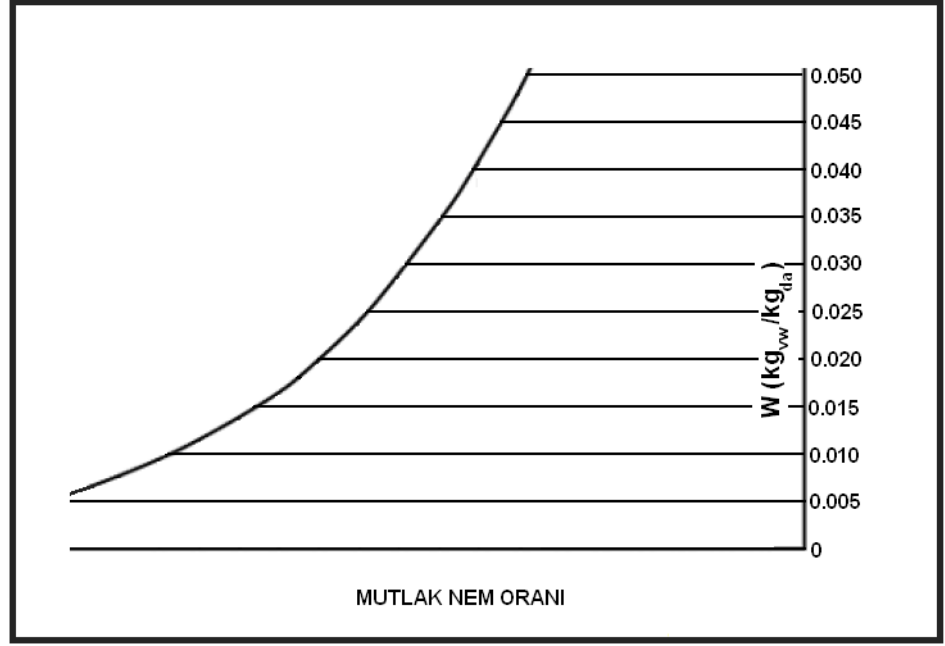
Bu formülde “ $Z$ ” metre cinsinden deniz seviyesinden yüksekliği göstermektedir.

Aynı noktadan hareketle Bölüm-2 konu 2.4.3'deki empirik formülü kullanarak deniz seviyesinde, değişik sıcaklıklardaki doymuş buhar basınçlarını hesapladığımızda aşağıdaki tablodaki değerleri buluruz.

### DEĞİŞİK SICAKLIKLARDA SU SATHI ÜZERİNDEKİ BUHAR DOYMA BASINÇLARI VE MUTLAK NEM ORANLARI

t	T	P <sub>ws</sub>	W
°C	°K	kPa	kg <sub>w</sub> /kg <sub>da</sub>
-10	263,15	0,28644	0,00176
-5	268,15	0,42176	0,00260
0	273,15	0,61121	0,00377
5	278,15	0,87257	0,00540
10	283,15	1,22818	0,00763
15	288,15	1,70574	0,01065
20	293,15	2,33921	0,01470
25	298,15	3,16975	0,02009
30	303,15	4,24669	0,02721
35	308,15	5,62862	0,03658
40	313,15	7,38443	0,04889
45	318,15	9,59439	0,06506
50	323,15	12,35127	0,08635

Yukarıdaki tablodan ve formüllerden de görüldüğü gibi buhar basıncı ile mutlak nem oranı birbiri ile birinci dereceden doğru orantılıdır. Bu noktadan hareketle psikrometrik diyagramda buhar basıncı ve mutlak nem çizgilerinin doğrular tarzında, birbirlerine paralel olduğu, aynı zamanda absise de paralel olduğu anlaşılır. Bu durum aşağıdaki şematik çizimde gösterilmektedir.



### 3.10. Özgül Entalpi

Entalpi maddenin yapısında depolanan her türlü enerjinin toplamıdır. Ancak maddelerin kesin entalpilerinin hesaplanması oldukça zordur. Bu yüzden çalışmalarda entalpik değer olarak birim kütledeki maddenin, belirli bir referans noktasından mevcut sıcaklığa yükselebilmesi için gerekli olan enerji ile faz değiştirmesi için gerekli olan enerjinin toplamına denir. Sıcaklık yükselmesi için gerekli entalpi “kJ/kg.” olarak ifade edilir. Keza aynı durum buhar için de gereklidir. Ayrıca sabit sıcaklıkta faz birim kitlenin faz değişimi için gerekli ısıya da prosese bağlı olarak buharlaşma entalpisi veya yoğuşma entalpisi denir.

Birim kütleye sahip maddelerin birim sıcaklık artımı için gerekli ısıyı alabilme kapasitesine “özgül ısı” denir. Önceki yıllarda 1 kilogram suyun sıcaklığının 1°C artması için gerekli ısı miktarı 1 kCal/°C.kg kabul edilmiş ve değer arı suyun özgül ısısı olarak kabul edilmişti. Bu kabulden hareket ederek diğer sıvı, katı ve gaz konumundaki maddelerin sabit basınç altındaki özgül ısıları “c<sub>p</sub>” belirlenmişti. Günümüzde artık “SI” birimleri kapsamında “kJ/kg.°C” kullanılmakta ama aynı orantı mantığı devam etmektedir.

Entalpi “h” sembolü ile ifade edilir. Kuru hava için bunu aşağıdaki gibi formülize edebiliriz.

$$h_{da} = c_p (\Delta t) \dots \dots \dots \text{kJ/kg}$$

Kuru havanın entalpik ölçümleri için 0°C noktası referans alınmıştır. Bu sıcaklığın altındaki kuru hava entalpileri “-”, üstündekiler ise “+” olarak ifade edilmektedir. Bu açıdan konuya baktığımızda yukarıdaki formül şu şekli alır:

$$h_{da} = c_p(t) \dots\dots\dots \text{kJ/kg}$$

Önceki bahislerde, örneğin bu bölümde konu-3.2’de kuru hava ve su buharı için özgül ısı değerleri verilmiştir. Bu değerleri kullanarak kuru havanın entalpisini hesaplamak mümkündür. Ancak psikrometrinin incelediği hava salt kuru hava olmayıp kuru hava ile su buharının karışımından meydana gelmektedir. O zaman havanın entalpisi şu şekilde ifade dlebilir:

$$h_a = h_{da} + W \cdot h_{wv} \dots\dots\dots \text{kJ/kg}$$

Bu formülde:

- $h_a$  = Nemli havanın entalpisi.....kJ/kg
- $h_{da}$  = Kuru havanın entalpisi.....kJ/kg
- $h_{wv}$  = Su buharının entalpisi.....kJ/kg
- $W$  = Mutlak nem oranı.....kg<sub>wv</sub>/kg<sub>da</sub>

Yaklaşık denklemler olarak, havanın özgül ısısının 1.006 kJ/kg.°C kabulü ve “ $h_{wv}$ ” değerinin kuru termometre sıcaklığına bağlı aşağıdaki denklemlerle hesaplanacağını kabul edersek havanın entalpisini aşağıdaki denklemlerle hesaplayabiliriz (ref. Pyschometrics, Theory & Practice, ASHRAE, 1996, formül No 1.7.21, 1,7,22 ve 1.7.23=;

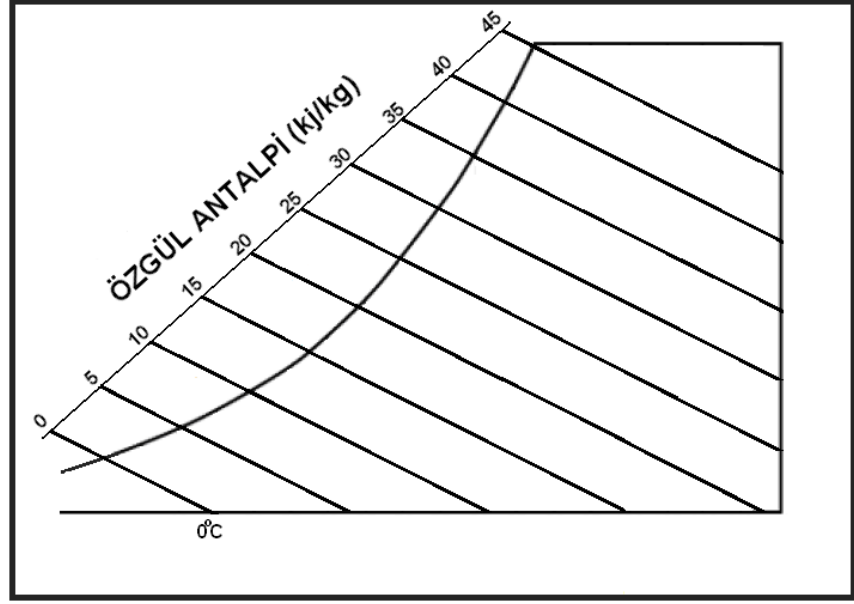
$$h_{wv} = 2501 + 1.805t$$

$$h_a = 1.006t + W \cdot (2501 + 1.805t) \dots\dots\dots \text{kJ/kg}$$

Yaş termometre sıcaklığı ile ilgili bölümde suyun hava içinde buharlaşmasının adyabatik bir proses olduğunu, dışarıdan herhangi bir enerji almadığını, buharlaşmak için gerekli olan ısıyı kuru havadan aldığını belirtmiştik. Başka bir tabirle yaş termometreyi belirleyen işlemlerde su buhar karışımının başlangıçta ve nihayette entalpi değerlerinin aynı kaldığını söylemiştik. Bu nedenle özgül entalpi hatlarının belirli bir eğimde düz çizgiler olduğunu ve bu çizgilerin yaş termometre çizgilerine paralel olduğunu söyleyebiliriz.

Bunun tek istisnası havaya püskürtülen suyun aşırı soğutulması veya aşırı ısıtılmasıdır ki bu durumda proses çizgisi artık sabit entalpi hatlarına paralel olmaz. Bu konuyu 5’inci Bölüm “Psikrometrik Esasların Uygulanması”da detaylı bir biçimde inceleyeceğiz.





### 3.11. Özgül Entropi

Termodinamiğin ikinci yasasına aynı zamanda entropi de denir. Düzensizlik entropi ile eş anlamlıdır. Entropi termal işlemlerde yönü belirler. Örneğin suyun yukarıdan aşağı, ısının sıcaktan soğuğa akması gibi. "s" sembolüyle gösterilen özgül entropi sisteme ilave edilen birim enerjinin "dQ" zamana bölünmesinin integraline eşittir. Gibbs teorisine göre gaz karışımının entropisi onu meydana getiren elemanların entropilerinin toplamına eşittir.

$$S_a = S_{da} + W \cdot s_{wv} \dots \dots \dots \text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K}$$

Psikrometrik proseslerde ilmi çalışmalar dışında pek karşılaşmayacağınız bu konuya salt bilgi açısından değinmekle yetineceğiz.

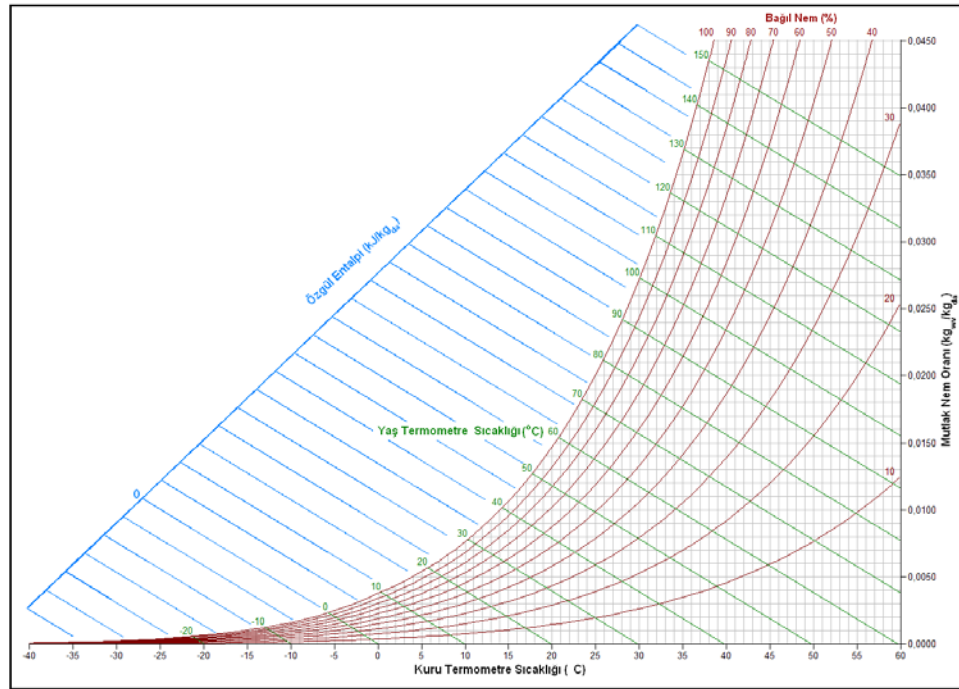
**İKİNCİ BÖLÜM**  
**PSİKROMETRİK DİYAGRAMLAR**  
**ve**  
**PROSESLER**

## 4. PSİKROMETRİK DİYAGRAMLAR

### 4.1. GENEL

İlki 1904 yılında Willis Carrier tarafından yapılan ve günümüze kadar, araştırmalar neticesi devamlı gelişme gösteren psikrometrik diyagramlar nemli havanın termodinamik özelliklerinin yansıtıldığı tablolardır. Ancak bu tablolarda entropi ve buhar basıncı gösterilmez. Ancak buhar basıncının mutlak nem oranı ve doyma noktası ile olan matematiksel ilişkisi nedeniyle biz psikrometrik diyagramlarımıza buhar basıncını mutlak nem oranı ordinatına paralel bir çizgi olarak ekledik.

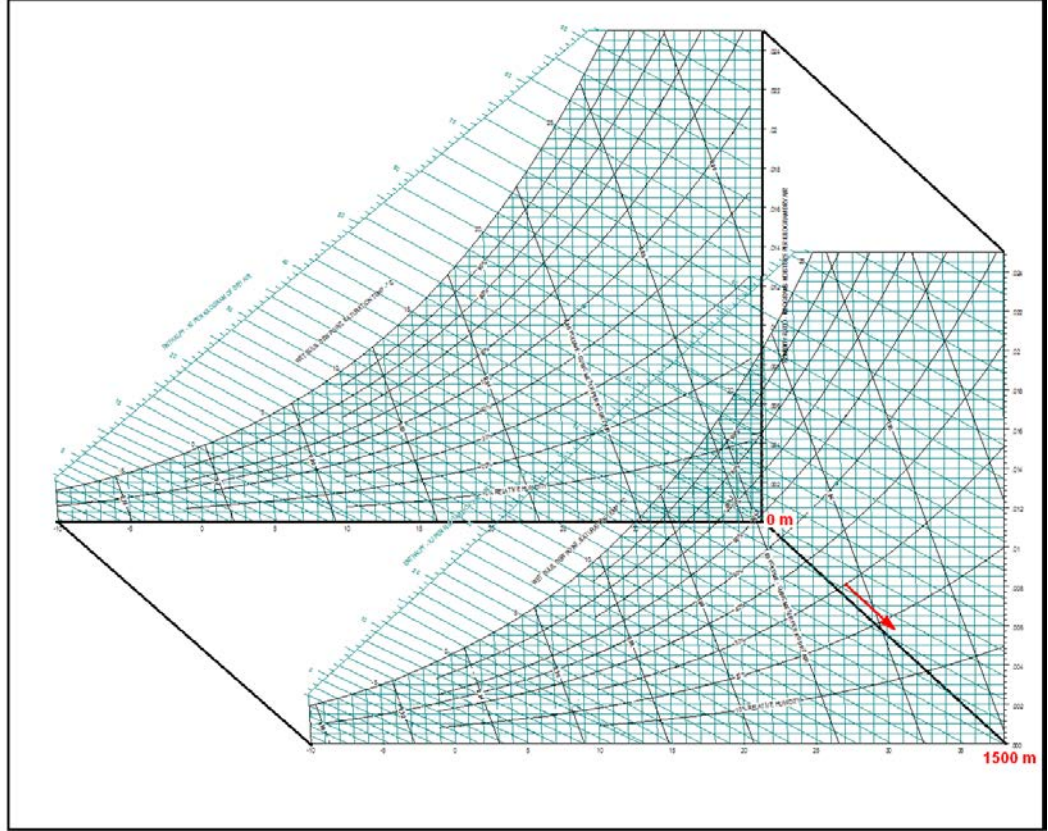
-40°C ile +120°C aralığı ve 101.325 kPa atmosferik basınç için tek bir diyagram hazırlamak mümkündür.



Ancak bu diyagramda normal ve düşük sıcaklıklardaki değerleri, örneğin A4 veya A3 ölçülerindeki bir psikrometrik diyagramda okumak çok zor olacağından ASHRAE bunu üç bölerek kolaylaştırmıştır. Birinci tablo 0°C ile 50°C arasındaki sıcaklıklara, konfor ikliminin genelde uygulamasının yapıldığı şartlara hitap etmektedir. Bunu tamamlayıcı mahiyette iki psikrometrik diyagram daha bulunmaktadır. Bu diyagramlardan biri -40°C ile +10°C aralığına hitap eden “düşük sıcaklık” psikrometrik diyagramıdır. Diğeri ise “yüksek sıcaklık” diyagramıdır. Bu diyagram +10°C ile +120°C aralığını kapsamaktadır. Yüksek sıcaklık psikrometrik diyagramı özellikle yüksek sıcaklıklarda ısı geri kazanımı prosesleri ile

absorbsiyonlu nem alma proseslerinin etüdü açısından çok faydalı olmaktadır. Bu diyagramların tamamı 101.325 kPa basınca tekabül eden deniz seviyesi içindir. Birinci bölümde bahsedilen konulardaki formüllerle değişik irtifalar için de psikrometrik diyagramların çizimi mümkündür.

Bu durum karşımıza psikrometrik diyagramlarda üçüncü bir eksen ortaya çıkarmaktadır. “Z” eksenini olarak adlandırabileceğimiz bu eksen deniz seviyesinden olan yüksekliktir. Aşağıdaki resimde 0 ve 1500m irtifalarda birçok değerin değişimi izlenmektedir.



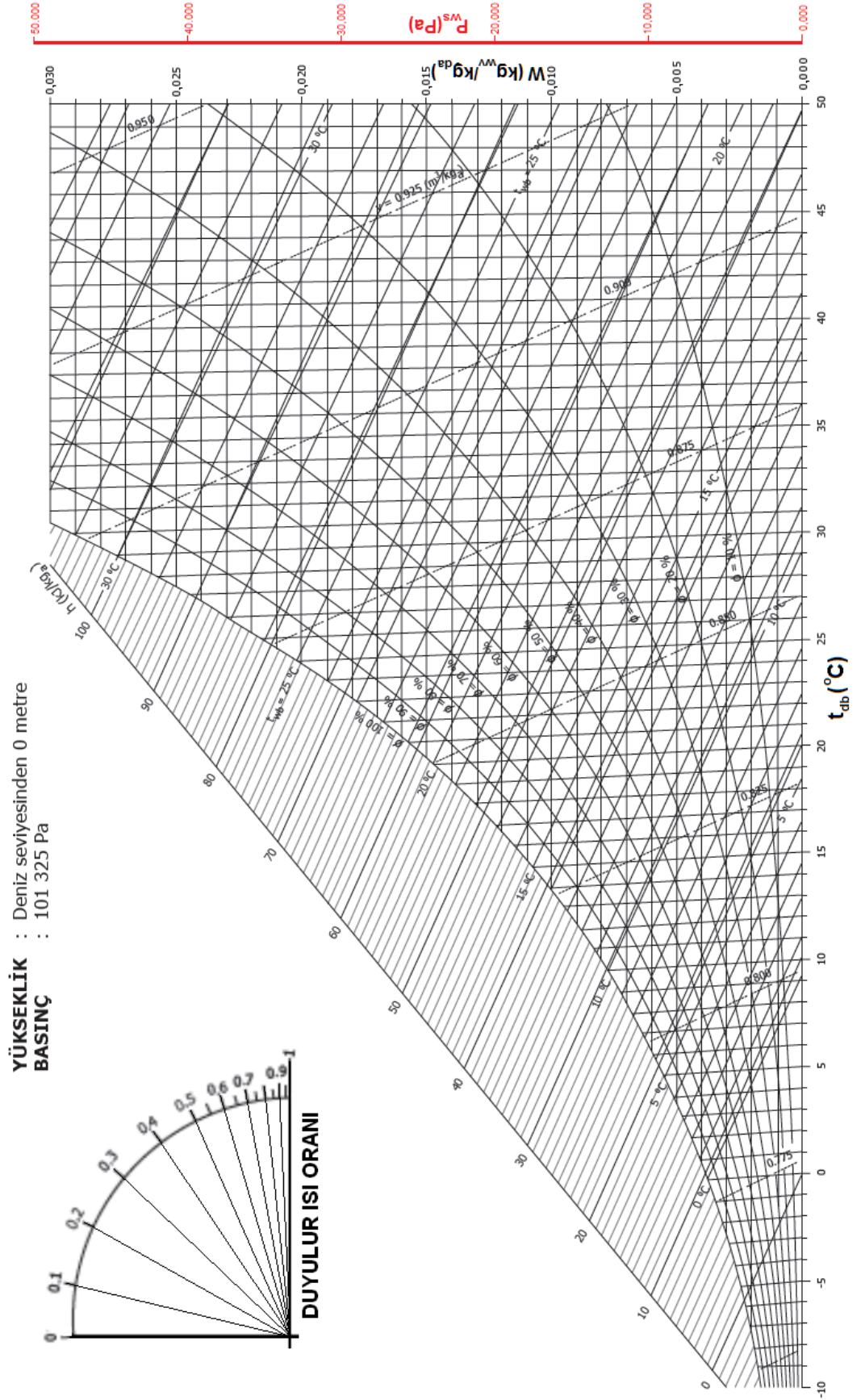
Örneğin kuru havanın özgül hacmi artmakta, kuru termometre sıcaklıklarının doyma noktalarındaki mutlak nem oranları da keza artmaktadır. Bunların yanı sıra özgül entalpilerde de farklılıklar meydana gelmektedir. Buradan da klima proseslerinin en doğru ve/veya irtifa açısından en yakın psikrometrik diyagramlara işlenmesi, örneğin ısıtma-soğutma yükleri, nemlendirme miktarı, nem alma işlemi için gereken soğutma yüklerinin bu diyagramlarda belirlenmesi şarttır. Aksi halde diyagram üzerinden yapılacak hesaplamalar belirli hata oranlarına sahip olacaktır.

## 4.2. DENİZ SEVİYESİ PSİKROMETRİK DİYAGRAMLARI

### 4.2.1. Normal Sıcaklık Psikrometrik Diyagramı

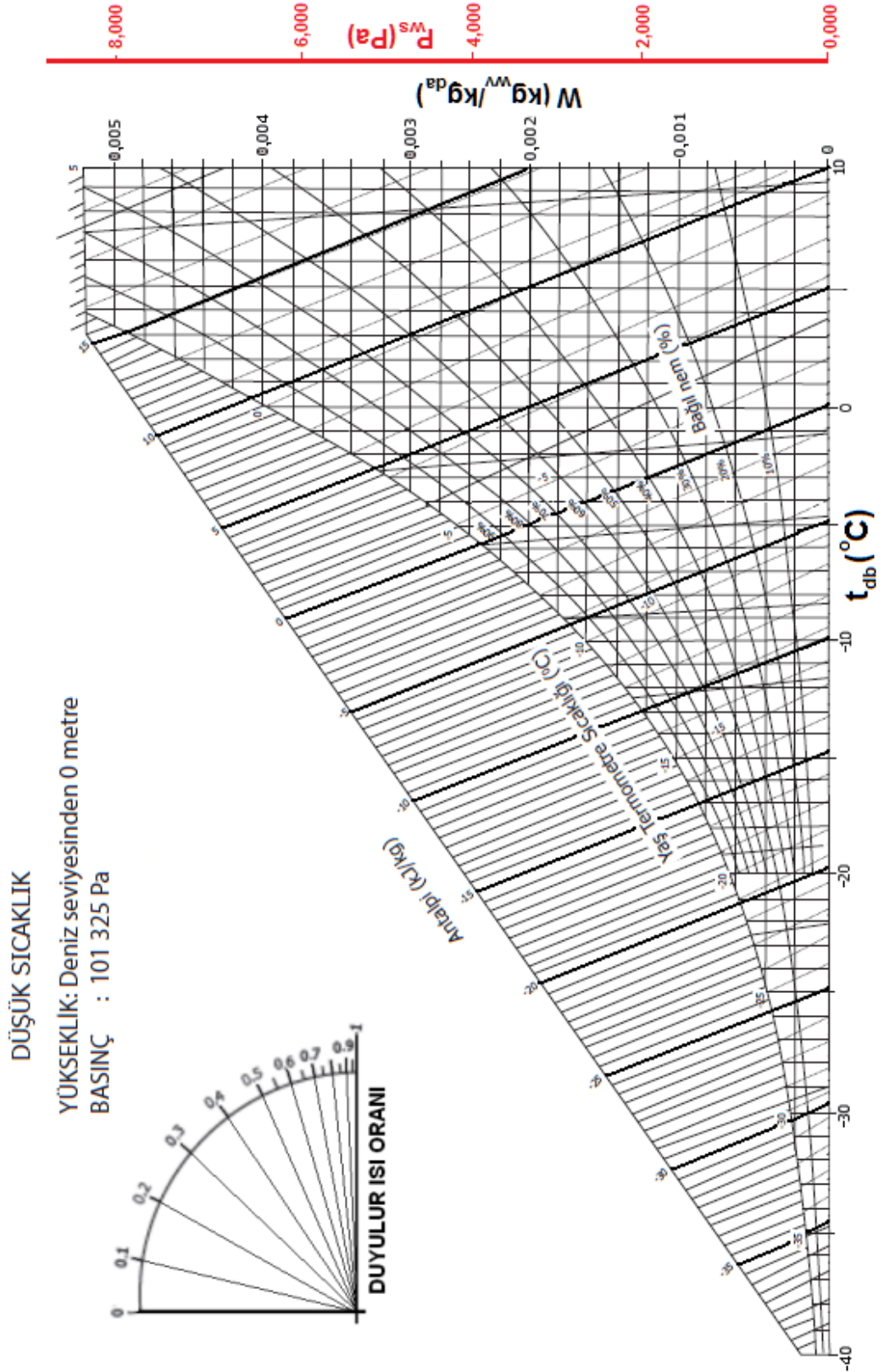
-10°C ila +50°C arasındaki sıcaklıklara hitap eden, İMEKSAN A.Ş.'nin kullandığı psikrometrik diyagramı burada sunuyoruz. Çünkü bu sayede dış hava sıcaklığı 0°C'in altında olan yerlerde

de ısıtma yüklerini diyagram üzerinde belirlemek mümkün olmaktadır. Ayrıca bu diyagramda buhar basınçları da kırmızı bir koordinat ile gösterilmektedir.

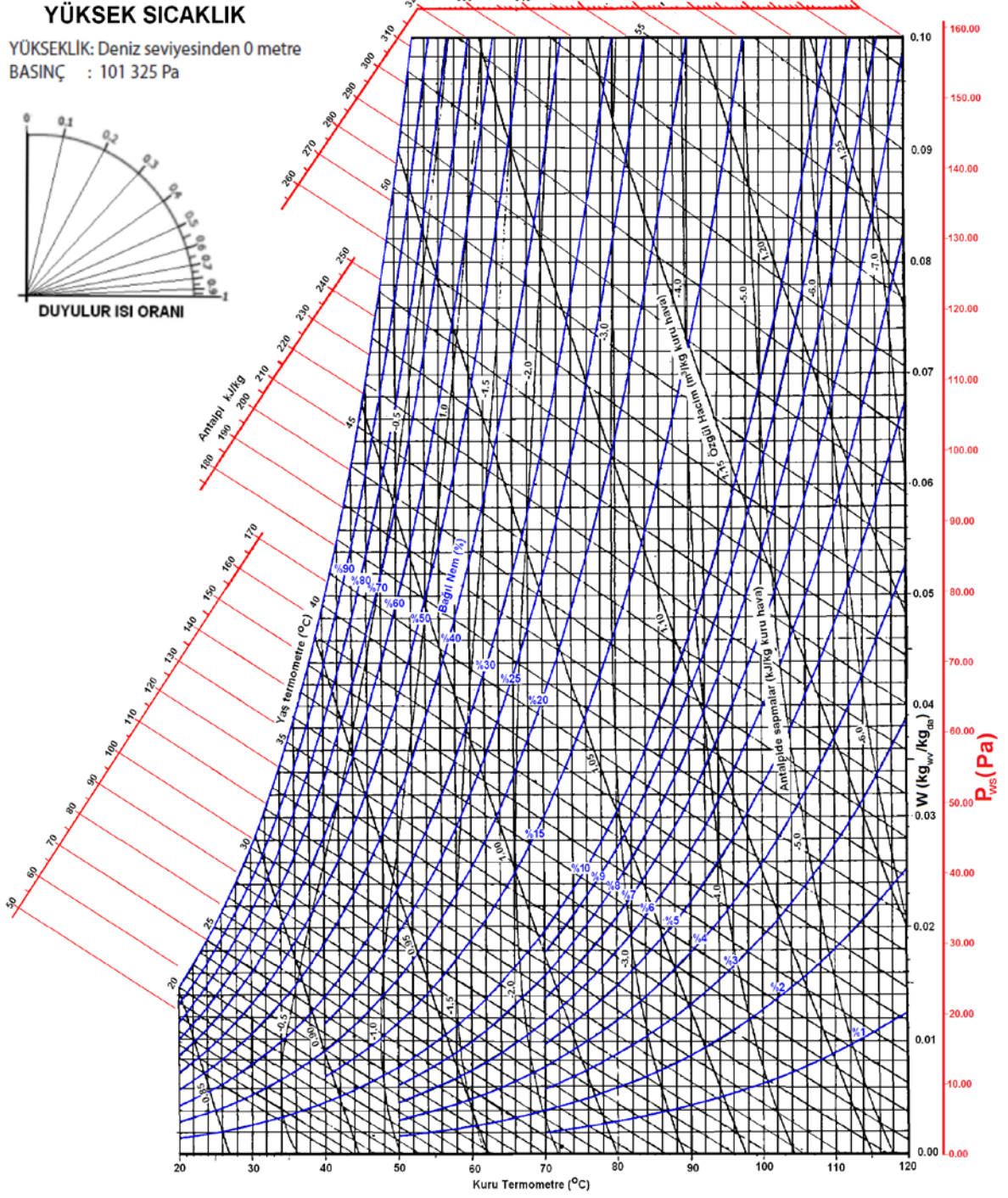




#### 4.2.2. Düşük Sıcaklık Psikrometrik Diyagramı



### 4.2.3. Yüksek Sıcaklık Psikrometrik Diyagramı



### 4.3. DENİZ SEVİYESİNDEN YÜKSEK MAHALLER İÇİN PSİKROMETRİK DİYAGRAMLAR

#### 4.3.1. Genel

ASHRAE'in geliştirdiği psikrometrik diyagramlar arasında üç tane de yüksek irtifalar için psikrometrik diyagramlar bulunmaktadır. Bu diyagramlar 750 metre, 1500 metre ve 2250 metre içindir. Ancak ülkemiz dikkate alındığında bu diyagramların 500 metre, 1000 metre, 1500 metre ve 2000 metre irtifalar için yapılmasında büyük faydalar vardır.

İrtifaya bağlı değişkenler içinde başta barometrik basınç gelmektedir. Barometrik basınç deniz seviyesinden olan yükseklik arttıkça, buna bağlı olarak düşüş göstermektedir. Bu değişiklik 2.4.1'deki tabloda gösterilmiştir. Aynı tabloyu burada bir daha veriyoruz.

İrtifa	Sıcaklık	Basınç
m	C	Pa
-500	18,20	107,478
0	15,00	101,325
500	11,80	95,461
1000	8,50	89,875
1500	5,20	84,556
2000	2,00	79,495
2500	-1,20	74,682
3000	-4,50	70,108
4000	-11,00	61,640
5000	-17,50	54,020
6000	-24,00	47,181
7000	-30,50	41,061
8000	-37,00	35,600
9000	-43,50	30,742
10 000	-50,00	26,436

Ref: NASA (1976), ASHRAE Handbook-Fundamentals,2013

Yukarıdaki tablodaki atmosferik basınç değerleri , aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$P_{\text{bar}}=101,325 (1- 2,25577 \times 10^{-5} \times Z)^{5,2559}$$

**Z**=Deniz seviyesinden irtifa (m)

Buhar basıncı da 3.9'da aşağıdaki gibi ifade edilmişti.

$$P_{\text{wv}}=1.6077W(101.325(1 - 2.25577 \times 10^{-5} \times Z)^{5.2559}-P_{\text{wv}})$$



Bu formüllerden hareketle psikrometrik diyagramı oluşturabilmemiz için gerekli doneleri aşağıdaki gibi formülize edebiliriz:

Mutlak nem oranı: ( bkz.konu 3.8 )

$$W=0.622P_{wv}/(P_{bar}-P_{wv})..... (g/kg)$$

Özgül hacim:

$$\gamma= V/m_a=(R_a.T)/(P_{bar}-P_{wv}) =(R_a.T)/(1+ w/622).(m^3/kg)$$

Özgül Entalpi:

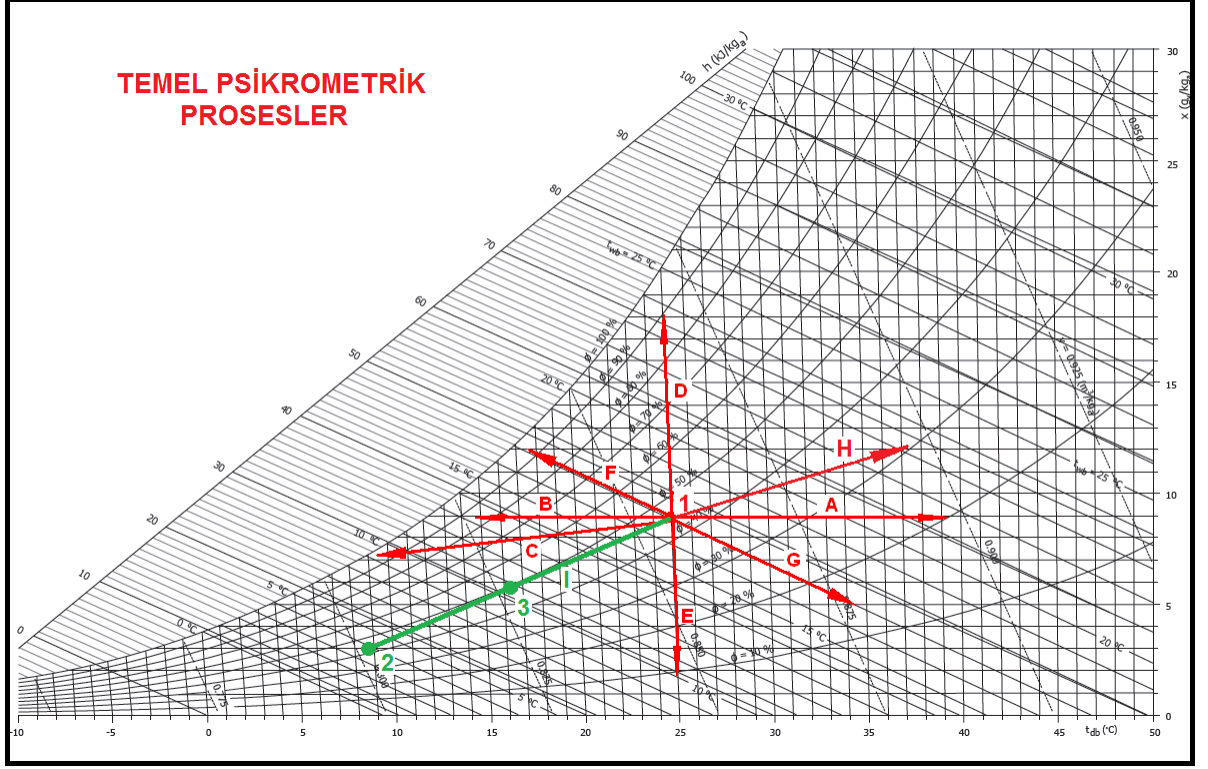
$$h= h_{da} + W.h_{wv}=1,005t + W(2,501 + 0,001805 x t )..(kJ/kg)$$

Bu formüller esas alınarak hesaplanmış olan 0, 500, 1000, 1500 ve 2000 metre irtifaların psikrometrik tabloları üçüncü bölüm, konu-8 "Tablolar"da verilmektedir. Ayrıca ASHRAE psikrometrik diyagramları esas alınarak geliştirilmiş 750m, 1500m ve 2250m irtifalara ait psikrometrik diyagramlar da aşağıda gösterilmektedir.



## 5. TEMEL PSİKROMETRİK PROSESLERLER

### 5.1. PSİKROMETRİK DİYAGRAMDAKİ TEMEL İŞLEMLERİN KISA TANIMI

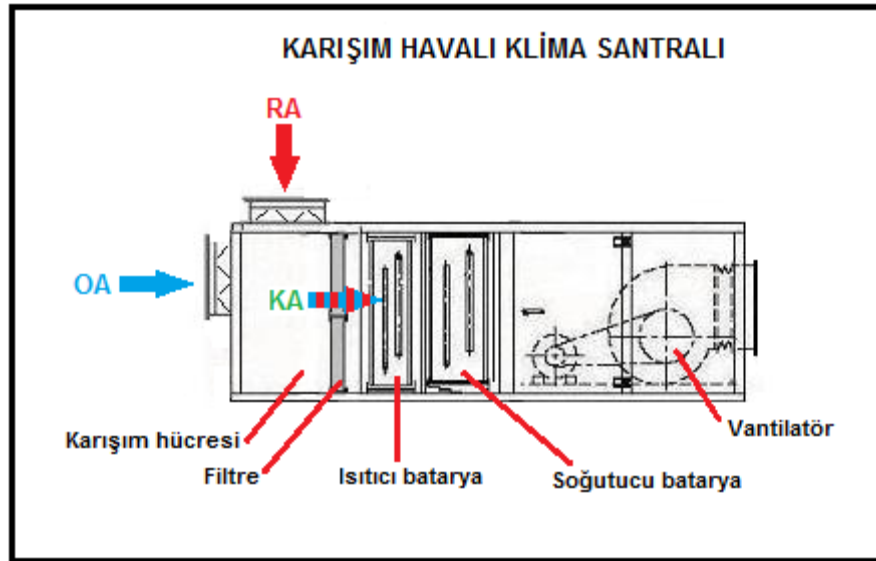
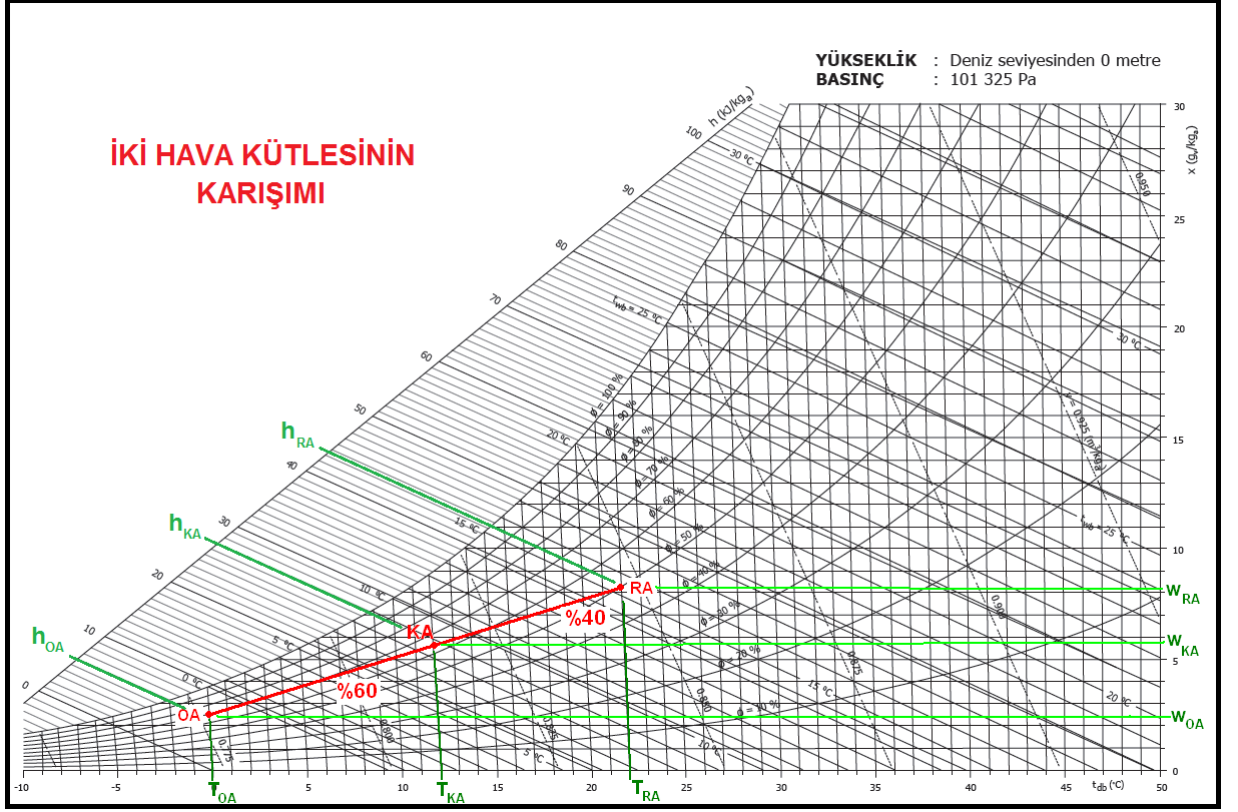


Temel psikrometrik prosesler yukarıdaki psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmektedir. Bu prosesleri , diyagramdaki kodlamalara sadık kalarak, aşağıdaki gibi dört ana grupta tanımlayabiliriz:

- A- Değişik şartlardaki iki hava kütesinin karışımı
- B- Havanın ısıtılması
  - Havanın duyulur ısıtılması (A)
  - Havanın ısıtılması ve nemlendirilmesi (H)
- C- Havanın soğutulması
  - Havanın duyulur soğutulması (B)
  - Havanın soğutulması ve neminin azaltılması (C)
- D- Havanın nemlendirilmesi veya neminin azaltılması
  - Havanın izotermik olarak nemlendirilmesi (D)
  - Havanın neminin izotermik olarak azaltılması (E)
  - Havanın yıkanması (adyabatik soğutma) (F)
  - Havanın neminin adyabatik olarak azaltılması (G)

Bu işlemleri 5.2'den başlayarak detaylı bir biçimde inceleyeceğiz.

## 5.2. DEĞİŞİK İKİ HAVA KÜTLESİNİN KARIŞIMI



Değişik iki hava kütlesinin karışımı proses olarak yukarıdaki psikrometrik diyagramda ve şematik olarak ta klima santrali çiziminde gösterilmektedir.

Bu proseste iki değişik hava kütlesinin toplamı karışım havasının toplam kütesini meydana getirmektedir. Keza bu iki kütlelerin entalpilerinin toplamı da karışım havasının toplam entalpisini oluşturmaktadır. Bu işlemi şu şekilde ifade edebiliriz.

$$M_{KA} = M_{RA} + M_{OA}$$

$$M_{KA} \cdot c_p \cdot t_{KA} = M_{RA} \cdot c_p \cdot t_{RA} + M_{OA} \cdot c_p \cdot t_{OA}$$

$$t_{KA} = (M_{RA} \cdot t_{RA} + M_{OA} \cdot t_{OA}) / M_{KA} \dots\dots\dots (^\circ\text{C})$$

Bu denklemde özgül ısı “ $c_p$ ” sabit olduğu için birbirini götürür ve sadeleşerek aşağıdaki duruma dönüşür.

$$M_{KA} \cdot t_{KA} = M_{RA} \cdot t_{RA} + M_{OA} \cdot t_{OA}$$

Bu formül sayesinde karışım havası sıcaklığı “ $t_{KA}$ ” aşağıdaki gibi bulunur:

$$t_{KA} = (M_{RA} \cdot t_{RA} + M_{OA} \cdot t_{OA}) / M_{KA} \dots\dots\dots (^\circ\text{C})$$

Aynı şekilde karışım havasının entalpi değeri de aşağıdaki gibi bulunur

$$h_{KA} = (M_{RA} \cdot h_{RA} + M_{OA} \cdot h_{OA}) / M_{KA} \dots\dots\dots (\text{kJ/kg})$$

benzeri denklemi mutlak nem oranları için de kurabiliriz.

$$M_{KA} \cdot w_{KA} = M_{RA} \cdot w_{RA} + M_{OA} \cdot w_{OA}$$

$$w_{KA} = (M_{RA} \cdot w_{RA} + M_{OA} \cdot w_{OA}) / M_{KA} \dots\dots\dots (\text{kJ/kg})$$

Bu işlemlerde “ $M$ ” kg/h cinsinden hava kütlelerini , alt simgeler “ $RA$ ” oda havasını veya dönüş havasını, “ $OA$ ” dış havayı, “ $KA$ ” ise karışım havasını belirtmektedir.

Hesap yoluyla yapılan bu çözümü psikrometrik diyagram üzerinde de yapmak mümkündür. Şöyle ki;

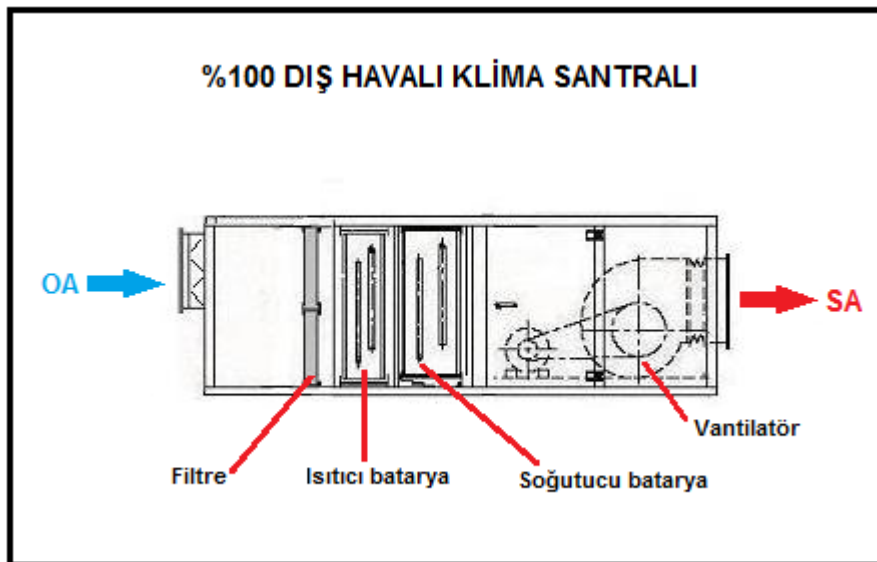
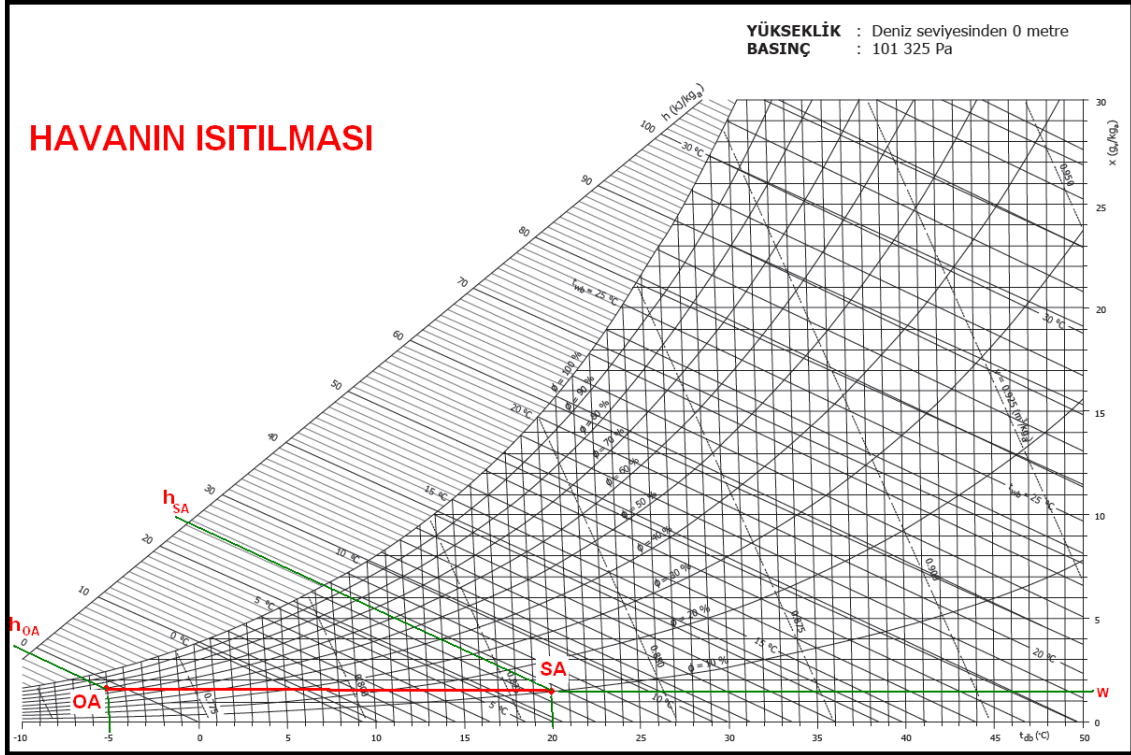
- Dış hava ve iç hava şartlarını psikrometrik diyagram üzerinde belirle,
- Belirlediğin iki noktayı bir düz çizgi ile birleştir. Karışım işlemi bu hat üzerinde gerçekleşecektir.
- Çizginin boyunu ölç. Dış hava oranı ile çarp. Çıkan sonucu “ $RA$ ” tarafından ölçüp hat üzerinde işaretle. Bulduğunuz nokta size karışım havasının özelliklerini verir. Bu noktayı esas alarak,  $rH$ ,  $T_{db}$ ,  $T_{wb}$ ,  $w$  ve  $h$  değerlerini belirleyebilirsiniz.

**ÖRNEK:** Dönüş havası şartları 20°C KT, %50 rH, dış hava şartları 0°C KT ve %70 rH , dış hava oranı %40 olan bir karışımın şartlarını belirleyin.

Dönüş havası ve dış hava şartları psikrometrik diyagramda belirlenir ve iki nokta birleştirilir. İki nokta arasındaki uzunluğun %40’ı dönüş havası tarafından işaretlenir. Bu

nokta karışım şartlarıdır ve psikrometrik diyagramdan okunur (bkz. Psikrometrik Diyagram- İki Hava Kütlesinin Karışımı).

### 5.3. HAVANIN ISITILMASI



Duyulur ısıtma işlemi havaya ısının transferini içerir. Bu işlem klima santrallerinde ve ısıtma cihazlarında ısıtıcı bataryalar, ısı geri kazanım cihazlarında yalnız duyulur ısı transferi yapan ısı geri kazanım üniteleri, elektrikli ısıtıcılar gibi elemanlarca gerçekleştirilir. Bu işlem esnasında nem alış-verişi olmadığından mutlak nem oranı "W" proses boyunca sabit kalır. Ancak ısıtma işlemi esnasında havanın kuru termometre sıcaklığı artmakta olduğundan bağıl nem devamlı düşüş gösterir. Bunun nedeni de yükselen kuru termometre sıcaklığının

doyma noktasının daha yüksek mutlak nem oranlarına tekabül etmesidir. Bu da orantı neticesi bağıl nemin düşmesidir. Bu proses psikrometrik diyagramda yatay çizgi olarak gösterilir. İşlemi yukarıdaki psikrometrik diyagramda görmektesiniz. Yüzde yüz dış havalı klima santralının şematik çiziminde de “mavi” renkte giren dış havanın ısıtıcı bataryada ısıtıldığı görülmektedir. Çıkan ısınmış hava kırmızı renkte gösterilmektedir.

Bu işlemi analitik olarak aşağıdaki gibi gösterebiliriz:

$$Q=M.c_p(T_{SA}-T_{OA})$$

$$Q=V.(1/\gamma).c_p(T_{SA}-T_{OA})$$

$$Q=V.(1/\gamma)(h_{SA}-h_{OA})$$

Yukarıdaki formüllerde kullanılan alt simgeler:

$_{SA}$  = Üfleme havasını

$_{OA}$  = Dış havayı simgelemektedir.

**ÖRNEK:** 10.000 m<sup>3</sup>/h dış hava klima santralının ısıtma santralına -5°C, %70 rH'ta girmektedir. Çıkış şartı ise +20°C'tir. Çıkış şartındaki bağıl nemi ve bataryanın ısıtma kapasitesini bulun.

Çözümü psikrometrik diyagram üzerinden yaparsak:

$$H_{OA} = -1.3 \text{ kJ/kg}$$

$$H_{SA} = 24.8 \text{ kJ/kg}$$

$$Q=10000 (1/0.800)(24.7+1.3)= 325000 \text{ kJ/h bulunur.}$$

Aynı işlemi kuru termometre sıcaklığı üzerinden yaparsak:

$$Q=10000 \times 1.041 (1/0.800)(20+5) = 325313 \text{ kJ/h bulunur. (= 96.26KW )}$$

## 5.4. HAVANIN SOĞUTULMASI

### 5.4.1. Duyulur Soğutma

Duyulur soğutma işlemi ısıtma işleminin tam tersidir. Bu işlem esnasında havanın yalnız kuru termometre bazında entalpisi azaltılır, mutlak nem oranı sabit kalır. Bu işleme örnek olarak klima santralleri içindeki soğutucu bataryaları, fan-coil ve endüksiyon cihazlarındaki serpantinleri ve plakalı eşanjörleri gösterebiliriz. Bu işlem esnasında çiy noktası sıcaklığına erişilmediği için

soğutulan nemli havanın içindeki mutlak nem oranında herhangi bir değişiklik söz konusu değildir.

Bu işlemi analitik olarak aşağıdaki gibi gösterebiliriz:

$$Q = M \cdot c_p (T_{RA} - T_{SA})$$

$$Q = V \cdot (1/\gamma) \cdot c_p (T_{RA} - T_{SA})$$

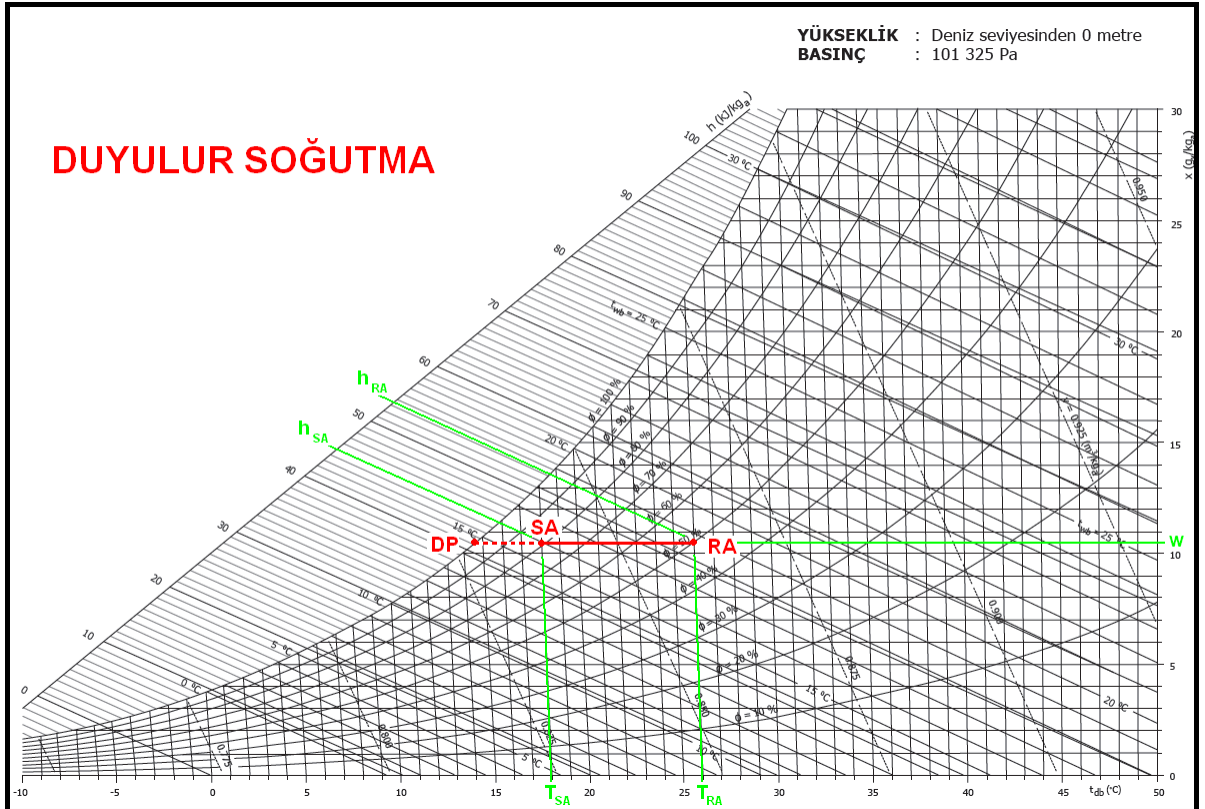
$$Q = V \cdot (1/\gamma) (h_{RA} - h_{SA})$$

Yukarıdaki formüllerde kullanılan alt simgeler:

$T_{SA}$  = Üfleme havasını

$T_{RA}$  = Mahal havasını simgelemektedir.

Duyulur soğutma prosesi aşağıdaki psikrometrik diyagramda gösterilmektedir. Görüldüğü gibi proses boyunca mutlak nem oranı "W" değişmemekte ve sabit kalmaktadır.



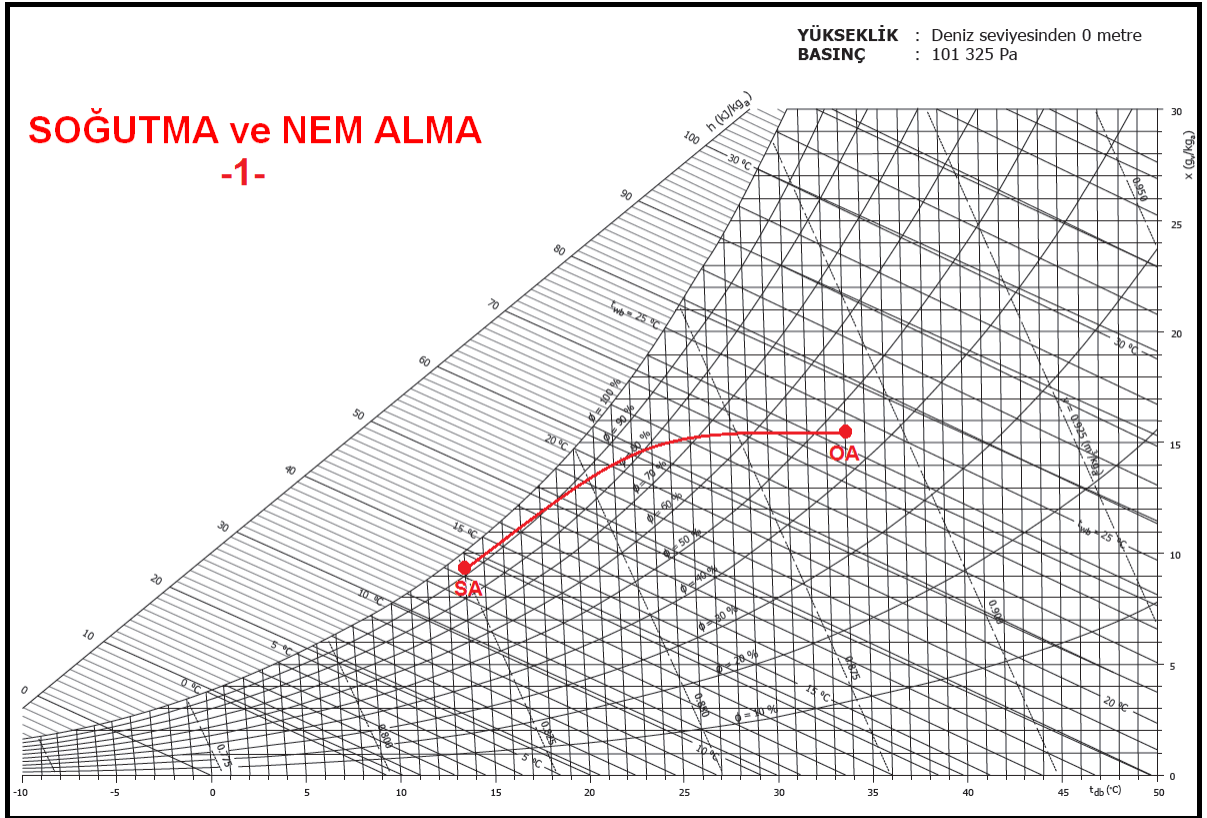
Burada yeni bir tabirle tanışıyoruz. "DP" olarak adlandırdığımız bu nokta çiy noktası veya mahal çiy noktasıdır. Bu nokta mahal şartlarından çizilen yatay bir doğrunun %100 bağıl nem eğrisini yani doyma eğrisini kestiği noktadır. Bu



noktaya kadar olan soğutma işlemlerinde havanın mutlak nem oranı değişmez. Bu nedenle bu prosese duyulur soğutma tabir edilir.

#### 5.4.2. Soğutma ve Nem Alma

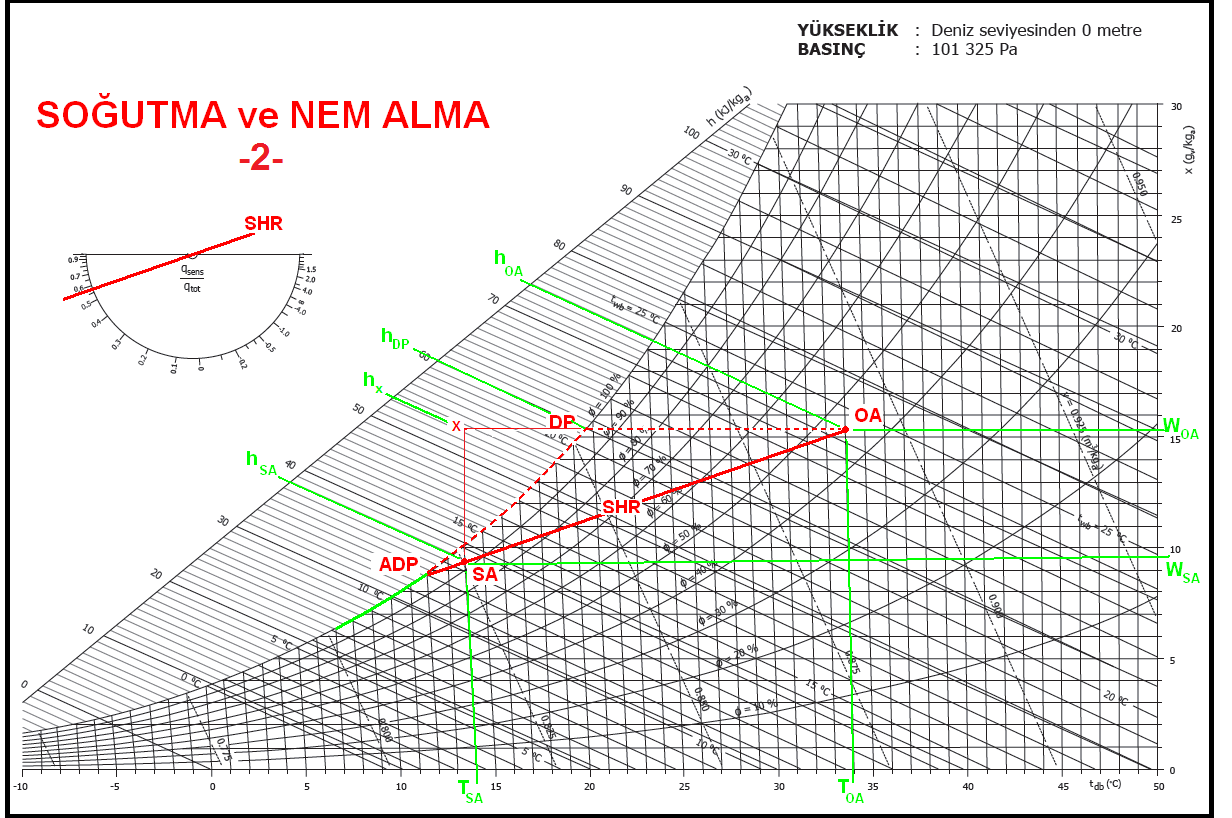
Soğutma ve nem alma prosesi aşağıdaki diyagramda görüldüğü gibi gerçekleşir. Bu işlem esnasında "OA" olarak belirtilen dış hava başlangıçta duyulur olarak soğur ve bu işlem yatay bir çizgi halinde gerçekleşir. Ancak belirli bir noktaya gelindikten sonra soğutucu bataryanın soğuk satırları ile temas eden hava içindeki nemi yoğunlaşma suretiyle bırakmaya başlar. Bu işlem "SA" noktasına varılıncaya kadar devam eder. "SA" noktasını soğutucu bataryanın tasarımı, örneğin toplam ısı transferi alanı, ısı iletim katsayısı ve logaritmik sıcaklık farkı belirler. Bu konuya ileride aynı bahis içinde daha detaylı bir biçimde değineceğiz.



Bu reel prosesi psikrometri açısından incelediğimizde aşağıdaki bulgulara varırız. Bu da gerçekleşen işlemin termodinamik açıdan izahıdır.

Bu proses esnasında hava çiy noktası altında bir sıcaklığa soğutulmak istenmektedir. Ancak salt duyulur soğutma olarak bu mümkün değildir çünkü psikrometrik proseslerde doyma eğrisinin üstünde bir noktaya soğutma mümkün olmadığı için mahal çiy noktası olan "DP" konumuna kadar duyulur olarak soğur, bu noktaya vardıktan sonra hava içindeki nemi bırakmaya başlar. Bu proses içinde iki değişik işlem yer almaktadır.

- Duyulur soğutma. Bu soğutma esnasında havanın mutlak nem oranı “DP” noktasına gelinceye kadar değişmez. Bu noktadan itibaren soğutma işlemi ile birlikte nem alma işlemi de başlar.
- Mutlak nem oranının azaltılması (izotermik proses). Mahal çiy noktasına erişildikten sonra devam eden soğutma prosesi neticesi hava içindeki nemi yoğunlaşma suretiyle bırakmaya başlar. Çünkü daha önceki bahislerde gördüğümüz gibi kuru termometre sıcaklığının düşmesi ile kısmi buhar basıncı da düşmekte ve buna bağlı olarak doyma noktasındaki mutlak nem miktarı da azalmaktadır. Soğutma işlemi “ADP” noktasına kadar devam eder.



Bunun neticesi olarak karşımıza eğimli bir proses çizgisi çıkar. Bu çizgi üzerindeki bazı tanımlar bu kitapta karşımıza ilk olarak çıkmaktadır. Bunlardan “DP” “Mahal Çiy Noktası”nı daha önce görmüştük. Buna ilaveten yeni tanımlarımızı şu şekilde özetleyebiliriz:

**SHR** : Duyulur ısı oranı (proses hattının eğimini belirler)

**ADP** : Cihaz çiy noktası

**SH**: Duyulur ısı yükü

**LH**: Gizli ısı yükü

**TH**: Toplam ısı yükü

**SA**: Sevk havası şartları

Duyulur ısı oranı bir mahallin veya sistemin toplam duyulur ısı kazançlarının aynı mahallin veya sistemin toplam ısı kazançlarına olan oranıdır.

$$\text{SHR} = \frac{\text{SH}}{\text{TH}}$$

Klima yükü bilindiği gibi duyulur ve gizli ısı yüklerinden oluşmaktadır ve aşağıda gösterilen kalemlerden meydana gelmektedir. Ancak burada bir hususa dikkat edilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki tabloda dış havadan, diğer bir ifade tarzı ile taze havadan kaynaklanan ısı yükü gösterilmemiştir çünkü bu yük mahallin değil, sistemin yükü olarak mütalaa edilmiştir.

Mahal ısı kazancı	Duyulur ısı kazancı	Gizli ısı kazancı
Radyasyon	+	
Kondüksiyon	+	
Dahili kazançlar	+	
insanlar	+	+
aydınlatma	+	
ekipmanlar	+	+
Enfiltrasyon	+	+

Mahal ısı yüküne dış havadan gelen soğutma yükü de eklendiğinde sistemin toplam ısı yükü belirlenmiş olur. Aşağıdaki tabloda da sistemin duyulur ve gizli ısı kazançları gösterilmiştir. Bu tabloya dış havadan kaynaklanan duyulur ve gizli ısı yükleri de ilave edilmiştir.

Sistem ısı kazancı	Duyulur ısı kazancı	Gizli ısı kazancı
Radyasyon	+	
Kondüksiyon	+	
Dahili kazançlar	+	
insanlar	+	+
aydınlatma	+	
ekipmanlar	+	+
Enfiltrasyon	+	+
Dış Hava yükü	+	+

Yukarıdaki tablolardan ve açıklamadan da anlaşılacağı gibi birbirinden farklı iki değişik duyulur ısı oranı mevcuttur. Bunlardan birincisi mahallin duyulur ısı oranıdır. Diğeri de sistemin duyulur ısı oranıdır.

$$\text{RSHR} = \frac{\text{RSH}}{\text{RTH}}$$

$$\text{ESH} = \frac{\text{ESH}}{\text{ETH}}$$

**RSHR** : Mahal duyulur ısı oranı

**ESHR** : Sistem duyulur ısı oranı

Sistem ısı kazancının oda ısı kazancından farkı havalandırma için gerekli olan dış havadan gelen duyulur ve gizli ısı yüklerini içermesidir. Bu nedenle iki değer birbirinden farklıdır.

**RSHR ve ESHR** değerleri bize soğutma prosesi çizgisinin eğimini belirler. Bu eğimi iki türlü belirleyebiliriz. Bunlardan biri hesap yoluyla, diğeri de psikrometrik diyagramdaki duyulur ısı oranı yarım dairesinden faydalanmak suretiyle.

Hesap yoluyla proses çizgisinin eğimi aşağıdaki gibi saptanır:

Psikrometrik prosesi içeren yukarıdaki diyagramı incelediğinizde “x” olarak belirlenmiş bir hipotetik nokta görürsünüz. Bu nokta aslında yoktur. Yalnızca duyulur soğutma prosesini belirleyebilmek için konulmuştur. OA ile x noktası arasındaki yatay çizgi duyulur soğutma prosesini ve yükünü belirler. Buradaki duyulur soğutma yükünü aşağıdaki gibi belirleyebiliriz.

$$Q_{duy} = V \cdot (1/\gamma) \cdot c_p (T_{OA} - T_x)$$

veya

$$Q_{duy} = V \cdot (1/\gamma) (h_{OA} - h_x)$$

Aynı şekilde gizli soğutma yükünü de aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$Q_{giz} = V \cdot (1/\gamma) (h_x - h_{SA})$$

veya

$$Q_{giz} = V \cdot (1/\gamma) (w_{OA} - w_{SA}) (h_{fg})$$

**h<sub>fg</sub>** = Suyun normal atmosferik şartlarda buharlaşma (yoğuşma) ısısı.  
(15°C ve 101325 Pa’da 2465.38 KJ/kg)

Bu iki değer bize dik açılı üçgenimizin iki kenarını verir ve bu sayede “SA” noktasını buluruz.

Diğer bir yöntem ise psikrometrik diyagramlarda bulunan duyulur ısı oranları cetvelidir. Yarım daire tarzındaki bu cetvel diyagramının sol üst köşesinde bulunmaktadır. Burada duyulur ısı oranımızın skala üzerindeki değeri ile yarım dairenin merkezini birleştirerek bir doğru çizer ve bu doğruyu paralel olarak "OA" noktasına taşırız. Bu doğru bizim soğutma proses hattımızdır. Bu hattın %100 bağıl nem çizgisini, yani doyma eğrisini kestiği yer cihaz çiy noktası "ADP"dir. Bu noktayı "DP" ile karıştırmamak gerekir. Biri mahallin çiy noktası, diğeri ise cihazın çiy noktasıdır.

Niye soğutulmuş hava "ADP" şartlarında mahalle sevk olunmamakta, bunun yerine "SA" şartlarında sevk olunmaktadır? Bunun cevabını "by-pass" oranı dediğimiz bir oluşumla açıklayabiliriz. "By-pass" belirli bir orandaki havanın herhangi bir şartlandırmaya tabi tutulmaksızın, hiçbir değişime uğramaksızın geçen miktarıdır. Bunun klimatize tüm havaya oranına da "by-pass oranı" tabir edilir. By-pass oranı diğer bir ifadeyle kaçak oranıdır. Yalnız ısıtıcı ve soğutucu bataryalarda değil, filtrelerde, damperlerde de by-pass oranları vardır. By-pass oranları, soğutucu bataryanın tasarımına, örneğin sıra sayısına, hava alın hızına, boru ve kanat konfigürasyonuna bağlı olarak %2 ila %10 arasında değişiklik gösterir. Bu by-pass'ın neticesi "ADP" noktasından uzaklaşılır ve "SA" noktasına varılır. Bunu iki değişik hava kütlelerinin karışımı olarak ta izah edebiliriz. Örneğin havanın %94'ü ADP şartlarında soğutucu bataryadan çıkmaktadır, %6'sı ise soğutucu batarya ısı transfer satırlarına değmeden girdiği gibi "OA" şartlarında çıkmaktadır. Bu iki hava kütlelerinin karışımı bize "SA" noktasını vermektedir.

Şu ana kadar anlattığımız işlemi bir örnekle pekiştirelim.

**34°CKT , %45 rH şartlarındaki 10000 m<sup>3</sup>/h 14°CKT, %92 rH şartlarına soğutulacaktır.**

- Toplam soğutma yükünü
- Duyulur soğutma yükünü
- Duyulur ısı oranını
- Alınan nem miktarını hesaplayınız.

**Psikrometrik diyagramdan aşağıdaki termodinamik bulgular alınır.**

$$\gamma_{OA} = 0.875 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$w_{OA} = 0.0154 \text{ kg/kg}$$

$$h_{OA} = 74 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{SA} = 0.0097 \text{ kg/kg}$$

$$h_{SA} = 38 \text{ kJ/kg}$$

**Sistemin toplam soğutma yükü**

$$\Sigma Q = V(1/\gamma_{OA})(h_{OA} - h_{SA})$$

$$\Sigma Q = 10.000 (1/0,875)(74-38)$$

$$\Sigma Q = 411.428 \text{ kJ/h} = 114,265 \text{ kW} \text{ .....Toplam soğutma yükü}$$

**(1 kJ = 0.000277728 kW)**

$$Q_{duy} = V(1/\gamma_{OA})Cp(t_{OA} - t_{SA})$$

$$Q_{duy} = 10.000(1/0.875)1.041(34-14)$$

$$Q_{duy} = 237943 \text{ kJ/h} = 65,98 \text{ kW} \dots\dots\dots \text{Duyulur ısı yükü}$$

$$SHR = Q_{duy}/\Sigma Q$$

$$SHR = 68,98/114,265 = 0,577 = \%58 \dots\dots\dots \text{Duyulur ısı oranı}$$

$$W = V(1/\gamma_{OA})(w_{OA} - w_{SA})$$

$$W = 10.000(1/0,875)(0,0154 - 0,0097)$$

$$W = 65,14 \text{ kg/h} \dots\dots\dots \text{Alınan nem miktarı}$$

Bu arada “ADP” cihaz cıy noktasının önemine değinmek gerekir. ADP soğutucu bataryanın satıh sıcaklığına eşit kabul edilir. Soğutucu bataryanın satıh sıcaklığı da soğutucu akışkanın giriş/çıkış sıcaklıklarıyla yakından ilgilidir. Satıh sıcaklığını belirleyen en önemli unsurdur. Soğutucu bataryalar ekseriyetle ters töne akışlı ısı eşanjörleri olarak tasarlanır ve imal edilirler. “SA” noktası tasarıma tamamen bağlı olmakla birlikte “ADP” sıcaklığını soğutucu batarya satıh sıcaklığına eşit kabul edilir . Soğutucu batarya satıh sıcaklığı da soğutucu akışkanın çıkış sıcaklığına eşit kabul edilir. Bu kabuldeki hata payı çok düşüktür ( $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ). Bu nedenle soğutucu akışkan çıkış sıcaklığı ADP’yi ve dolayısıyla proses eğrisini ve duyulur ısı oranını belirler. Eğer duyulur ısı oranınız ve dolayısıyla ADP ve SA önceden belirlenmişse soğutucu akışkan giriş/çıkış sıcaklıklarını belirlemede geniş bir serbestiniz yoktur. Bizim örneğimizde ADP  $12^{\circ}\text{C}$  olarak belirlenmiştir. Bu nedenle soğutucu akışkan çıkış sıcaklığı da  $12^{\circ}\text{C}$  alınmalıdır. Aksi taktirde proses daha düşük bir duyulur ısı oranına sahip olacak. Bunun neticesi olarak ta duyulur soğtmada belirgin bir azalma, gizli soğutmada da bir artma meydana gelecektir. Bu uygulamayı ileride, klima santrallerini incelerken daha detaylı olarak göreceğiz

## 5.5. HAVANIN NEMLENDİRİLMESİ

Havanın nemlendirilmesi iki değişik tarzda yapılmaktadır. Bunlardan birincisi ve en eski metod olan havanın su ile yıkanmasıdır. Diğer metod ta havaya kuru buhar püskürtmek suretiyle nemlendirir. Bu iki uygulamayı ayrı ayrı ele alıp inceleyeceğiz.

### 5.5.1. Havanın Su İle Nemlendirilmesi

Havanın su ile nemlendirilmesi, diğer bir ifade tarzıyla havanın yıkanması aynı zamanda havanın adyabatik soğutulması da demektir. Havanın su ile nemlendirilmesi işlemi klima santralleri içinde yapıldığı gibi direkt mahallerde de yapılmaktadır. Örneğin bazı tekstil fabrikalarında, iğ tesislerinde mahallere basınçlı hava ile su borular vasıtasıyla sevk edilmekte, mahalle yerleştirilmiş nozullar vasıtasıyla püskürtülmektedir.

Klima santralleri içinde iki değişik yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi, klasik bir yöntem olan suyun pulverize bir şekilde havanın içine püskürtülmesidir. Bu sistemde yüksek debilerde su havanın içine püskürtülmekte, ancak bu suyun çok az miktarı buharlaşıp havaya karışmaktadır. Bakiye su, havuz tabir ettiğimiz haznede toplanmakta, buradan bir pompa vasıtasıyla tekrar nozullara sevk edilmekte ve püskürtülmektedir. Sistem şematik olarak aşağıda görülmektedir. Hava yıkayıcısı kırmızı dikdörtgen içinde görülmektedir.



Klima santrallerinde uygulanan diğer bir yöntem de dolgu tipi (matt type) nemlendiricilerdir. Bu uygulamada havanın içine doğrudan su püskürtülmesi yerine havanın ıslatılmış satırlarla teması sağlanmıştır. Daha az hacim gerektiren bu uygulamada nozullar da küçültülmüş neticede sirkülasyon pompası da

küçültülmüştür. Büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlayan bu uygulama günümüzdeki adyabatik soğutma ve nemlendirme işlemlerinde tercih edilmektedir.



Adyabatik soğutma ve nemlendirme işlemi yaz aylarında bağıl nemi düşük olan yerlerde hava soğutucusu- klima cihazı olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde bu uygulamaya müsait bölge olarak Güneydoğu Bölgemizi gösterebiliriz.

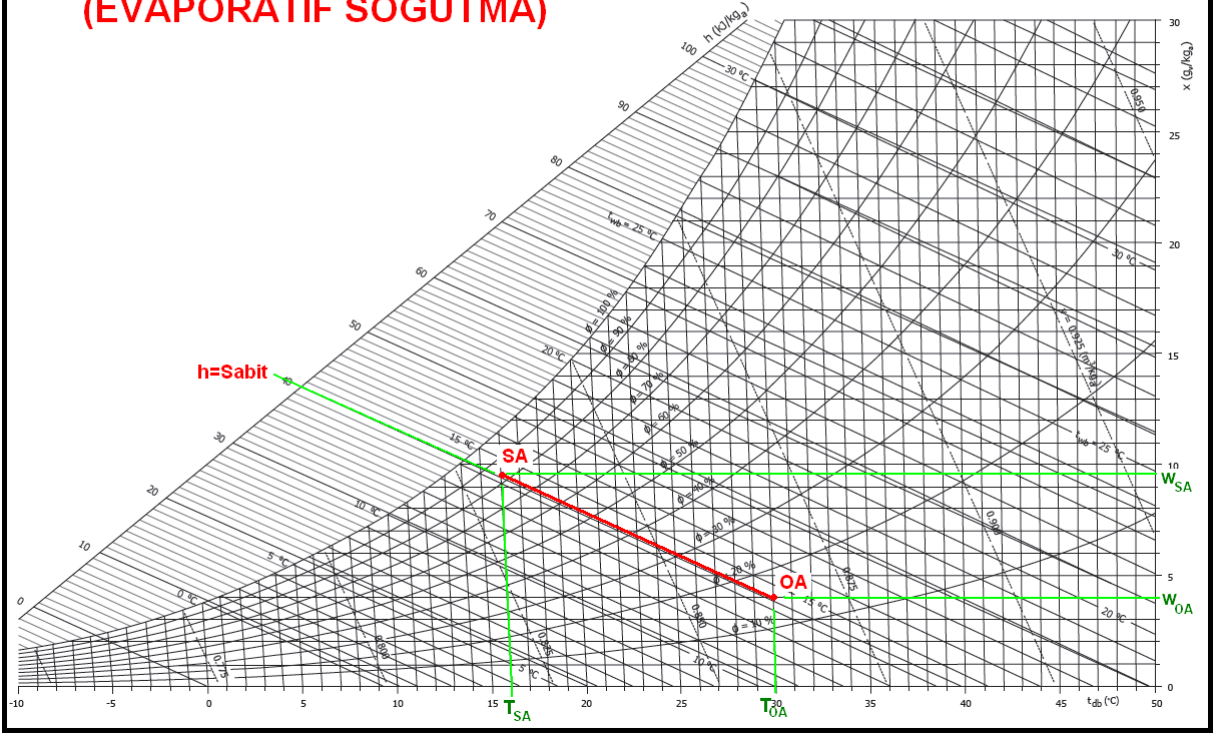
Aynı işlem su soğutma kulelerinde de uygulanmaktadır. Soğutma gruplarının su soğutmalı kondenserlerinden çıkan ısınmış su santrifuj pompalar vasıtasıyla soğutma kulesine sevk edilmektedir. Soğutma kulesinde su pulverize bir tarzda dolgu elemanlarının üzerine püskürtülmekte ve bu elemanların sathını ıslatmaktadır. Hava ile temas eden suyun belirli bir oranı buharlaşmakta, gerekli ısıyı da sudan almaktadır. Bu sayede soğutma kulesine sevk olunan su istenen derecede soğumuş olarak kondensere pompalanmaktadır. Soğutma kulelerinin en büyük avantajı soğutma gruplarına göreceli olarak daha düşük kondansasyon sıcaklıklarında çalışma olanağı sağlamak ve bu suretle soğutma verim ve kapasitesini arttırmaktır. Dezavantajı ise buharlaşma neticesi devamlı su kaybına sebebiyet vermektir.

İster havaya su püskürtme metodu ile nemlendirme, isterse dolgu tipi nemlendirme olsun her ikisi de psikrometrik proses olarak birbirinin aynıdır ve aşağıdaki psikrometrik diyagramda görüldüğü gibidir.



## HAVA YIKAMA VE NEMLENDİRME (EVAPORATİF SOĞUTMA)

**YÜKSEKLİK** : Deniz seviyesinden 0 metre  
**BASINÇ** : 101 325 Pa



Aşağıdaki resimde su-hava karışımını püskürten nozullar görülmektedir.



Buradaki temel işlem adyabatik olduğundan püskürtülen su buharlaşmak için gerekli ısıyı su ve havadan almaktadır. Bu işlem esnasında her ikisi de kavrılı rejim olarak ifade edeceğimiz bir duruma gelmekte, suyun sıcaklığı havanın adyabatik

soğutma sonucu varacağı doyma sıcaklığına eşit olmakta, havanın sıcaklığı ise nemlendiricinin verimi oranında bu sıcaklığa yaklaşmaktadır. Hava yıkayıcı nemlendiricilerde verim %70 ila %95 arasındadır. Verimi belirleyen hususlar içinde hava yıkayıcı hücrenin uzunluğu, havanın hızı, püskürtülen su miktarının havaya orantısı ve pulverizasyon işlemi sonrası meydana gelen tane büyüklüklerini gösterebiliriz.

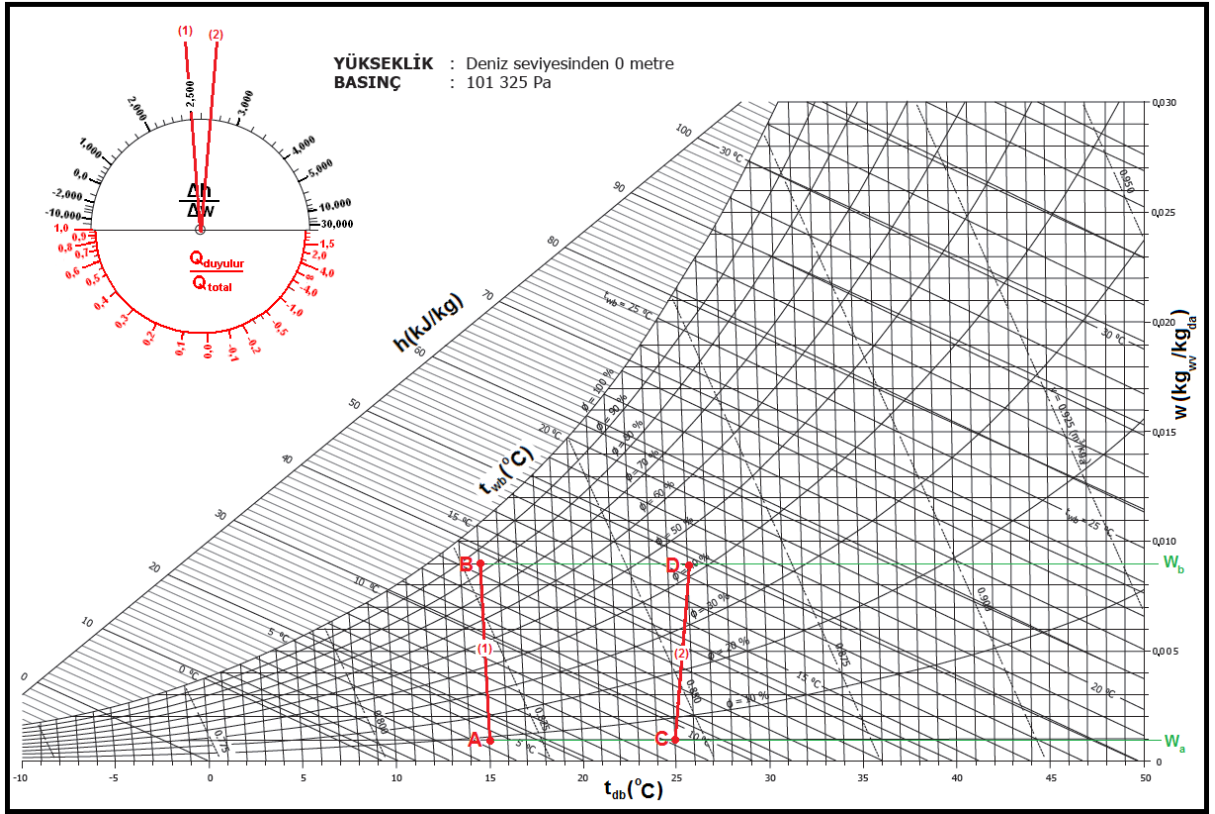
Dolgu tipi nemlendiricilerde verim daha yüksektir, %85 ila %95 arasında oluşmaktadır. Bunun nedeni de ıslak satırlar nedeniyle havanın daha fazla su zerreciği ile temasta olabilmesidir.

### 5.5.2. Havanın Buhar İle Nemlendirilmesi

Buhar ile nemlendirme izotermik bir proses olarak tanımlanır. Havaya doğrudan buhar ilave ettiğiniz için yalnız havanın mutlak nem oranını arttırmakta olduğumuz için bu proses teorik olarak izotermik kabul edilir. Psikrometrik diyagramdaki prosesler standart basınç ve sıcaklığa bağlı olarak, örneğin 101,325 Pa ve 15°C KT için belirlendiğinden, havaya püskürtülen buharın da bu sıcaklıkta olduğu kabulü ile bu varsayım doğrudur. Ancak proses hakikatte, üflenen buhar sıcaklığına ve özgül entalpisine bağlı olarak hafif sağa yatan bir doğru tarzında oluşur. Buharın sıcaklığının mahal sıcaklığının çok üstünde olması nedeniyle üflenen buhar nemlendirme işlemine ilaveten havayı da , az da olsa, ısıtmış olacaktır. Çünkü üflenen buharın sıcaklığının ortam sıcaklığından yüksek olması ortam sıcaklığındaki üflenen buharın özgül entalpisinin de ortam sıcaklığındaki buharın entalpisinden yüksek olması demektir. Termodinamiğin birinci kanununa göre enerji yok edilemeyeceğine veya yaratılamayacağına göre üflenen buhardaki fazla entalpi havanın ısınmasına neden olur. Bir başka ifade tarzı ile buhar ve hava karışımı nem açısından olduğu gibi kuru termometre sıcaklığı açısından da bir denge oluşturacaklardır. Bu oluşumu ve buharla nemlendirmeyi aşağıdaki örnek ve diyagramda gösterebiliriz.

Örnek-1: 15°CKT sıcaklığındaki mahalle oda sıcaklığında kuru buhar kontrollu olarak püskürtülmektedir. İstenen mutlak nem oranını  $0,009 \text{ kg}_{\text{wv}}/\text{kg}_{\text{da}}$  seviyesine kadar yükseltmektir. Prosesi belirleyiniz.

Burada karşımıza psikrometrik diyagramda yeni bir skala çıkmaktadır. Bu skala “ $\Delta h/\Delta w$ ” skalasıdır. Bu skala Willis Carrier tarafından bulunan ilk psikrometrik diyagramlarda yoktu. Ancak daha sonraki yıllarda Prof. Mollier tarafından çıkarılan i-x diyagramında bu skala vardı. Geçen yıllar içinde ASHRAE de aynı skalayı kendi diyagramlarına eklemiştir.



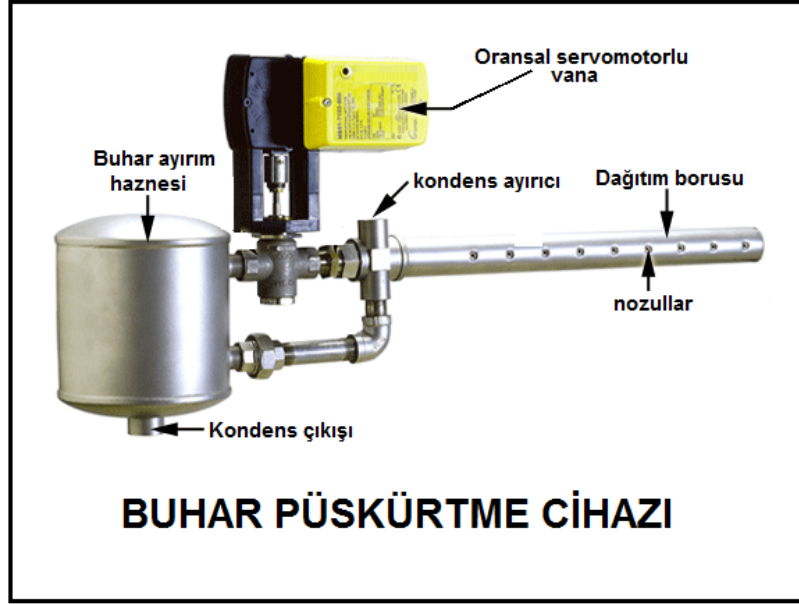
Bölüm-2, Konu 2-3'deki Tablo-2'den su buharının 15°C'teki özgül entalpisi 2528.36 kJ/kg olarak bulunur. Psikrometrik diyagramın sol üst köşesindeki " $\Delta h/\Delta w$ " skalasında dairenin merkez noktası çember üzerindeki 2528.36 noktası ile düz bir çizgi olarak birleştirilir. Bu çizgi paralel olarak "A" noktasına taşınır. Bu bizim "A" ile "B" noktaları arasındaki proses hattımızdır. Diyagramdan da görüldüğü gibi proses çizgisi tamamen izotermik bir özellik taşımaktadır.

Örnek-1: 25°CKT sıcaklığındaki mahalle 130°C kuru buhar kontrollü olarak püskürtülmektedir. İstenen mutlak nem oranını 0,009 kg<sub>wv</sub>/kg<sub>da</sub> seviyesine kadar yükseltmektir. Prosesi belirleyiniz.

Bir önceki örnekte yaptığımız gibi Bölüm-2, Konu 2-3'deki Tablo-2'den su buharının 130°C'teki özgül entalpisi 2720.09 kJ/kg olarak bulunur. Psikrometrik diyagramın sol üst köşesindeki " $\Delta h/\Delta w$ " skalasında dairenin merkez noktası çember üzerindeki 2720.09 noktası ile düz bir çizgi olarak birleştirilir. Bu çizgi paralel olarak "C" noktasına taşınır. Bu bizim "C" ile "D" noktaları arasındaki proses hattımızdır. Diyagramdan da görüldüğü gibi proses çizgisi tam bir izotermik görünümde değildir. Çünkü mahalle ilave edilen buhar yalnız mutlak nem oranını arttırmakla kalmamış, havayı da belirli bir ölçüde ısıtmıştır.

Buharla nemlendirme klima santrali ve hava kanalı içine kondens ayırıcılı özel nozullar vasıtasıyla yapılabildiği gibi mahallere de doğrudan püskürtülebilmektedir. Sistemde buhar mevcutsa, örneğin hastaneler, büyük oteller gibi mutfak ve çamaşırhane içeren tesislerde, kondens ayırıcı, nemlendirme

bünyesinde separatör ve kondens stop bulunan püskürtücüler kullanımıyla bu işlemi gerçekleştirebiliriz. Bu uygulama aşağıdaki resimde görülmektedir.



Eğer buhar mevcut değilse bünyesinde buhar jeneratörü kullanan buharlı nemlendirme aparatları kullanmamız gerekecektir. Aşağıdaki resimde görülen jeneratörlü buharlı nemlendirme aparatı bünyesinde bir veya birden çok buhar haznesi bulundurmaktadır. Uçları siyah olarak görülen elektrodların suyun içine daldırılması suretiyle su buharlaştırılmakta ve mahalle (klima santralına, hava kanalına veya odaya) yukarıda görülen buhar püskürtme cihazı ile püskürtülür. Elektrodlu nemlendiricinin bünyesinde otomatik kontrol donanımı genelde bulunduğu için ayrıca bir moransal servomotorlu vanaya ihtiyaç duyulmamaktadır.



Buharlı nemlendiriciler çok az yer kaplamaları ve kolay montajları nedeniyle günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Elektrodlu paket tip buharlı nemlendirici cihazı üretici firmalarından CAREL, silindirden buhar çıkış sıcaklığını

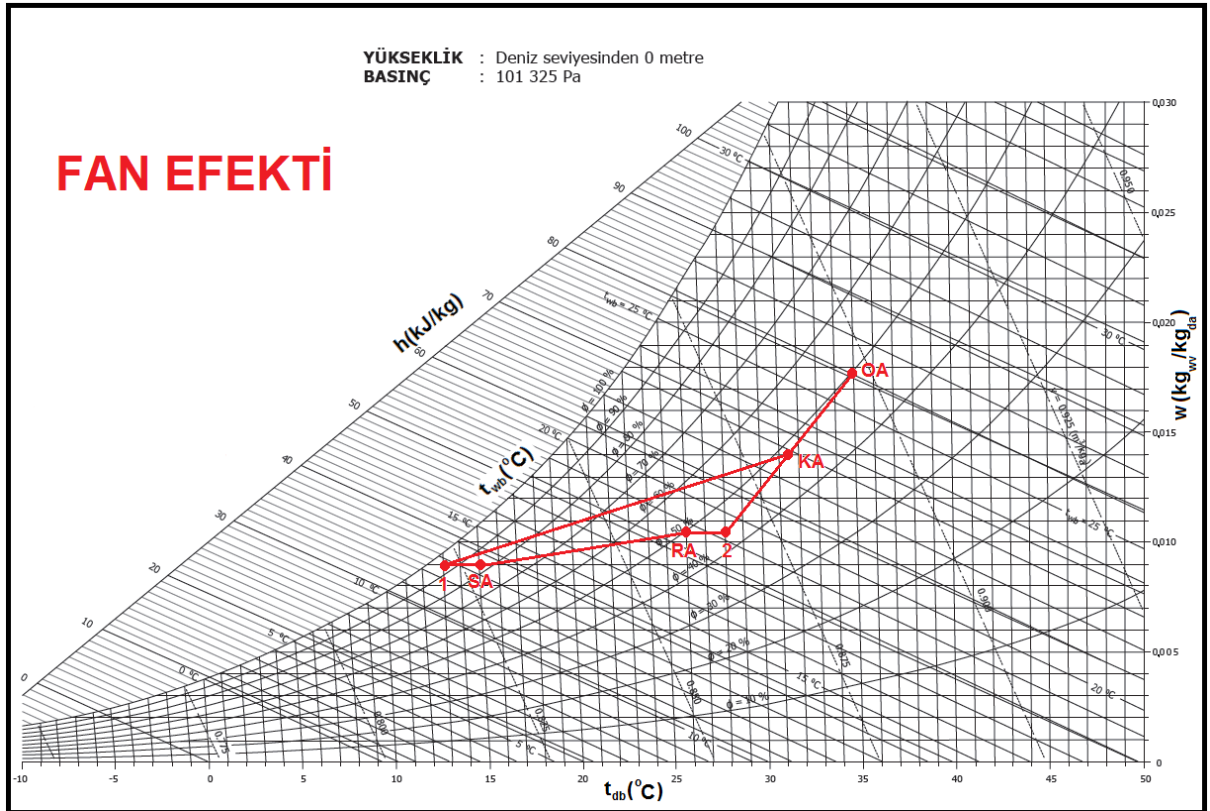


102 ila 103°C olarak vermekte, borulama ve nozulda meydana gelmesi muhtemel soğumalarla bu sıcaklığın 100°C alınmasını önermektedir.

Son derece pratik olan elektrodlu buharlı nemlendiricilerde kullanılan suyun sertlik derecesi çok büyük önem taşımaktadır. Çünkü suyun sertliği elektrod ve silindirlerde kireçlenmeye ve verimin düşmesine neden olmakta ve cihazın faydalı ömrünü kısaltmaktadır.

## 5.6. FAN EFEKTİ

Fan efekti hava hareketinin elektrik motoru ile tahrik edilen elemanlarca, örneğin vantilatör ve aspiratörlerle donatılmış cihazlarda, klima ve havalandırma santrallerinde, fan-coil cihazlarında görülen bir duyulur ısı kazancı prosesidir. Elektrik motorlarında verim %100 değildir. Günümüzdeki motorlarda bu verim %90'ın üzerindedir. Elektrik motoruna verilen elektrik enerjisinin verime bağlı olanı işe dönüşür. Bakiye, yani "1- $\eta$ " vantilatör ve aspiratörlerde gövde ısınması, kayış-kasnaklı olanlarda kayma-sürtünmeden meydana gelen ısınma neticesi sevk olunan ve/veya dönüş havasının belirli bir oranda ısınmasına neden olur. Kış klimasında bir emniyet faktörü olarak kabul edilen bu durum yaz uygulamalarında dikkate alınmalıdır.

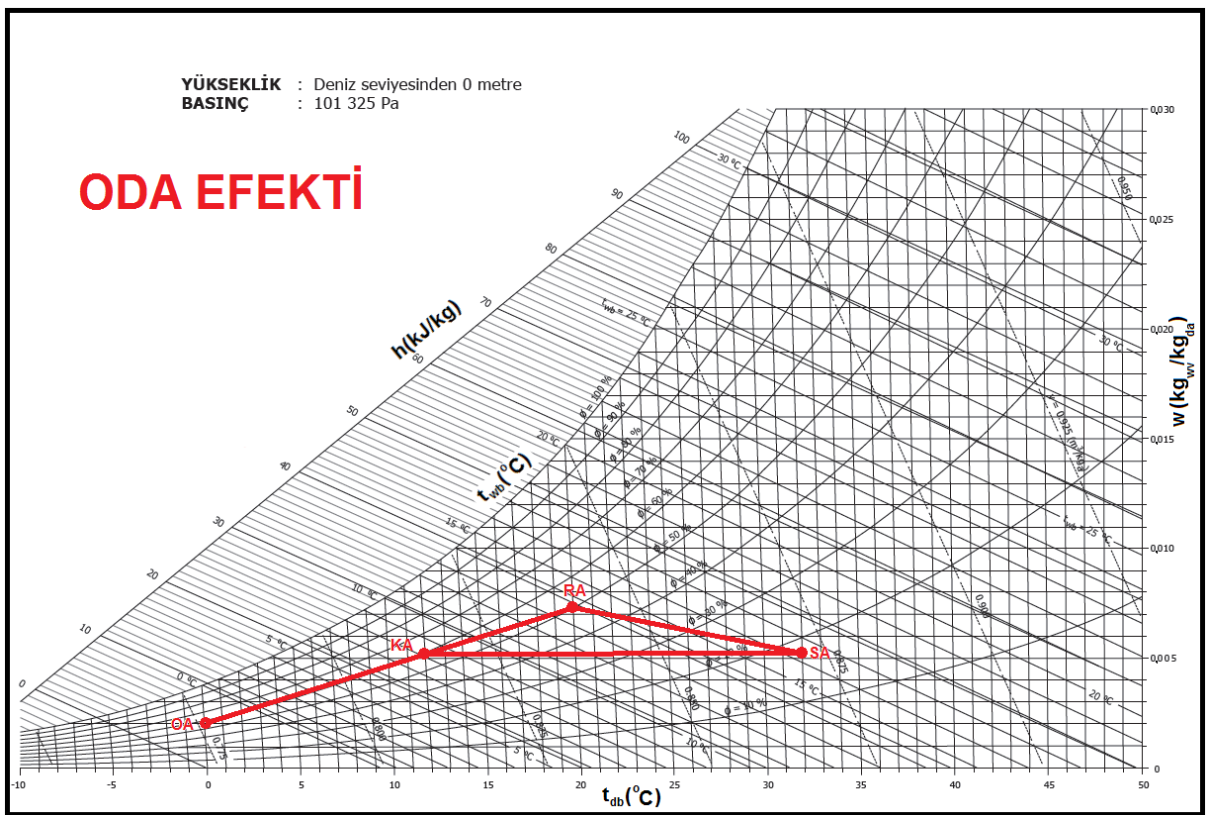


Yukarıda fan efekti olan tipik bir yaz klima prosesi görülmektedir. Bu proseste "OA" dış havayı, "RA" mahal havasını, "KA" karışım havasını, "SA" ise mahalle sevk olunan klimatize havayı ifade etmektedir. "KA-1" prosesi ile "1" şartlarına kadar soğutulan hava vantilatör vasıtasıyla mahalle sevk olunmaktadır. Ancak bu noktada yukarıda belirtilen

nedenlerle bir miktar ısı havaya transfer olunmakta ve duyulur ısınma yaratmaktadır. Benzeri bir işlem de aspiratörde vukuu bulmaktadır. Mahal şartlarında emilen havaya aspiratör ve elektrik motorundan ısı geçişi olmaktadır. Bu nedenle karışım "RA-OA" arası olması gerekirken "2-OA" arası gerçekleşmektedir. Proje müellifi mühendislerin bu hususu incelemeleri ve bu hususta bir karar vermeleri gerekmektedir. Çoğu zaman fan efekti %1 civarında ve hatta bunun da altında olduğu için ihmal edilmektedir.

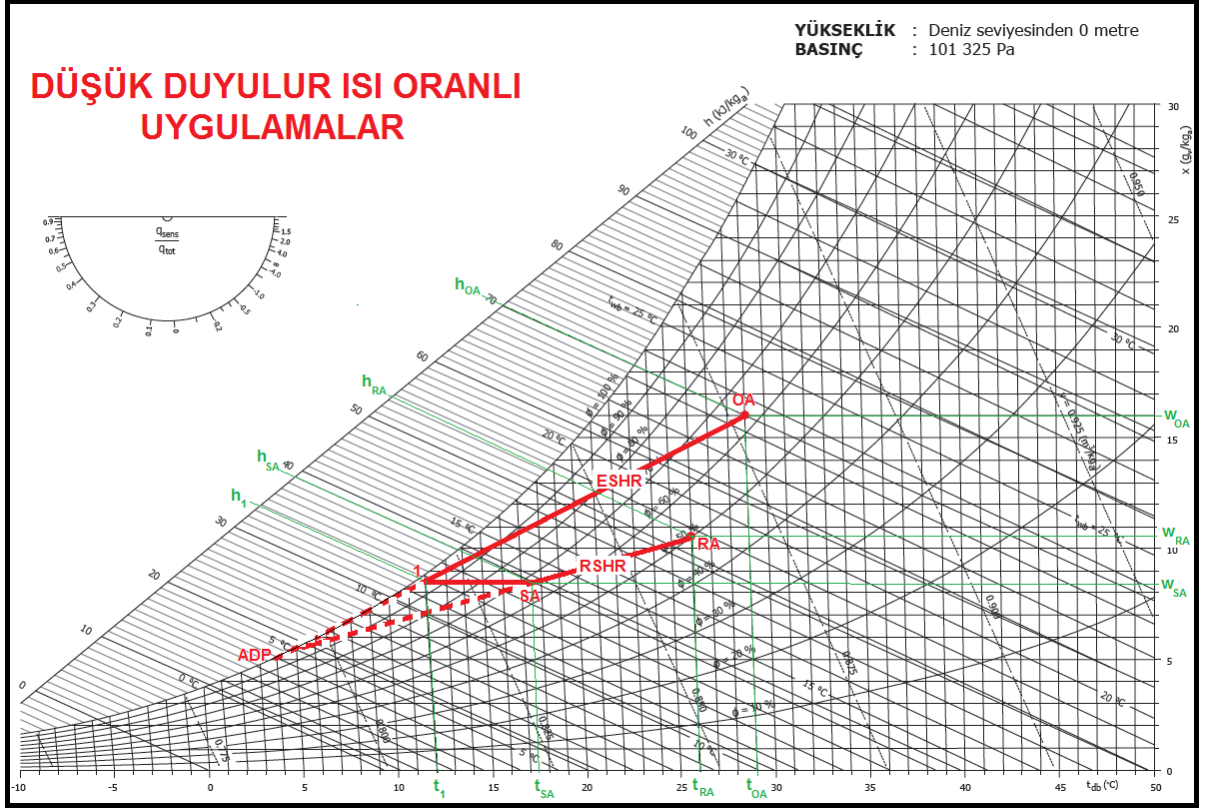
## 5.7. ODA EFEKTİ

Oda efekti, yaz klimasında "SA-RA" arasındaki prosesdir. Bu proses ısınma ve ısınırken nem kazanmayı içermektedir. Oda duyulur Isı Oranı "RSHR" na bağlı olan bu işlem Konu 5.4.2'de anlatılmıştır. Benzeri bir işlem de kış klimasında gerçekleşmektedir.



Kış oda efekti karışım noktası "KA"dan üfleme noktası "SA"ya kadar ısıtılan havanın mahal şartlarına kadar soğurken nem kazanmasını içerir. Karışım havası hava dış havanın ısıtılması ile mahal ısı kaybının karşılanması için "SA" noktasına kadar ısıtılmaktadır. Bu noktada mahalle sevk olunan hava mahallin ısı kaybı neticesi mahal şartlarına kadar soğuyacaktır. Ancak bu soğuma işlemi esasına nem kazanacaktır. Bu nem kazanma işlemi dahili kazançlara , örneğin içerdeki insan sayısına bağlıdır. "SA-RA" proses hattı bu soğuma ve nemlenme işlemi göstermektedir. Bu prosesin iyi hesaplanması birçok uygulamada buharlı veya sulu nemlendiricileri gereksiz kılabilir.

## 5.8. DUYULUR ISI ORANI DÜŞÜK UYGULAMALAR



Sinema ve konser salonu, gece klüpleri gibi insan sayısı fazla, bu nedenle gizli ısı yükü yüksek olan mahallerde istenen hava debisinin tespitinde, üfleme sıcaklığının istenen sınırlar dahilinde tutulmasında zorluklar yaşanmaktadır. Bu zorluklar dahili ısı kazançlarındaki yüksek gizli ısı yükünden kaynaklanmaktadır. Bu işlemi bir örnekle izah etmek daha iyi olur.

Örnek: 300 m<sup>2</sup> büyüklüğünde, bir otelin bodrumundaki gece klübü saat 22.00'dan sonra çalışmaktadır. Gece klübü 200 kişiliktir. Gündüz maksimum sıcaklık 36°C<sub>KT</sub>, %38 rH'dır. Saat 22.00'deki sıcaklık düşümünün 6°C olduğu kabulüyle klima santralı büyüklüğünü ve yükleri belirleyiniz:

-Dış hava : 30°C<sub>KT</sub>, 22,5°C<sub>YT</sub>, %53 rH,  $W_{DH} = 0.0145 \text{ kg}_{WV} / \text{kg}_{DA}$ ,  $h_{DA} = 73,5 \text{ kJ/kg}$

-İç hava : 26°C<sub>KT</sub>, 18,7°C<sub>YT</sub>, %50 rH,  $W_{DH} = 0.0105 \text{ kg}_{WV} / \text{kg}_{DA}$ ,  $h_{DA} = 53,0 \text{ kJ/kg}$

-26°C'ta buharlaşma ısı  $h_{fg} = 2441,71 \text{ kJ/kg}$

**(1,00 kJ/kg = 0,277728 Watt = 0,00027773 kW = 0,238846 kCal/h)**

**DUYULUR ISI      GİZLİ ISI**

- 100 kişinin masada oturduğu (kabul)... 70 W/kişi.h .....45 W/kişi.h
- 100 kişinin dans ettiği (kabul)..... 90 .....160
- Aydınlatma yükü .....10 W/m<sup>2</sup>

Örneğimizde gece klubünün herhangi bir kondüksiyon ve radyasyon yükü olmadığı. Enfiltrasyonun da pozitif basınçla önlendiği kabul edilmiştir.

Bu duruma göre yüklerimiz aşağıdaki gibi hesaplanır ve bulunur.

ISI KAZANÇLARI VE DUYULUR ISI ORANLARI ÖZETİ					
No	Isı kazancı türü	miktar	birim kazanç	Duyulur Isı(W)	Gizli Isı (W)
1	İnsanlardan (oturuyor)	100 kişi	70 W/kişi.h	7000	
2	İnsanlardan (oturuyor)	100 kişi	45 W/kişi.h		4500
3	İnsanlardan (dans ediyor)	100 kişi	90 W/kişi.h	9000	
4	İnsanlardan (dans ediyor)	100 kişi	160 W/kişi.h		16000
5	Aydınlatma	300 m2	10 W/m2	3000	
6	Mahal Duyulur ısı kazancı			19000	
7	Mahal Gizli Isı Kazancı				20500
8	Mahal Toplam ısı kazancı			39500	
9	<b>RSHR</b>			<b>0,48</b>	
10	Dış hava miktarı (60 m3/h.kişi)	200 kişi	12000 m3/h		
11	Dış hava duyulur ısı kazancı	12000		15305	
12	Dış hava gizli ısı kazancı	12000			37200
13	Sistem duyulur ısı kazancı			34305	
14	Sistem gizli ısı kazancı				57700
15	Sistem toplam ısı kazancı			92005	
16	<b>ESHR</b>			<b>0,37</b>	

Bu hesaplardan hareket ettiğimizde ve bu bulgulara göre prosesi psikrometrik diyagrama işlediğimizde iki yanlılık ile karşılaşırız.

- RSHR ve ESHR hatları doyma eğrisini kesmemektedir. Bu mümkün değildir. Daha önce 5.4.2 No.lu "Soğutma ve Nem Alma" konusunda da bahsettiğimiz gibi soğutma prosesi eğrisi doyma eğrisi ile kesişmelidir. Doyma noktası üzerinde buluna ADP noktası ile soğutucu bataryaya giriş noktası arasında (örneğimizde "OA") by-pass faktörünü içeren bir karışım söz konusudur.
- ADP noktası aynı zamanda soğutucu akışkanın soğutucu bataryadan çıkış şartlarını da belirlemektedir. Aşağıda görülen proseste ADP noktası bulunamadığından hangi soğutucu akışkanın hangi giriş/çıkış şartlarında kullanılacağı da cevapsız kalmaktadır.
- Gerekli hava debisinden yola çıkarak "SA" noktasının bulunması:

$$V = \frac{\text{Oda duyulur ısı yükü}}{\Delta T * C_p * \left(\frac{1}{\gamma}\right)}$$

$$Q_{\text{duy-oda}} = 19000 \text{ W} = 68.412 \text{ kJ/h}$$



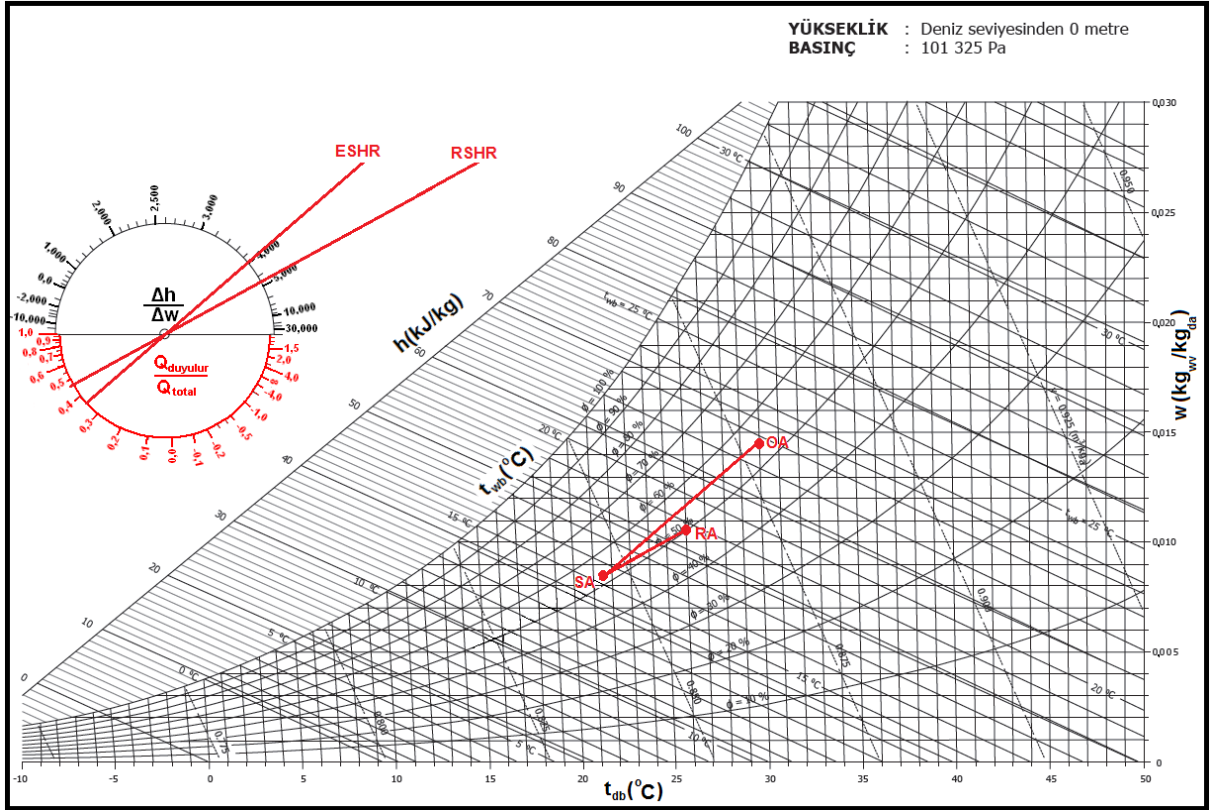
$$12000 = \frac{68412}{\Delta T * 1,041 * \left(\frac{1}{0,875}\right)}$$

$$\Delta T = 4.79 \approx 5^{\circ}\text{C}$$

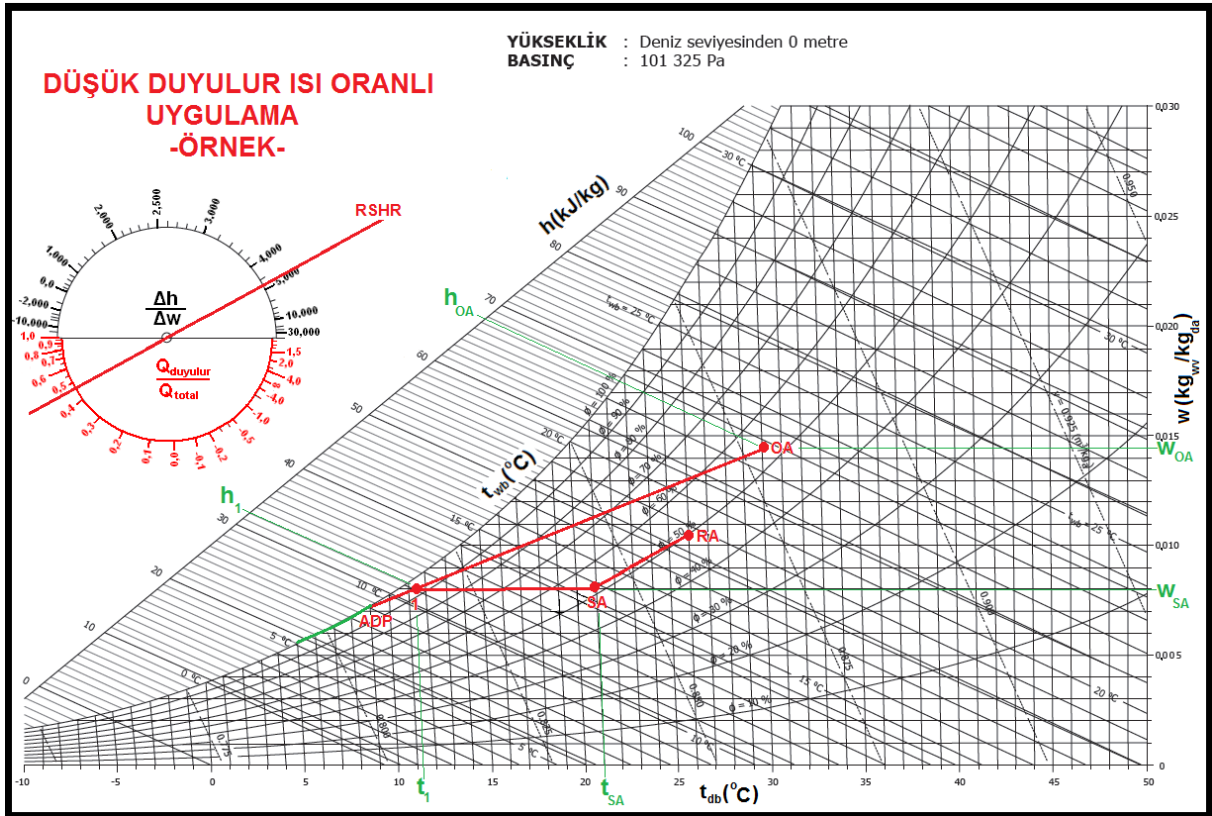
$$T_{SA} = 26 - 5 = 21^{\circ}\text{C}$$

- İkinci önemli bir husus ta bulunan "SA" noktasıdır (21,5°C). Bu sıcaklık neticesinde istenen 12000 m<sup>3</sup>/h hava debisine yakın bir debi çıkmaktadır. Ancak ESHR proses çizgisinin doyma eğrisini kesmemesi nedeniyle bu noktanın yakalanması mümkün değildir.

Uygulaması mümkün olmayan, hayali tabir edeceğimiz proses aşağıda görülmektedir.



Bu durumda yapılması gereken işlem dış hava "OA"nın belirli bir noktaya kadar, doyma eğrisini kesecek tarzda bir prosese sahip olmasını temin etmek, bu noktadan sonra soğutulmuş havayı "SA" noktasına kadar ısıtmaktır. Bu işlem sonunda "SA" noktasında mahalle sevk olunacak hava mahal içinde "oda efekti" neticesi ısınacak ve ısınırken dahili kazançlar neticesi nem de kazanacaktır. Yani "RSHR" hattı doğrultusunda bir işleme tabi olarak mahal şartları "RA"yı gerçekleştirecektir. Bu işlem aşağıdaki psikrometrik diyagramda gösterilmektedir.



Gerekli hava debisinin nasıl hesaplandığını bir önceki sayfada görmüştük. “RA” şartlarından çizeceğimiz “RSHR” hattının “SA” kuru termometre hattı ile kesiştiği nokta bizim “SA” mahalle klimatize havanın sevk olunacağı durumdur. “SA” noktasından hareketle yatay bir hat çizeriz. Bu hat bizim soğutma sonrası yapacağımız son ısıtma (reheat) prosesidir. Mühendislik kabulü ile bu hat üzerinde bir “1” noktası belirleriz. Bu nokta ADP ile OA konumlarının by-pass neticesi karışım noktası olacaktır. Şimdi “ADP-OA” prosesini çizebiliriz. “OA” ile “1”i birleştirdiğimizde bu doğrunun doyma eğrisini kestiği nokta “ADP” konumudur. “ADP” konumunu aynı zamanda soğutucu akışkanın bataryadan çıkış sıcaklığı olarak ta kabul edebiliriz.

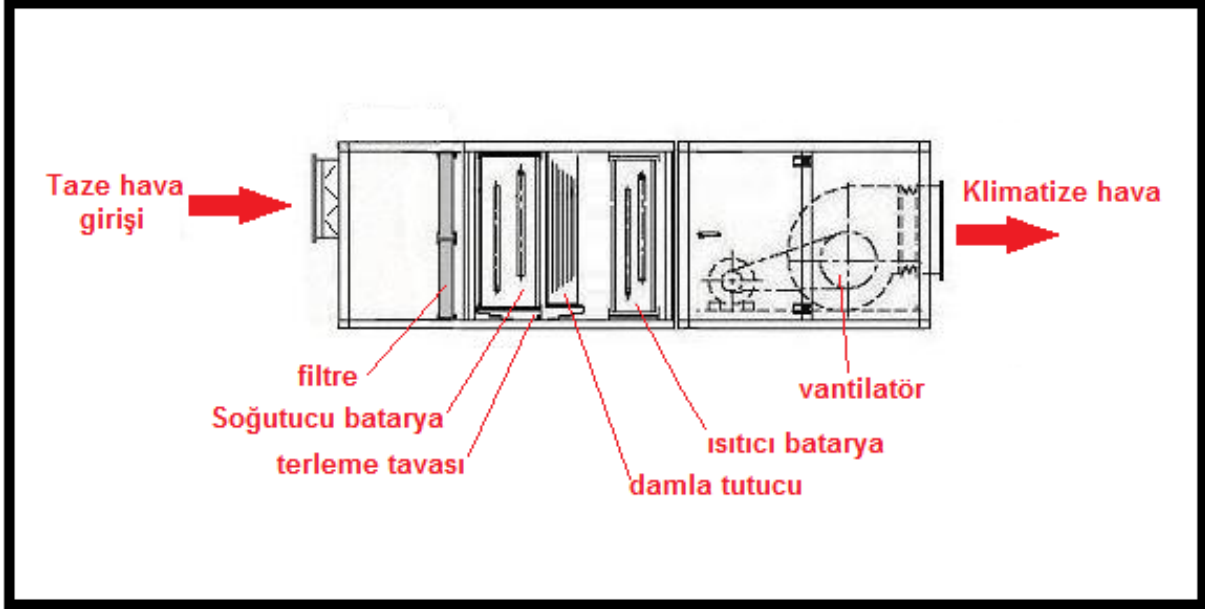
Eğer soğutucu akışkan olarak soğuk su kullanacaksak, en çok uygulanan 4 ila 5°C giriş/çıkış farklarından 4°C’i kabul edersek soğuk su rejimimiz 5/9°C bulunur. Soğuk su yerine direkt genişlemeli batarya kullanacaksak bu sefer ADP’yi evaporasyon sıcaklığı ile aşırı kızdırma (superheat) sıcaklıklarının toplamına eşit alabiliriz. Bu durumda evaporasyon sıcaklığı +5°C, aşırı kızdırma sıcaklığı da 4°C olmalıdır.

Burada bir şeye dikkat etmek gerekir. Satın sıcaklığının 0°C civarında olması özellikle kısmi kapasite kullanımlarında karlanma ve kardanmadan dolayı bataryada tıkanmaya neden olacağından mümkün olduğunca artı değerlerde sıcaklıkların seçilmesine gayret gösterilmelidir.

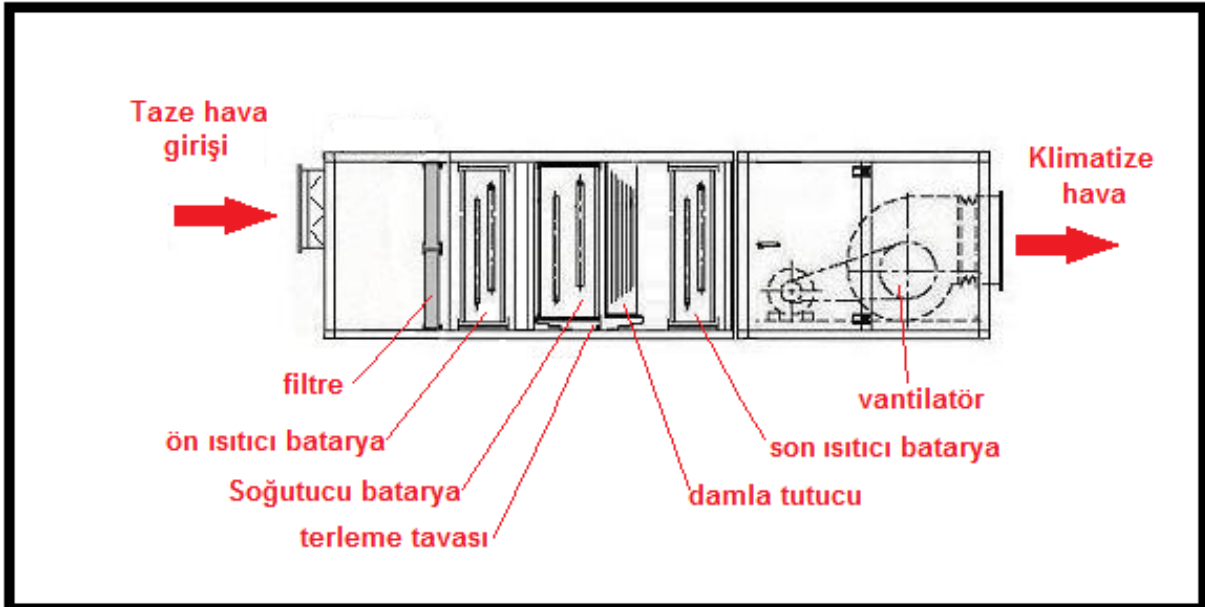
Burada dikkat edilecek bir husus ta bu tip uygulamalarda kış klima uygulamasıdır. Özellikle dış hava sıcaklığının 0°C’in altında olduğu yerlerde, eğer soğuk sulu soğutma bataryası kullanılıyorsa donma riskini önlemek için iki ısıtıcı batarya kullanılması önerilir. Bu bataryalardan biri soğutucu bataryadan önce yerleştirilecektir ve görevi yalnız kış

klimasında dış havayı ısıtmak olacaktır. Bu batarya yaz kliması uygulamalarında çalışmayacaktır.

Aşağıda donma riski bulunmayan bir klima santrali yerleşimi şematik olarak gösterilmektedir.



Aşağıda da donma riski bulunan ve sulu soğutma serpantini kullanan bir klima santrali yerleşimi şematik olarak görülmektedir.



Bu uygulamadaki ön ısıtıcı batarya yalnız kış ısıtmasında kullanılmaktadır. Soğutma ve nem almanın gerektiği yaz aylarında ve geçiş mevsimlerinde devre dışı kalmaktadır. Son ısıtıcı batarya ise soğutucu batarya ile birlikte soğutma ve nem alma işlemlerinde kullanılmaktadır.



## 6. KLİMA UYGULAMALARININ PSİKROMETRİK OLARAK İNCELENMESİ

### 6.1. SOĞUTMA YÜKÜNE BAĞLI OLARAK HAVA DEBİSİNİN TAYİNİ

Bir mahallin soğutma yükünü karşılamak için gerekli hava debisi o mahallin duyulur ısı kazancına bağlıdır. Bunun nedeni de duyulur ısı yükünün kuru termometre sıcaklığının değişimi ile karşılanmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle mahal için gerekli hava debisi mahallin duyulur ısı kazancının üflenen sıcaklık farkı ile havanın sabit basınçtaki özgül ısısı ve özgül ağırlığının çarpımına bölünmesi ile elde edilir.

$$V = \frac{Q_{duy}}{\Delta t \cdot C_p \cdot (1/\gamma)}$$

Bu işlemde:

$Q_{duy}$  = Mahallin duyulur ısı kazancı (kJ/h)

$\gamma$  = havanın özgül hacmi ( $m^3/kg$ )

$\Delta t$  = Oda kuru termometre sıcaklığı ile üflenecek klimatize hava arasındaki sıcaklık farkı . Genelde  $8^{\circ}C$  ila  $10^{\circ}C$  alınır.

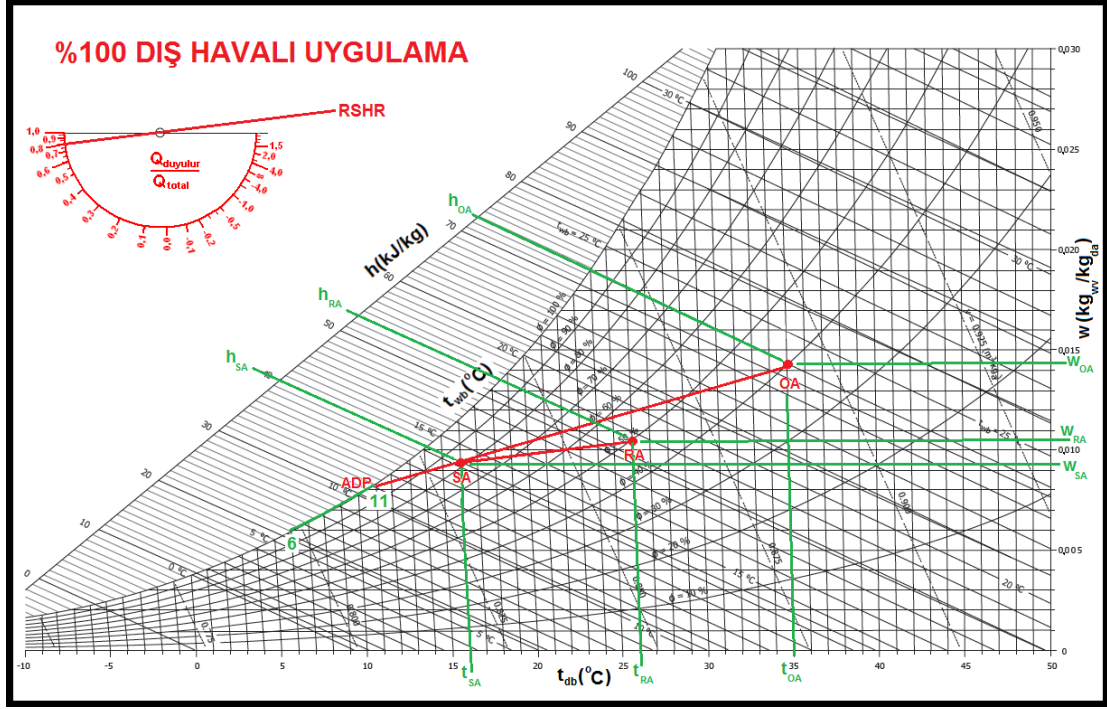
$C_p$  = havanın sabit basınçta özgül ısısı (  $1.00483$  kJ/kg) (Havanın özgül ısısı ile ilgili hususlar Bölüm-1, konu 3.2’de geniş olarak anlatılmıştır.)

Bundan sonra yapılacak işlem psikrometrik diyagram üzerine “ $t_{RA}$ ” ve “ $t_{sa}$ ” değerlerini izotermler halinde işlemektir. İkinci işlem ise “RSHR”ye bağlı proses hattının çizilmesidir.

Sisteminiz %100 dış hava ile çalışacaksa “SA” konumu ile “OA” konumu bir doğru ile birleştirmek yeterlidir. Elde edeceğiniz doğru klima santralindeki soğutma prosesidir. Bu hattın eğimi “ESHR” ye eşittir ve hattın doyma eğirisini (%100 bağıl nem eğrisini) kestiği nokta da “ADP” olarak tanımlanan cihaz çiy noktasıdır.

Eğer sistem karışım havası ile çalışacaksa önce “RA” ile “OA” konumlarını düz bir çizgi ile birleştirip bu hat üzerinde karışım noktasını bulmanız gerekir. İkinci işlem ise bulunan bu “KA” noktasını “SA” ile birleştirmektir. Karışım havalı uygulamalardaki soğutma prosesi çizginiz bu olacaktır. Bu çizginin de doyma eğrisini kestiği nokta “ADP” noktanızdır. Bu noktayı soğutucu akışkan dönüş sıcaklığı olarak alabilirsiniz.

%100 dış havalı uygulama aşağıdaki psikrometrik diyagramda görülmektedir.



Bu uygulamada:

$$Q_{\text{duy-oda}} = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{\text{RA}} - t_{\text{SA}})$$

$$Q_{\text{giz-oda}} = V \cdot (1/\gamma) (w_{\text{RA}} - w_{\text{SA}}) \cdot h_{\text{fg}}$$

$$Q_{\text{top-oda}} = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{\text{RA}} - t_{\text{SA}}) + V \cdot (1/\gamma) (w_{\text{RA}} - w_{\text{SA}}) \cdot h_{\text{fg}}$$

$$\text{RSHR} = Q_{\text{duy-oda}} / Q_{\text{top-oda}}$$

$$Q_{\text{duy-sist}} = V \cdot (1/\gamma) (h_{\text{OA}} - h_{\text{SA}}) = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{\text{OA}} - t_{\text{SA}})$$

$$Q_{\text{giz-sist}} = V \cdot (1/\gamma) (w_{\text{OA}} - w_{\text{SA}}) \cdot h_{\text{fg}}$$

$$Q_{\text{top-sist}} = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{\text{OA}} - t_{\text{SA}}) + V \cdot (1/\gamma) (w_{\text{OA}} - w_{\text{SA}}) \cdot h_{\text{fg}}$$

$$\text{ESHR} = Q_{\text{duy-sist}} / Q_{\text{top-sist}}$$

olmaktadır.

“ADP” sıcaklığı 11°C olduğu için tercih edilen soğutucu akışkan, istenen “ESHR” soğutma prosesi eğrisini sağlayabilmek için 5/11°C veya 6/11°C olmalıdır.

Aşağıdaki psikrometrik diyagramda da karışım havalı bir uygulama görülmektedir. Bu uygulama için aynı denklemlerle mahal ve sistem yüklerini bulabiliriz. Ancak sistem karışım havalı olduğu için sistem yükünün hesabında “OA”ların yerini “KA”lar alacaktır.

$$Q_{\text{duy-oda}} = V \cdot (1/\gamma) (h_{\text{RA}} - h_{\text{SA}}) = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{\text{RA}} - t_{\text{SA}})$$

$$Q_{\text{giz-oda}} = V \cdot (1/\gamma) (w_{\text{RA}} - w_{\text{SA}}) \cdot h_{\text{fg}}$$

$$Q_{\text{top-oda}} = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{\text{RA}} - t_{\text{SA}}) + V \cdot (1/\gamma) (w_{\text{RA}} - w_{\text{SA}}) \cdot h_{\text{fg}}$$

$$\text{RSHR} = Q_{\text{duy-oda}} / Q_{\text{top-oda}}$$



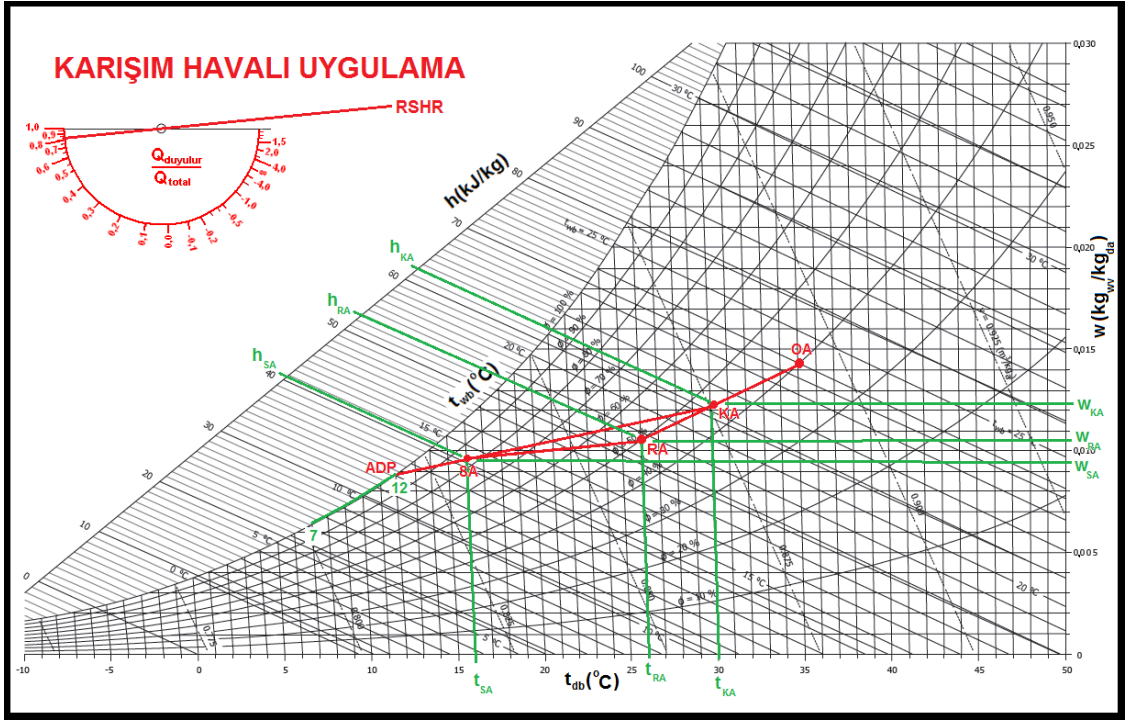
$$Q_{\text{duy-sist}} = V \cdot (1/\gamma) (h_{KA} - h_{SA}) = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{KA} - t_{SA})$$

$$Q_{\text{giz-sist}} = V \cdot (1/\gamma) (w_{KA} - w_{SA}) \cdot h_{fg}$$

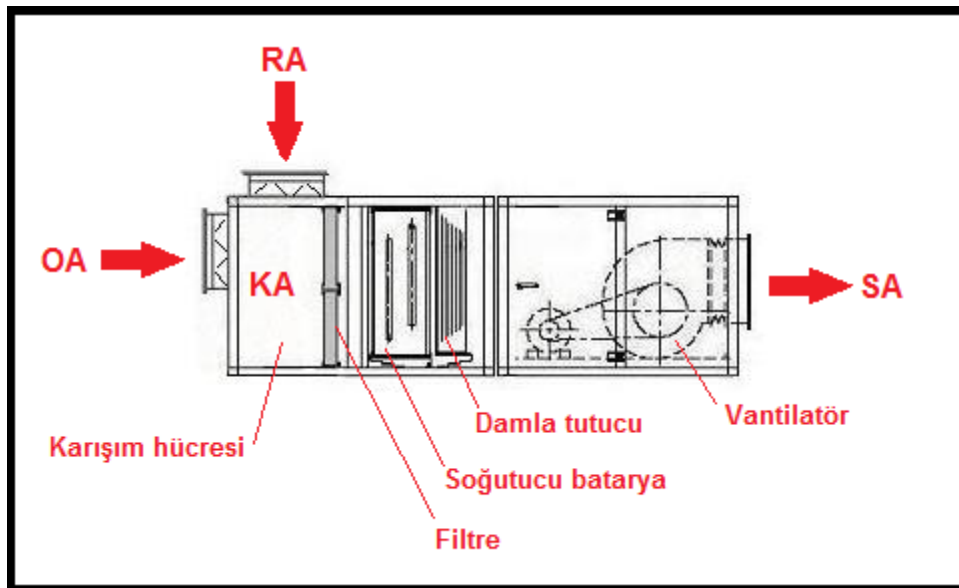
$$Q_{\text{top-sist}} = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{KA} - t_{SA}) + V \cdot (1/\gamma) (w_{KA} - w_{SA}) \cdot h_{fg}$$

$$\text{ESHR} = Q_{\text{duy-sist}} / Q_{\text{top-sist}}$$

ADP konumu 12°C olması nedeniyle seçilen soğuk su rejimi 7/12°C'dir.



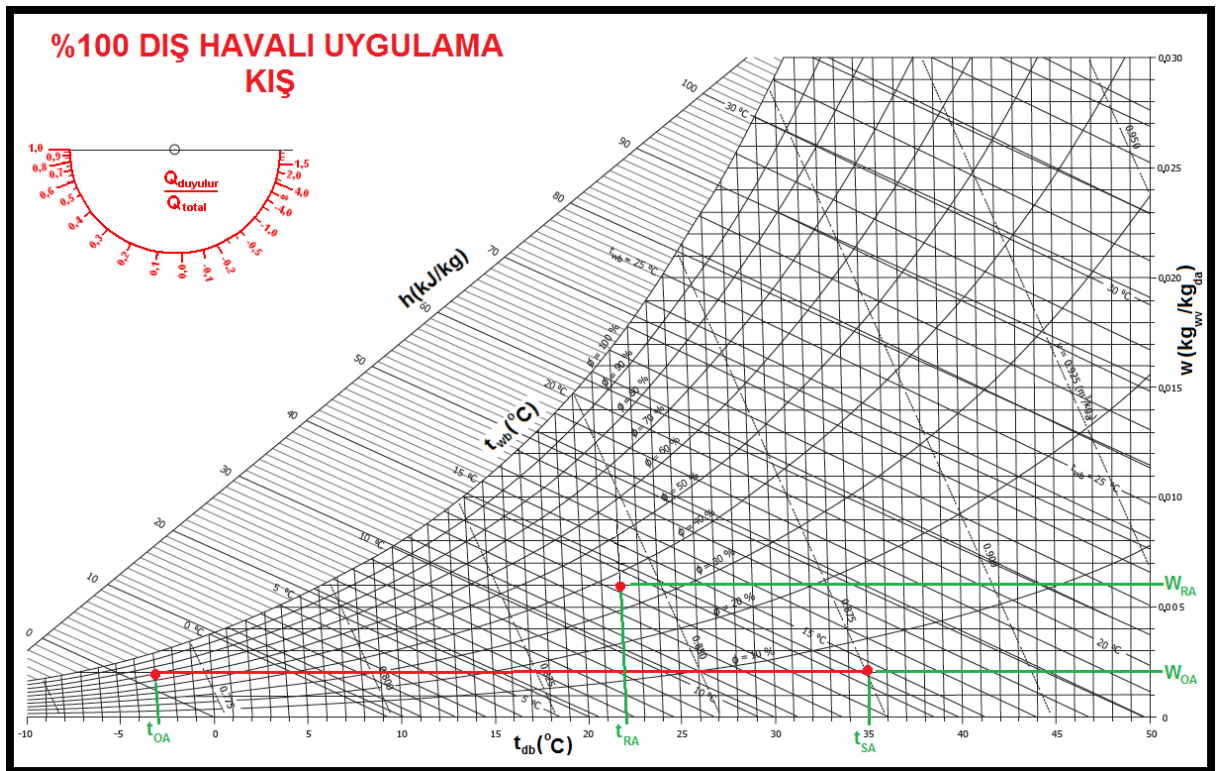
Bu processe uygun klima santrali aşağıda gösterilmektedir. Şematik çizim üzerine, takip kolaylığı açısından psikrometrik prosesdeki tanımlar da işlenmiştir.



## 6.2. KIŞ UYGULAMASI İÇİN HAVA DEBİSİ VE ISITMA YÜKLERİNİN TESPİTİ-1, NEMLENDİRMESİZ ve SU İLE NEMLENDİRMELİ ÖRNEKLER.

Genelde kış uygulaması için gerekli hava debisi yaz klima yükü esas alınarak belirlenen hava debisine eşit alınır. Ancak daha yüksek üfleme sıcaklıklarının arzu edilmesi, veya dış hava yükünün fazla olması gibi durumlarda enerji tasarrufu açısından değişik debili uygulamalara gidilebilir ve kış uygulamaları için daha düşük hava debileri seçilebilir. Bu tip uygulamaların çift devirli veya frekans konvertörlü vantilatör ve aspiratörlerin kullanılması suretiyle gerçekleştirilmesi mümkündür. Biz örneğimizde sabit hava debili bir klima santrali için psikrometrik prosesi belirlemeye çalışacağız.

Kış uygulamasında karşımıza çıkan en büyük sorun nemlendirmenin yapılıp yapılmayacağıdır. Nemlendirmeye olan ihtiyacı o mahaldeki gizli ısı kazançları belirler. Eğer gizli ısı kazançları neticesi %35'in üzerinde bir bağıl nem "rH" gerçekleştirilebiliyorsa ve özel bir gereksinim yoksa nemlendirme yapılmayabilir (Bkz. Konu 5.7. Oda Efektü) . Ancak %35'in altındaki bağıl nem oranlarının insanları rahatsız edeceği, ciltte ve burun mukozasında kurumalara neden olacağı için nemlendirme yapılmalıdır. Biz sistemlerimizde her ikisini de ele alacağız.



Yukarıdaki örneğimizde %100 harici havalı bir kış kliması uygulaması gösterilmektedir. Bu uygulamada "t<sub>OA</sub>-t<sub>RA</sub>" arası ısıtma işlemi dış havanın mahal şartlarına kadar ısıtılmasını, "t<sub>RA</sub>-t<sub>SA</sub>" arasındaki işlem ise mahallen ısı kaybını karşılamak için mahal şartlarına kadar ısıtılmış havanın "SA" şartına kadar aşırı ısıtılmasını içermektedir.



$Q_{DH} = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{OA} - t_{RA})$ ..... dış havanın oda şartlarına kadar ısıtılması

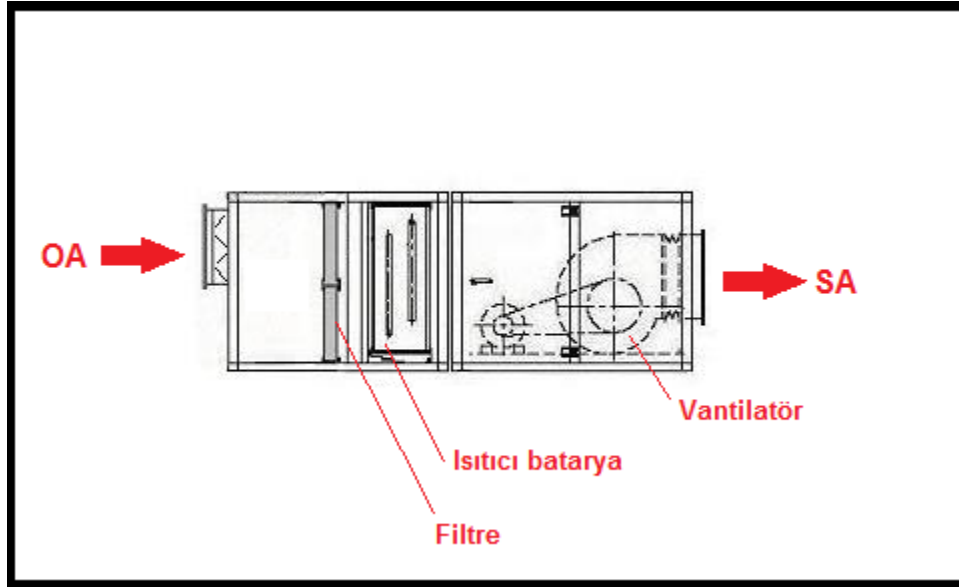
$Q_{Kış} = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{RA} - t_{SA})$ ..... mahal ısı kaybı

$\Sigma Q_{Kış} = Q_{DH} + Q_{Kış}$ ..... Toplam ısıtma yükü

Bu uygulamada oda efekti neticesi istenen mahal şartları olan 22°C<sub>KT</sub>, %35 rH'ın elde edileceği, dolayısıyla mahalde birim hava debisi için " $W_{OA} - W_{RA}$ " kadar gizli ısı kazancı olduğu varsayılmıştır.

Diğer bir uygulama da ısıtılan dış havanın mahal konfor şartını temin etmek amacıyla nemlendirilmesidir. Bu uygulamada mahalde gizli ısı kazancı olmadığı veya ihmal edilebilecek bir düzeyde olduğu varsayılmıştır.

Bu prosese uygun klima santralının şematik çizimi aşağıda gösterilmektedir.



Nemlendirme işlemi, konu 5.5'de anlatıldığı gibi iki şekilde yapılabilmektedir.

- Su ile nemlendirme
- Buhar ile nemlendirme

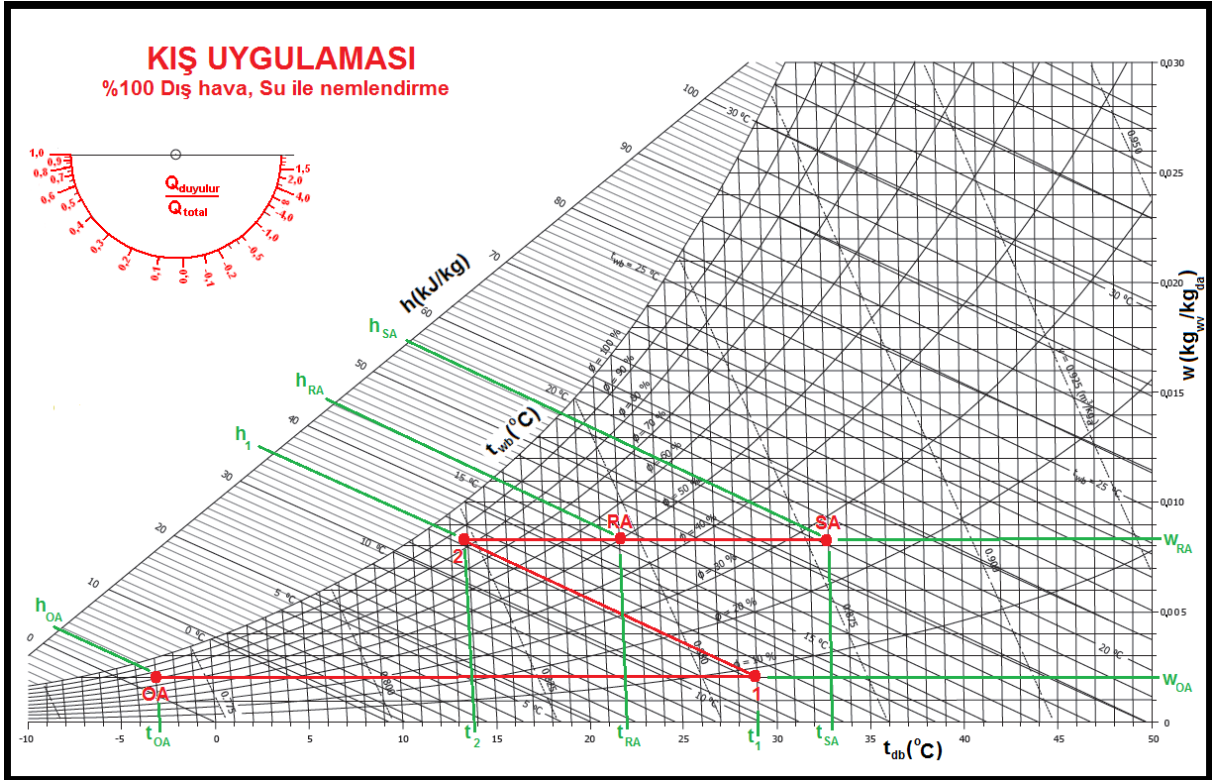
Biz bunlardan önce su ile nemlendirmeyi ele alacağız.

Sulu nemlendirme daha önceki bahislerde de bahsedildiği gibi hava yıkayıcı püskürtücülerle veya dolgu tipi (matt type) nemlendiricilerle yapılabilir. Bu iki uygulamanın psikrometrik prosesler açısından birbirinden farkı yoktur.

Su ile nemlendirmedeki en önemli özellik havanın içine pulverize su püskürtüldüğü takdirde mutlak nem oranının artmasına ilaveten adyabatik soğutmanın meydana gelmesidir. Isıtılmış havanın nemlendirme işlemi sonucu soğuması, havanın tekrar ısıtılmasını gerekli kılmaktadır. Bu da genelde ikinci bir ısıtıcı batarya gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Bu prosesi belirlerken en doğru yaklaşım oda şartları olan "RA" konumundan işe başlamak

olacaktır. Son ısıtıcıda "SA" noktasına kadar ısıtma ve bilahare ısı kaybı nedeniyle mahalde soğuma oda şartları olan "RA" konumundan geçeceği için ilk yapacağımız işlem "RA"dan geçen bir doğru çizmektir. Bu doğru üzerinde "SA" noktasını mahal ısı kayıpları belirler. "2" konumu ise hava yıkayıcı ve nemlendiricinin verimi ile ilgilidir ve proje mühendisi tarafından belirlenir. Konu 5.5.1'de hava yıkayıcı ve nemlendiricilerin verimlerinin %70 ile %95 arasında olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle verimi %85 almak doğru bir yaklaşım olur.

"2" noktasını bulduktan sonra bu noktaya ait sabit entalpi çizgisinin "OA" konumundan gelen yatay hat ile kesiştiği "1" noktası da hava yıkayıcı ve nemlendiriciye giriş şartlarıdır.



Bu psikrometrik diyagramda görülen OA-1 hattı dış havanın nemlendirmeye uygun koşula kadar ısıtılmasını içermektedir. 2-SA hattı ise adyabatik soğumaya tabi tutulmuş havanın Sa koşuluna kadar ısıtılmasını kapsamaktadır. Bu işlem içinde 2-RA arası havanın mahal şartına kadar ısıtılmasını, RA-SA arası ise mahal ısı kaybını karşılamak için daha da ısıtılmasını içermektedir. Bu prosesleri şu şekilde formülize edebiliriz.

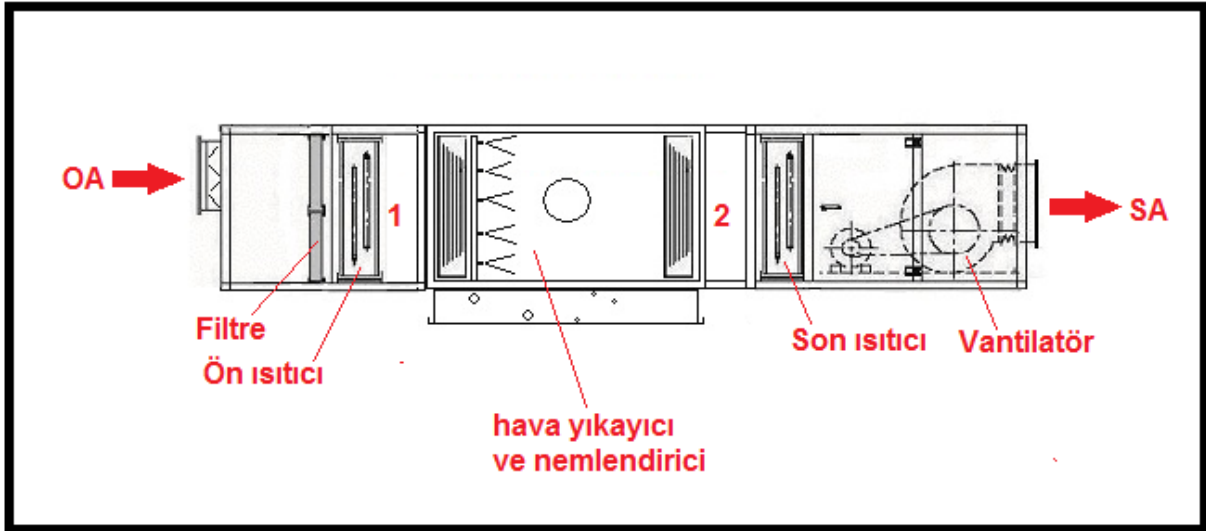
$$Q_{öI} = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_1 - t_{OA}) = V \cdot (1/\gamma) (h_1 - h_{OA}) \dots \dots \dots \text{Ön ısıtıcı}$$

$$Q_{SI} = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{SA} - t_2) = V \cdot (1/\gamma) (h_{SA} - h_2) \dots \dots \dots \text{Son ısıtıcı}$$

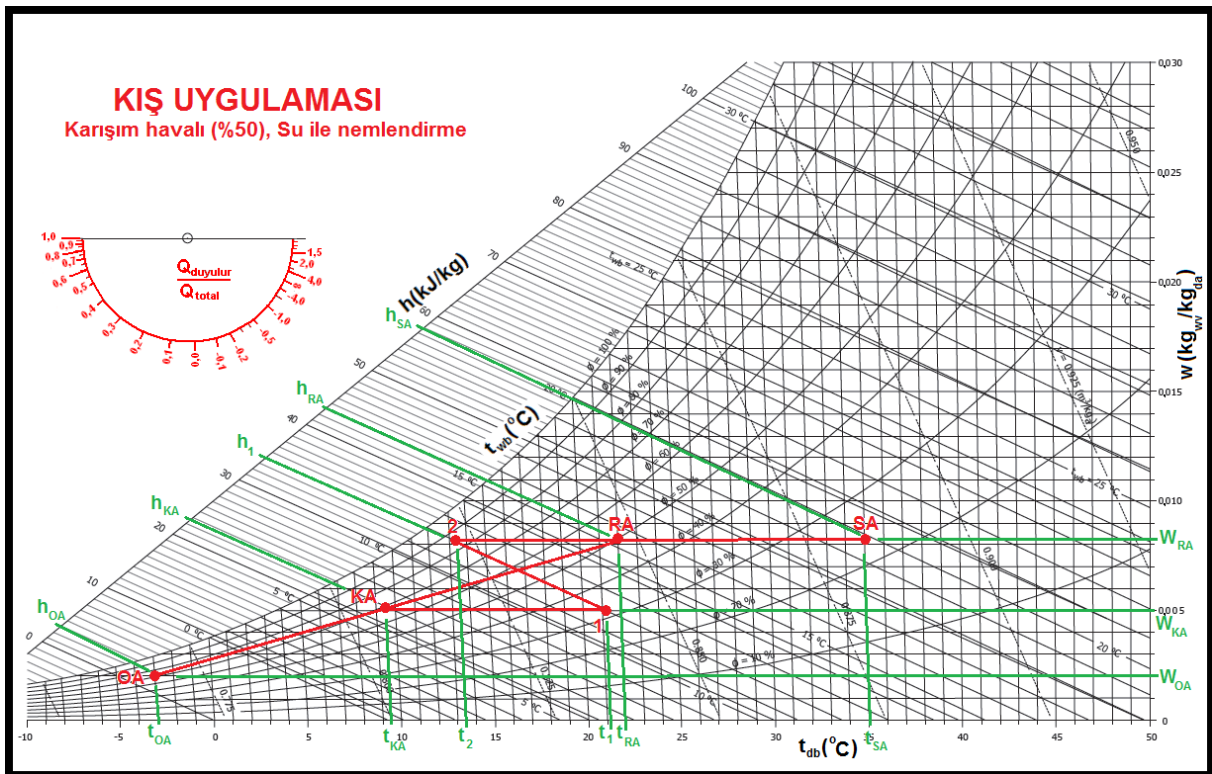
Mahal ısı kaybı ise aşağıdaki gibidir.

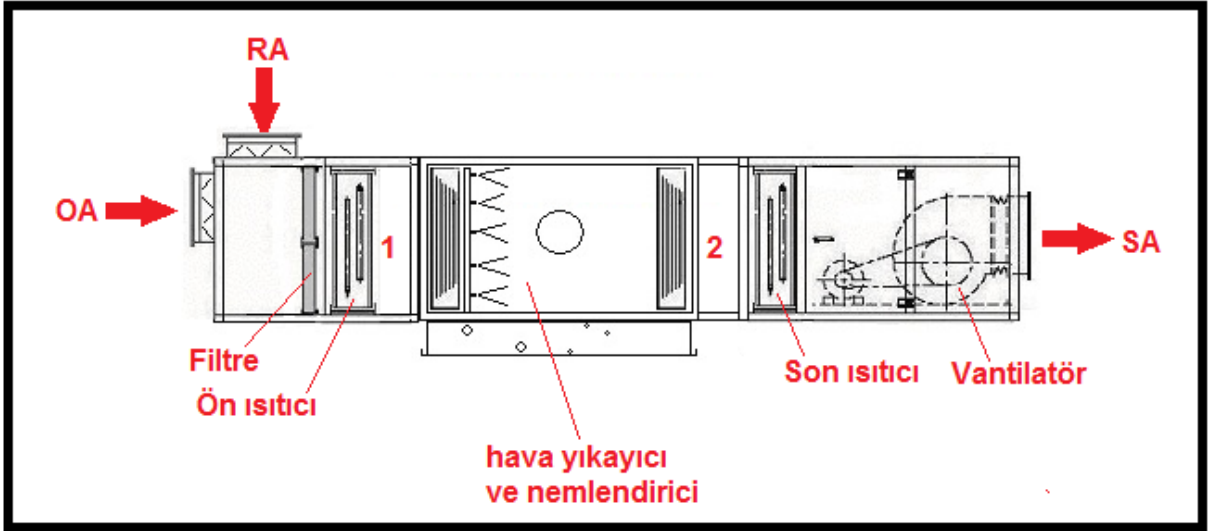
$$Q_{SI} = V \cdot (1/\gamma) c_p (t_{SA} - t_{RA}) = V \cdot (1/\gamma) (h_{SA} - h_{RA}) \dots \dots \dots \text{Mahal ısı kaybı}$$

Bu uygulamaya uygun bir klima santrali örneği aşağıda görülmektedir.



Bu uygulamayı, mahallin taze hava ihtiyacını dikkate alarak %100 dış havalı bir sistem yerine karışım havalı bir sistem olarak ta tasarlamak mümkündür. Psikrometrik diyagramdaki fark OA-RA karışımının ilavesinden ibaret olacaktır. Ancak karışım nedeniyle ısı yüklerinde, özellikle ön ısıtıcı yükünde önemli bir azalma meydana gelecektir. Karışım havalı uygulamanın psikrometrik diyagramı ve santral şematik çizimi aşağıda yer almaktadır.





%100 dış havalı uygulama ile karşılaştığımızda hava karışımı neticesi ön ısıtıcının kapasitesinin önemli ölçüde azaldığını, ancak son ısıtıcı kapasitesinin değişmediğini görürüz. Havayı nemlendirmek için gereken su miktarında da %50 tasarruf sağlandığı görülmektedir.

### 6.3. KIŞ UYGULAMASI İÇİN HAVA DEBİSİ VE ISITMA YÜKLERİNİN TESPİTİ-2, BUHAR İLE NEMLENDİRMELİ ÖRNEKLER.

Hava yıkayıcı nemlendiricilerde bağıl nem oranının oransal kontrolü oldukça zordur. Bu nedenle bu proseslerde iki konumlu uygulamalar genellikle tercih edilmektedir. Çünkü nemlendirme proses hattı üzerinde "2" noktasını herhangi bir yerde sabitlemek ve kontrol altında tutmak oldukça zordur. Bu işlem yalnızca havaya püskürtülen suyun debisinin kontrolü ile yapılamaz. Pulverizasyon, damlacık tanelerinin büyüklükleri ve nozullardaki basınç bunu etkileyen unsurlardır. Bu nedenle sulu nemlendiricilerde elde edilebilecek maksimum verimle ulaşılabilecek "2" noktası hedeflenir ve bu noktanın kontrolü iki konumlu kontrol, örneğin santrifuj pompaya verilen "dur-kalk" komutu ile gerçekleştirilir. Aksi mümkün olsaydı "2" noktası ile "SA" noktası çakışılmak suretiyle sistem basitleştirilebilir, son ısıtıcı elimine edilebilirdi.

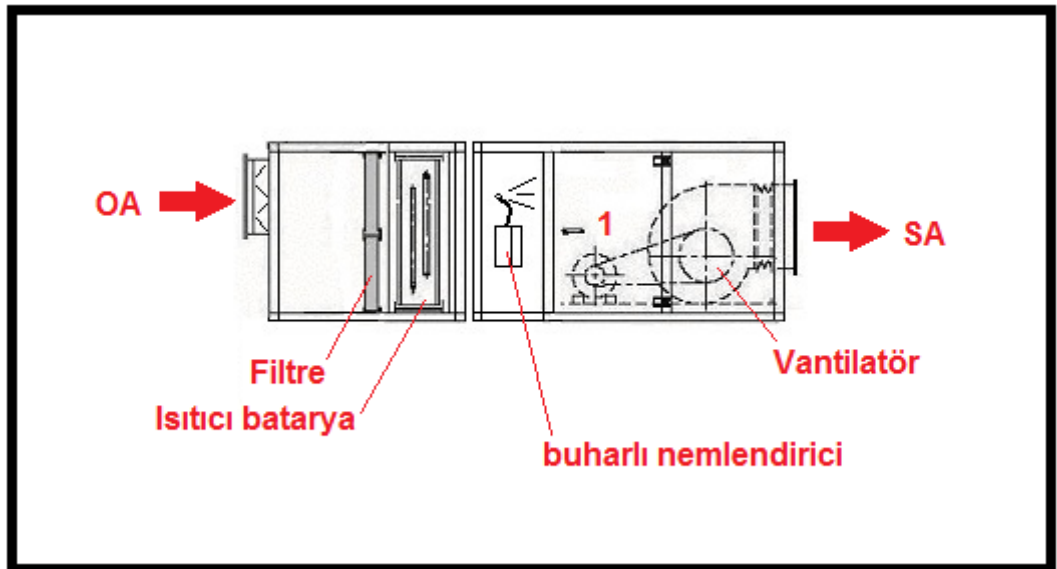
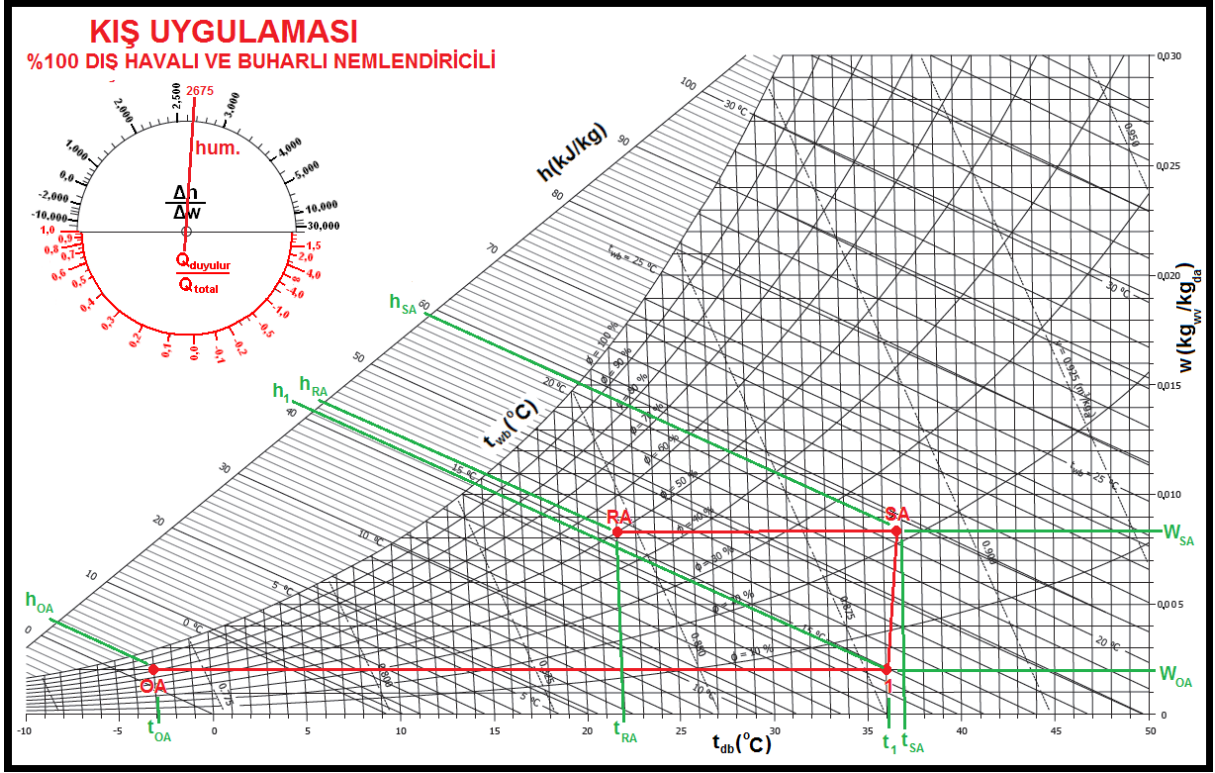
Sulu nemlendiricilerin diğer bir handikapı havada adyabatik soğutmaya neden olmalarıdır. Bu nedenle son ısıtıcıların kullanımı gerekmektedir.

Üçüncü bir husus ta havaya püskürtülen pulverize suyun buharlaşması ve havaya karışması için belirli bir hacim ve hücre uzunluğuna ihtiyaç göstermeleridir. Bu uzunluk imalatçı firmalar arasında farklılık göstermekle birlikte 1500mm ile 2500mm arasında olduğunu söyleyebiliriz. Bu da klima santralının boyunu uzatmakta, daha büyük makina dairelerine gereksinim göstermektedir.

Buharlı nemlendiriciler bu handikapları gidermek üzere geliştirilmişlerdir. Buharlı nemlendiricilerin sağladıkları faydaları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

- Oransal olarak kontrol edilmeleri mümkündür. Havaya püskürtülen buhar miktarının oransal kontrolü ile bu işlem kolaylıkla gerçekleştirilmektedir.
- Sulu nemlendiricilerde olduğu gibi uzun hücrelere gereksinim göstermezler, çok daha küçük hacimlerde çözülebilirler. Kanala monte edilebilirler.
- Eğer uygulanan mahalde buhar, örneğin atık buhar mevcutsa enerji açısından son derece ekonomik çözümler getirirler.

%100 harici havalı , buharlı nemlendiricili bir klima santralının psikrometrik diyagramı ile santralın şematik çizimi aşağıdadır.



Diyagramda da görüldüğü gibi OA-1 hattı dış havanın ısıtıcı bataryada ısıtılması işlemidir. 1-SA hattı ise buhar püskürtülmesi suretiyle mutlak nem oranının artırılmasıdır. Konu



5.5.2’de buhar ile nemlendirme bahsi detaylı bir biçimde anlatılmıştır. Örneğimizde elektrodlu buhar jeneratörü kullanıldığı ve doymuş kuru buharın sıcaklığının 100°C olduğu kabul edilmiştir. 100°C’teki doymuş kuru özgül entalpisi 2675,57 kJ/kg’dır (Bkz. Tablo-1, Doymuş Haldeki Suyun termodinamik Özellikleri). Bu durumu psikrometrik diyagramın sol üst köşesindeki “Δh/ΔW” skalasına çizer ve bu çizgiyi paralel olarak “1” noktasına taşıyız. Bu bizim nemlendirme prosesimizdir.

“SA” noktasında mahalle sevk olunan klimatize hava mahallin ısı kaybı nedeniyle “RA” şartına kadar soğuyacaktır. Bu prosesdeki ısıtma ve nemlendirme işlemleri aşağıdaki gibidir.

$$Q_{Isıt} = V.(1/\gamma)c_p(t_1 - t_{OA}) = V.(1/\gamma)(h_1 - h_{OA}) \dots\dots\dots \text{ısıtıcı}$$

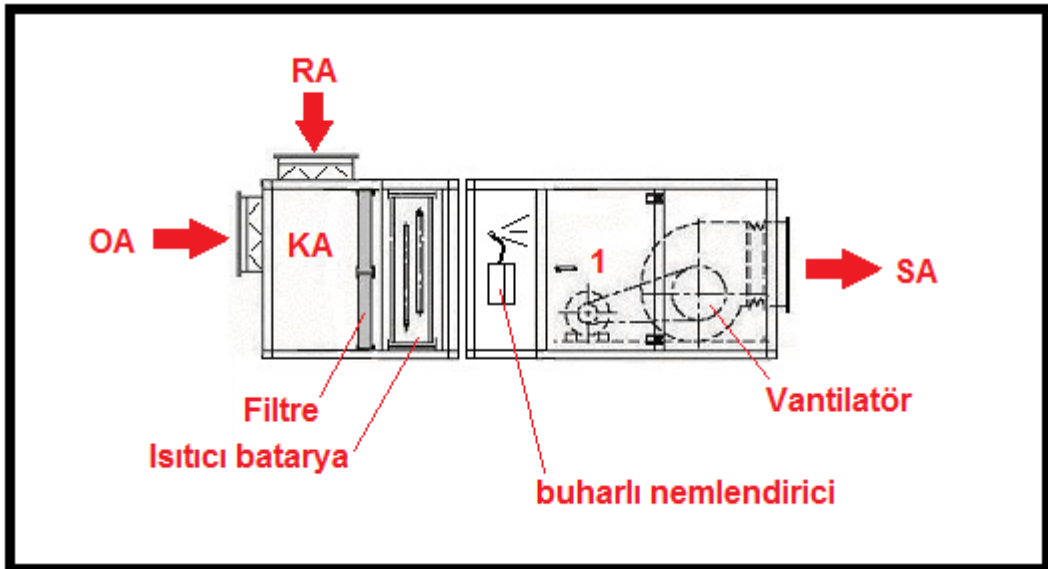
$$W_{nem} = V.(1/\gamma)(W_{RA} - W_{OA}) = \dots\dots\dots \text{nemlendirici}$$

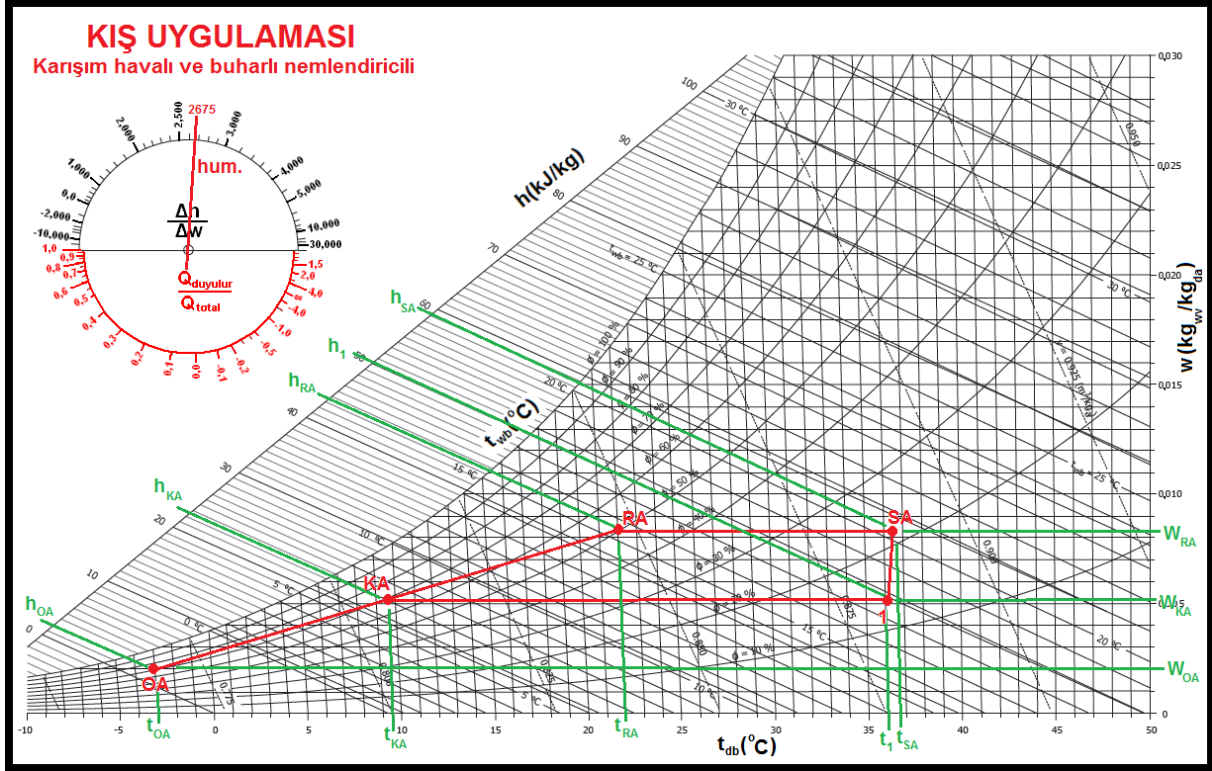
Bu miktar ön ısıtıcıdan çıkan havaya ilave edilen su buharı miktarıdır ve birimi “kg”dır. Bu işlem için gerekli enerji ise aşağıdaki gibidir.

$$Q_{nem} = V.(1/\gamma)(W_{RA} - W_{OA})h_{fg} = V.(1/\gamma)(h_{SA} - h_1) \dots\dots \text{nemlendirici yükü}$$

Bu işlemde “h<sub>fg</sub>” birim ağırlıktaki suyun buharlaşması için gerekli entalpidir. (100°C su için h<sub>fg</sub>=2256,47 kJ/kg).

Aynı uygulamayı karışım havalı bir klima santrali ile yaparsak psikrometrik diyagramımız ve klima santralimiz aşağıdaki gibi oluşur.





Bu uygulamanın psikrometrik işlemleri bir önceki %100 dış havalı buharlı nemlendiricili klima santralının aynıdır. Aynı formüller kullanılabilir.

## 6.4. ISI GERİ KAZANIMI

### 6.4.1 Genel

Klima santrallerinde kullanılan ısı geri kazanım işlemlerini dört ana grupta toplayabiliriz.

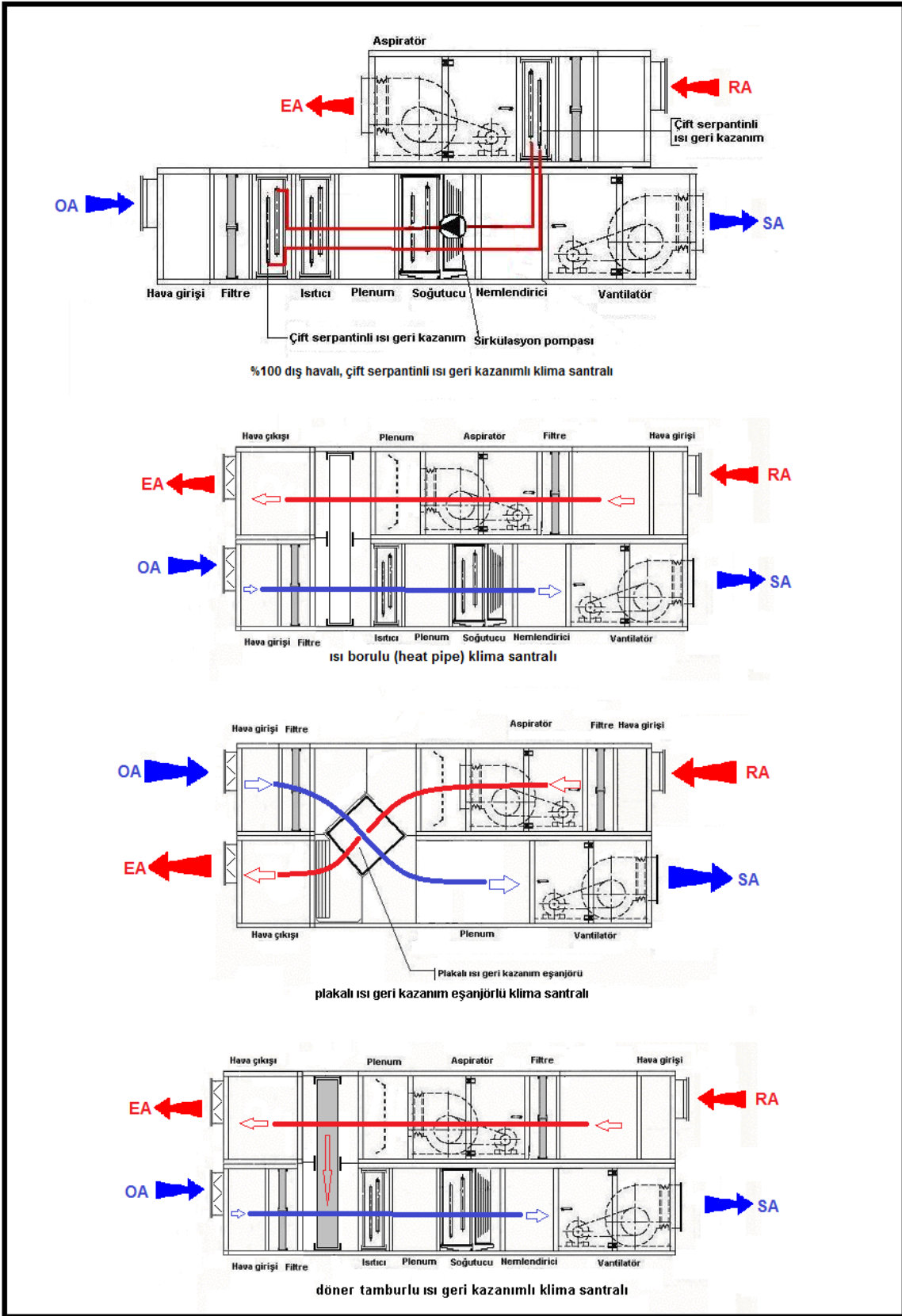
- Çift Serpantinli Isı Geri Kazanım Sistemleri
- Isı Borulu Isı Geri Kazanım Sistemleri
- Plakalı Eşanjörlü Isı Geri Kazanım İşlemleri
- Döner Tamburlu Isı Geri Kazanım İşlemleri

Klima santrallerinin tasarımı açısından her dört uygulama birbirinden farklılık gösterse de psikrometrik açıdan birbirinin aynıdır. Temel ayırım ısı geri kazanım ünitelerinin ısı geri kazanım tarzlarındaki farklılıktır. Bu açıdan ısı geri kazanım ekipmanlarını iki kategoride toplayabiliriz.

- Yalnız duyulur ısı bazında ısı geri kazanımı gerçekleştirenler
- Entalpi bazında (toplam enerji) bazında ısı geri kazanımı gerçekleştirenler

Diğer bir sınıflandırma da ısı transfer tarzına göredir.

- Direkt ısı transferi ile geri kazanım sağlayanlar
- Üçüncü bir transfer elemanı (hidronik) kullananlar.



Yukarıdaki şematik çizimde her dört tip ısı geri kazanım uygulaması görülmektedir.



Çift serpantinli ısı geri kazanım sistemleri ile ısı borusu geri kazanım sistemleri ısı transferi için hidronik eleman kullanırlar. Bu eleman çift serpantinli sistemlerde su veya su-etilen glikol karışımıdır. Verimi düşük olan (%40 civarı) ve salt duyulur ısı bazında ısı geri kazanımı sağlayan bu sistemin en büyük avantajı vantilyasyon ve aspirasyon ünitelerinin aynı mahalde bulunmaları mecburiyetinin olmamasıdır. Örneğin egzost ünitesi çatıda, klima santrali ise bodrum katta olabilir. Transfer boru donanımı ve sirkülasyon pompası vasıtasıyla gerçekleştirilir.

Isı borusunda ise direkt genişlemeye müsait soğutucu akışkandır; en geniş kullanımı olan R-134'dür. Pomapaya gerek göstermeyen, soğutucu akışkanın dansitesinde buharlaşmaya bağlı olarak meydana gelen değişiklikler nedeni sirkülasyonu kendi içinde sağlar. Verim olarak çift serpantinli sistemlere benzerlik gösterirler.

Plakalı eşanjörlerde metal veya LiBr solüsyonu emdirilmiş selülozik elemanlar egzost ve dış hava arasındaki bölme oluşturur, bu bölme üzerinden ısı iletimi sağlanır. Bu nedenle plakalı ısı geri kazanım eşanjörleri kararlı rejim çalışması olarak kabul edilirler. Plakaları alüminyum veya benzeri metallerden oluşan eşanjörler salt duyulur ısı transferi yapar ve (°C) bazında ısı geri kazanımı sağlar. Selüloz, örneğin LiBr veya benzeri sıvı emdirilmiş kağıt elemanları olanlar duyulur ve gizli ısı transferi yaparlar. Bu eşanjörlere entalpi bazlı ısı geri kazanım eşanjörleri tabir edilir. Plakalı eşanjörlerin verimleri tasarımına bağlı olarak %40 ila %85 arası değişmektedir. Bir plakalı eşanjör aşağıda görülmektedir.



Döner tamburlu eşanjörler salt metal veya satıh kaplamalı metal dolgu malzemesine sahiptirler. Buldukları klima santralleri içinde 80 ila 100 d/dak hızla dönerler. Dönme işlemi küçük bir elektrik motoru vasıtasıyla gerçekleştirilir. Egzost havası tarafındaki tekerleğin yarısı egzost havasının sıcaklığı nedeniyle ısınır ve dönme hareketi neticesi bu havayı soğuk olan dış havaya taşır (yaz aylarında bu işlemin tersi

olur). Bu nedenle döner tamburlu ısı geri kazanım eşanjörlerinin çalışma tarzı kararsız rejim olarak kabul edilir. Döner tamburlu eşanjörler üç değişik şekilde imal edilmektedirler:

1. **Salt metal (alüminyum) dolgu malzemeli olanlar** : Bu modeller yalnız duyulur ısı transferinde kullanılırlar. Dönme işlemi neticesi cüzi bir miktar nemli havayı da sürükleseler gizli ısı transferi açısından bu husus kabili ihmaldir. Oldukça yüksek duyulur ısı geri kazanım verimine sahiptirler ((%70 ve üzeri).
2. **Satırları oksitlenmiş alüminyum dolgu malzemeli olanlar**: Bu modellere entalpi tekerleği de tabir edilir. Alüminyum dolgu malzemeleri özel banyolarda oksitlendirilip belirli bir mikron kalınlığında oksit tabakasına sahip olurlar. Bu eşanjörlerin yüksek duyulur ısı geri kazanım verimlerine (%70 ve üzeri) karşılık gizli ısı geri kazanım verimleri oldukça düşüktür (%40 civarı).
3. **Dolgu malzemesinin satırları silika jel kaplı olanlar**: Bu modellere absorpsiyon tekerleği de denir. Alüminyum dolgu malzemesinin satırı özel işlemlerle pulverize silika jel ile kaplanmıştır. Yüksek duyulur ve gizli ısı geri kazanım verimlerine sahiptirler (%70 ve üzeri).



#### 6.4.1. Duyulur Isı Bazında Isı Geri Kazanım:

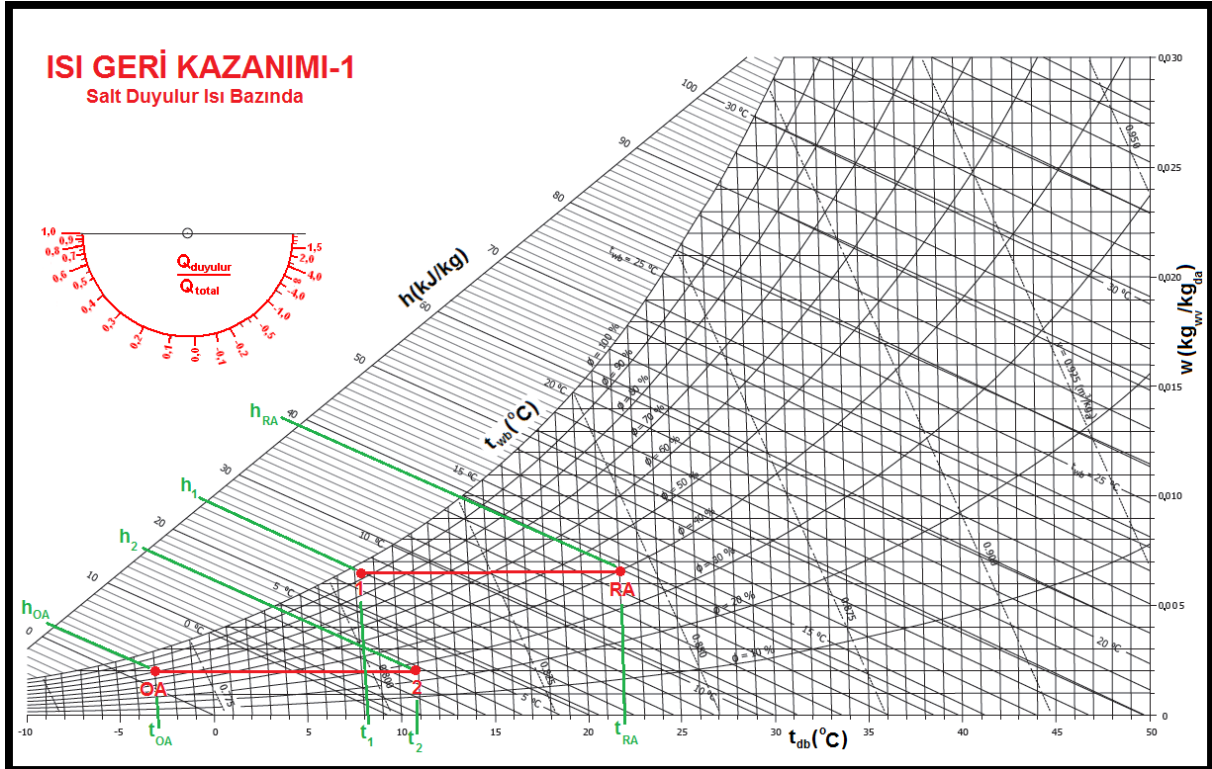
Duyulur ısı bazında ısı geri kazanım işleminde dış hava ile oda havasının mutlak nem oranları eşanjördeki proses nedeniyle değişmemekte, aynı kalmaktadır. Bu proste, ısı alış-verişi sonucu oluşan sıcaklıkların nasıl hesaplanacağı TS EN 308'de belirtilmiştir.

$$\eta = \frac{t_{RA} - t_1}{t_{RA} - t_{OA}} \times 100$$

Bu formüle:

- $\eta$ = Eşanjör ısı kazanım verimi ..... (%)  
 $t_{RA}$ =Egzost edilen havanın sıcaklığı ..... (°C)  
 $t_{OA}$ =Dış havanın sıcaklığı ..... (°C)  
 $t_1$ =Egzost edilen havanın eşanjörden çıkış sıcaklığı ..... (°C)

Bu işlemi psikrometrik diyagramda şu şekilde gösterebiliriz:



Bu prosesle ilgili olarak şu denklemleri kurabiliriz:

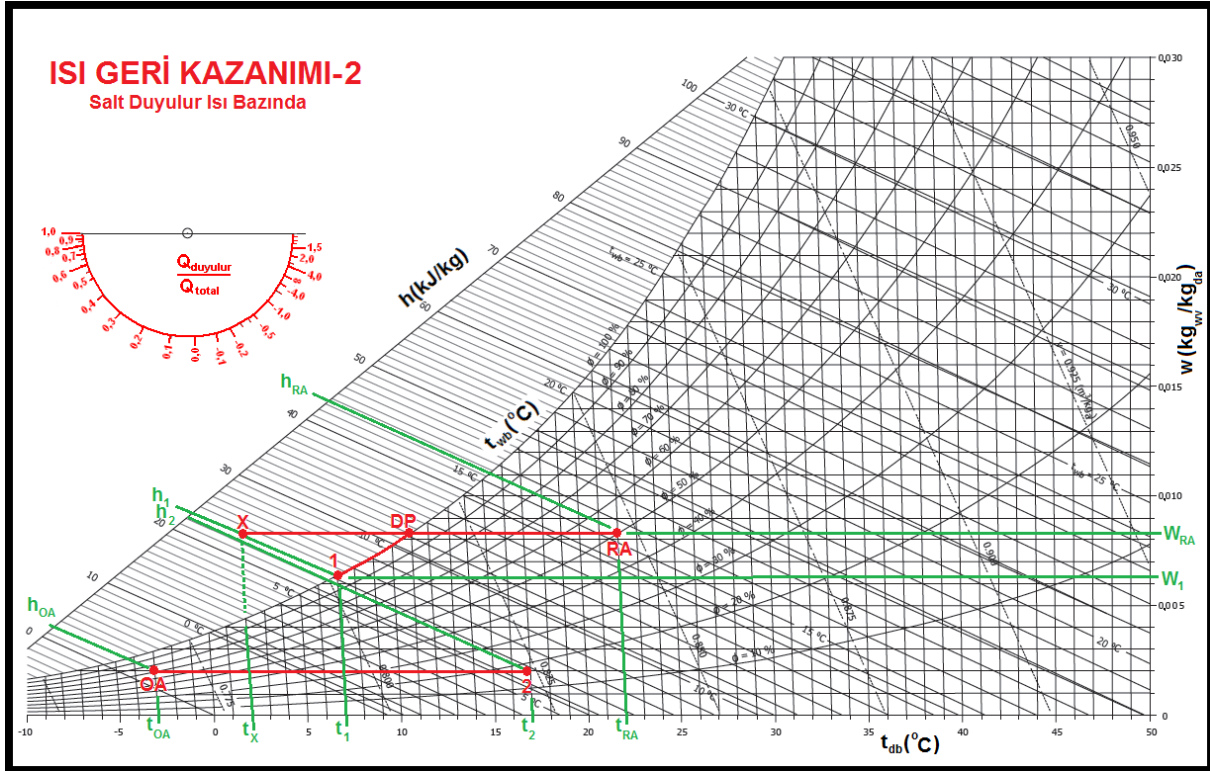
$$Q_1 = Q_2$$

$$Q_1 = V(1/\gamma)C_p(t_{RA} - t_1) = V(1/\gamma)(h_{RA} - h_1)$$

$$Q_2 = V(1/\gamma)C_p(t_2 - t_{OA}) = V(1/\gamma)(h_2 - h_{OA})$$

Bu denklemlerde egzost ve dış hava debilerinin eşit olduğu varsayılmıştır. Debilerin farklı olması durumunda aynı denklemler "V" değerlerinin eşit olmayan değerlerle değiştirilmesi sonucu elde edilir.

Yukarıdaki örnekte ısı geri kazanım veriminin %55 alınması nedeniyle soğuyan oda havasının oda doyma noktası olan “DP”ye varmadığı görülmektedir. Eğer verim daha yüksek olsaydı ve bunun neticesi hesaplanan “t<sub>1</sub>” sıcaklığı doyma eğrisinin dışında çıksaydı bu durumda entalpi eşitlikleri ile prosesi belirlemek gerekecekti. Bu durumu verimi %80 olan bir ısı geri kazanım eşanjörü ile gösterelim.



Bir önceki sayfada vermiş olduğumuz verim denklemini %80 için yaptığımızda hayali “t<sub>x</sub>” noktasını +2°C olarak buluruz. Ancak bu sıcaklık doyma eğrisinin üstünde olduğu için mümkün değildir. Ancak bu sıcaklığın özgül entalpisi denklemde kullanılabilir.

$$Q_1 = Q_2$$

$$Q_1 = V(1/\gamma)(h_{RA} - h_1) \quad (h_x = h_1)$$

$$Q_2 = V(1/\gamma)C_p(t_2 - t_{OA}) = V(1/\gamma)(h_2 - h_{OA})$$

Bu işlemde egzost edilen hava “DP” sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa soğutulduğu için yoğuşma meydana gelmektedir. Eğer “1” noktası 0°C’ın altında olsaydı bu sefer karlanma ve buzlanma yoğuşmanın yerini alacaktı. Yoğuşma ve karlanma olan plakalı ısı geri kazanım eşanjörlerinin egzost tarafında bir yoğuşma kabı bulunması gereklidir. Eğer karlanma olayı varsa

defrost tertibatı bulunmalıdır. Bu husus konumuz dışı olduğundan detayına girilmeyecektir; imalatçı firmalarla temasa geçilmesi tavsiye olunur.

#### 6.4.2. Toplam Isı (Entalpi) Bazında Geri Kazanım:

Toplam ısı bazında ısı geri kazanımı hem duyulur ısı bazında “°C” olarak, hem de gizli ısı bazında “W” olarak ısı geri kazanımını, diğer bir ifadeyle hem ısı hem de kitle transferini içermektedir. Bu nedenle iki değişik verim değerinin belirtilmesinde yarar vardır. Bunlardan biri duyulur ısı geri kazanım verimi, diğeri de gizli ısı geri kazanım verimidir.

$$\eta_t = \frac{t_{RA} - t_1}{t_{RA} - t_{OA}} \times 100$$

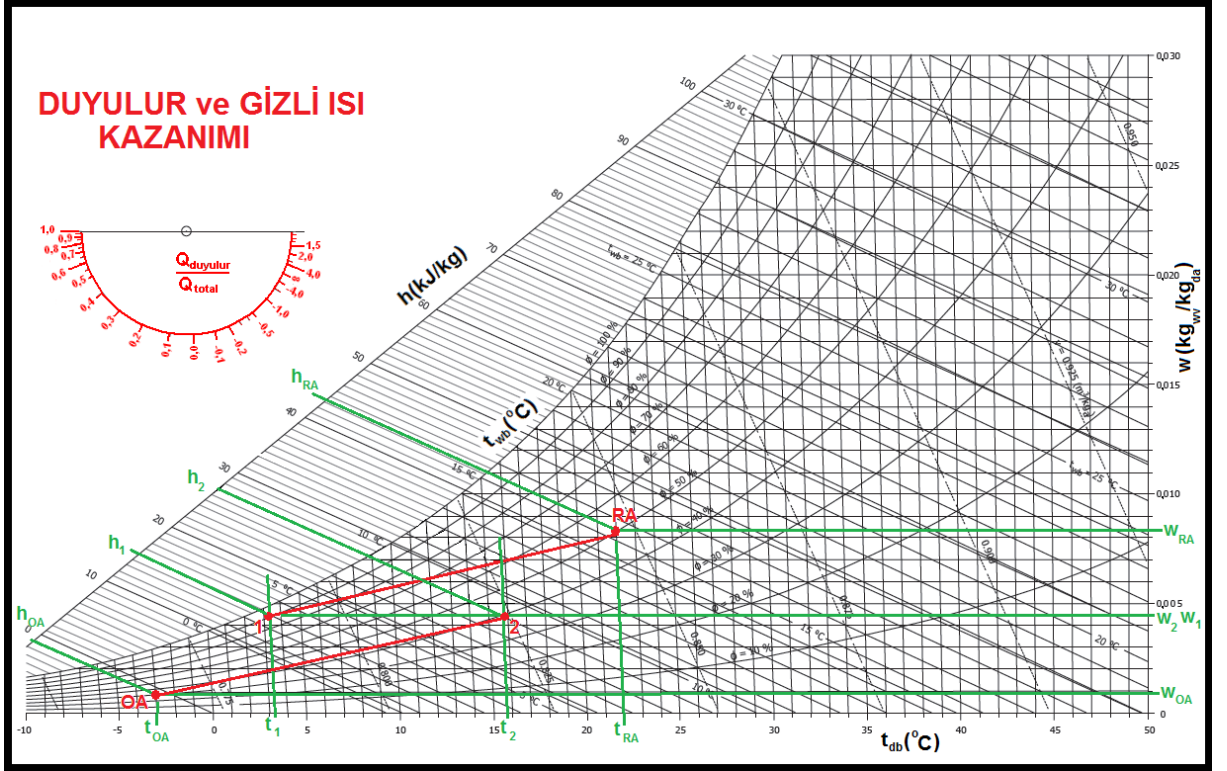
$$\eta_w = \frac{W_{RA} - W_1}{W_{RA} - W_{OA}} \times 100$$

Bu işlemi psikrometrik diyagrama aktarabilmemiz için “t<sub>1</sub>” ve “t<sub>2</sub>” değerlerine ilaveten “W<sub>1</sub>” ve “W<sub>2</sub>” değerlerini de bulmamız gerekmektedir. Burada yapacağımız işlemi şu şekilde özetleyebiliriz:

1. Duyulur ısı bazında ısı geri kazanımı verimi “η<sub>t</sub>”yi esas alarak “t<sub>1</sub>” egzost havası eşanjör çıkış sıcaklığını belirleyin. Bu noktanın kuru termometre koordinatından sabit kuru termometre çizgisini çizin (diyagramda “t<sub>1</sub>” noktasından yukarı doğru uzanan yeşil çizgi).
2. Isı denklemini kurup dış havanın eşanjörden ısınmış olarak çıkacağı “t<sub>2</sub>” noktasını belirleyin. Bu noktanın kuru termometre koordinatından da aynı şekilde sabit kuru termometre çizgisini çizin (diyagramda “t<sub>1</sub>” noktasından yukarı doğru uzanan yeşil çizgi).
3. Psikrometrik diyagramdan “W<sub>RA</sub>” ve “W<sub>OA</sub>” değerlerini bulun.
4. “η<sub>w</sub>” verim değerini esas alarak diyagramdan “W<sub>1</sub>” ve “W<sub>2</sub>” değerlerini hesaplayın. Her iki değer için mutlak nem oranı ordinatına dik iki sabit mutlak nem çizgisini çizin (Bizim örneğimizde verim %50 olduğu için her iki hat üst üste çakışacaktır).
5. “W<sub>1</sub>” yatay hattı ile “t<sub>1</sub>” dikmesinin kesiştiği nokta “1” konumudur.
6. “W<sub>2</sub>” yatay hattı ile “t<sub>2</sub>” dikmesinin kesiştiği nokta “2” konumudur.
7. RA-1 hattı eşanjörde egzost havasının soğuma hattıdır. Aynı şekilde OA-2 hattı da ısı geri kazanımı ile dış havanın ısınma ve nem kazanma hattıdır.

Aşağıdaki psikrometrik diyagramda mahal şartları 22°C, %50 rH, dış hava şartları -3°C, %30 rH ve eşanjör verimleri η<sub>t</sub>=%75, η<sub>w</sub>=%50 olan bir uygulama örneği verilmektedir.

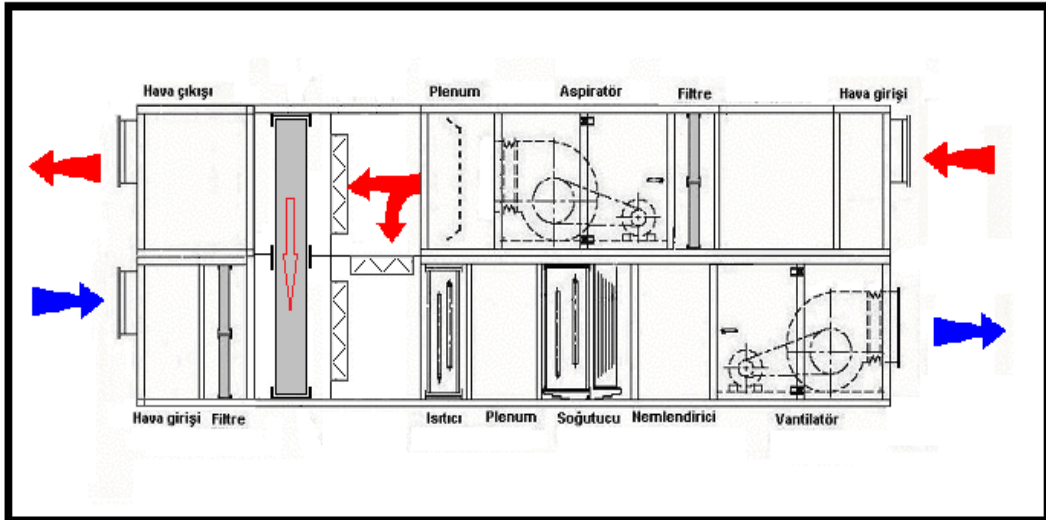




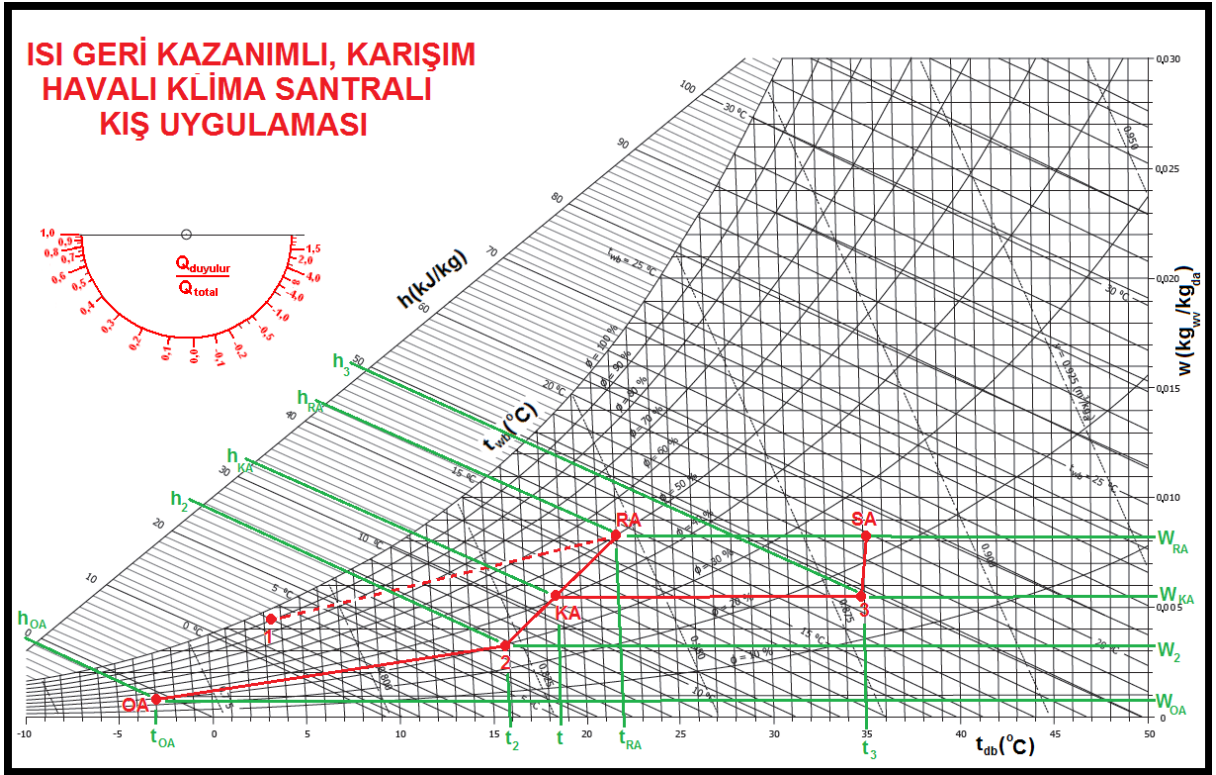
## 6.5. ISI GERİ KAZANIMLI KLİMA SANTRALI ÖRNEKLERİ

### 6.5.1. Kış Uygulaması

Kış kliması örneğimizde entalpi bazlı ısı geri kazanım tamburu olan, karışım havalı ve buharlı nemlendiricili bir klima santralini inceleyeceğiz.



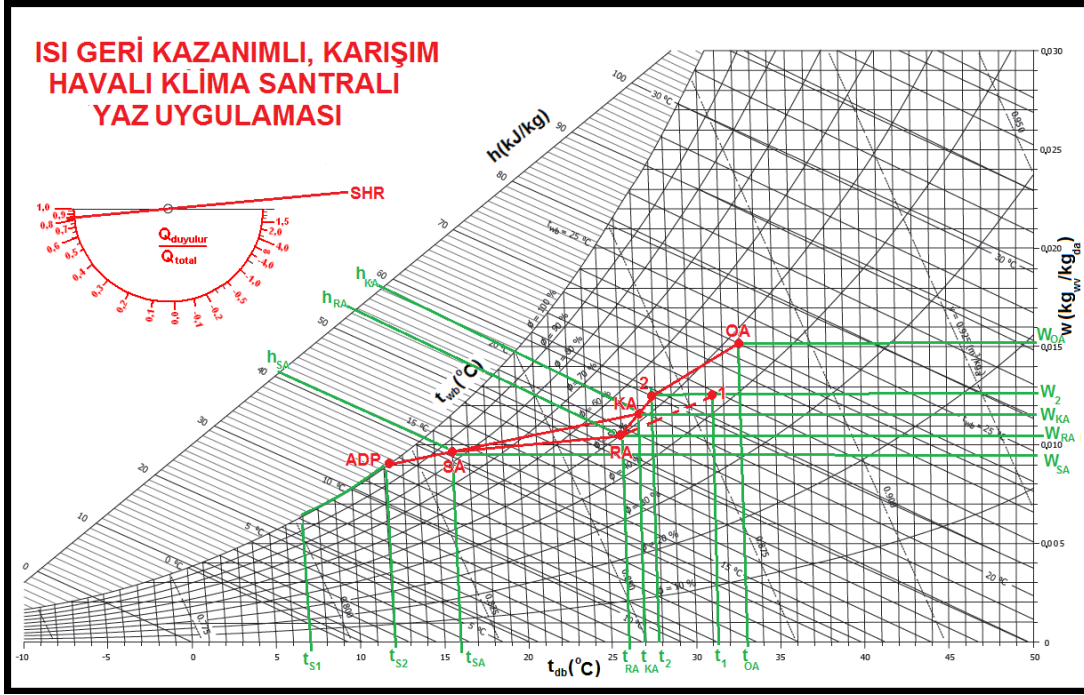
Klima santralimiz dört mevsim çalışmak üzere dizayn edildiği için bünyesinde soğutucu batarya da bulundurmaktadır. Önce kış klima uygulamasını inceleyeceğiz, bilahare yaz klimasını göreceğiz.



Isı geri kazanım işlemi 6.4.3'deki örneğin aynıdır. Ancak egzost ettğimiz hava psikrometrik proses açısından bizi ilgilendirmediğinden kesin çizgilerle gösterilmiştir. OA-2 dış havanın döner tamburlu ısı geri kazanım cihazında ısı ve mutlak nem kazanmasını göstermektedir. "2" konumundaki hava, döner tamburlu eşanjörden geçmeyen %50 oranındaki mahal havası ile karışmaktadır. Bu proses 2-RA hattı olup karışım noktası "KA" ile gösterilmiştir. KA-3 hattı ise ısıtıcı bataryada karışım havasının ısıtılması hattıdır. "3" noktasındaki havanın beher kilogramına " $W_{ra}-W_{ka}$ " kadar buhar ilavesi ile nemlendirme yapılmaktadır. "SA" noktası ise klimatize havanın mahalle sevk olduğu konumdur.

Bu uygulamada entalpi bazlı ısı geri kazanım tamburunun kullanımının getirdiği avantajlar açıkça görülmektedir. Örneğin KA-3 ısıtma proses çizgisi kısalmıştır. Eğer ısı geri kazanımı olmasaydı karışım işlemi OA-RA hattı üzerinde yapılacak ve ısıtma bataryası da bunun neticesi olarak daha büyük çıkacaktı. Keza aynı mantığı nemlendirme prosesi için de yürütmek mümkündür. "KA" noktasının daha solda ve aşağıda bir konumda olması gerekli buhar miktarında da artışa neden olacak, neticede daha büyük bir buharlı nemlendirici kullanılacaktır. Bu da bize işletme maliyeti açısından büyük avantajlar sağlamaktadır.

### 6.5.1. Yaz Uygulaması



Yukarıdaki psikrometrik diyagramımızda %50 karışım havalı bir yaz uygulaması görülmektedir. Veriler aşağıdaki gibidir.

$\eta_{duy} = \%75$ ..... Duyulur ısı verimi

$\eta_{giz} = \%50$ ..... Gizli ısı verimi

**Dış hava oranı = %50**

Oda şartları:

**26°CKT, %50rH, RSHR=0,82**

Bu diyagramda "OA-2" hattı dış havanın döner tamburdan geçerken soğuması ve mutlak neminin belirli bir miktarını bırakmasını, "SA-1" hattı da egzost edilen mahal havasının ısınırken dış havadan transfer edilen nemi bünyesine almasını göstermektedir. Ancak egzost havası bu aşamada bizleri ilgilendirmediği için yalnız malumat kabilinden kesik çizgiler halinde gösterilmiştir. Bir entalpi bazında ısı geri kazanımı aparatından hava çıkış şartlarının hesabı 6.4.3.'de gösterilmiştir.

"2-RA" hattı oda havası ile döner tamburlu ısı geri kazanım cihazından çıkan havanın karışım prosesinin meydana geleceği hattır ve "KA" noktası karışım noktasıdır.

"RA-SA" ESHR'ye eşit olup oda efekti neticesi havanın mahalde ısınması işlemini göstermektedir. Havanın 10°C sıcaklık farkı ile üfleneceği kabul edildiğinden "KA-SA-ADP" hattı da klima santrali soğutma bataryasındaki soğutma prosesidir.

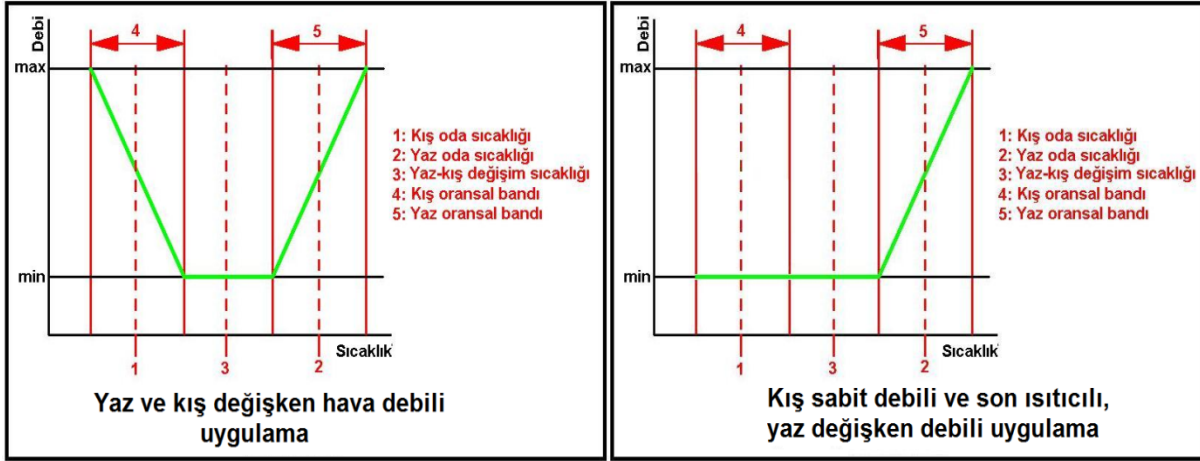


Daha önceki bahislerde anlatıldığı gibi ADP kuru termometre sıcaklığı soğutucu su çıkış sıcaklığına eşit alınır, soğutucu bataryada sirküle eden soğutulmuş su 7/12°C bulunur.

## 6.6. DEĞİŞKEN HAVA DEBİLİ SİSTEMLER

Değişken hava debili sistemlerde iki temel uygulama tipi vardır.

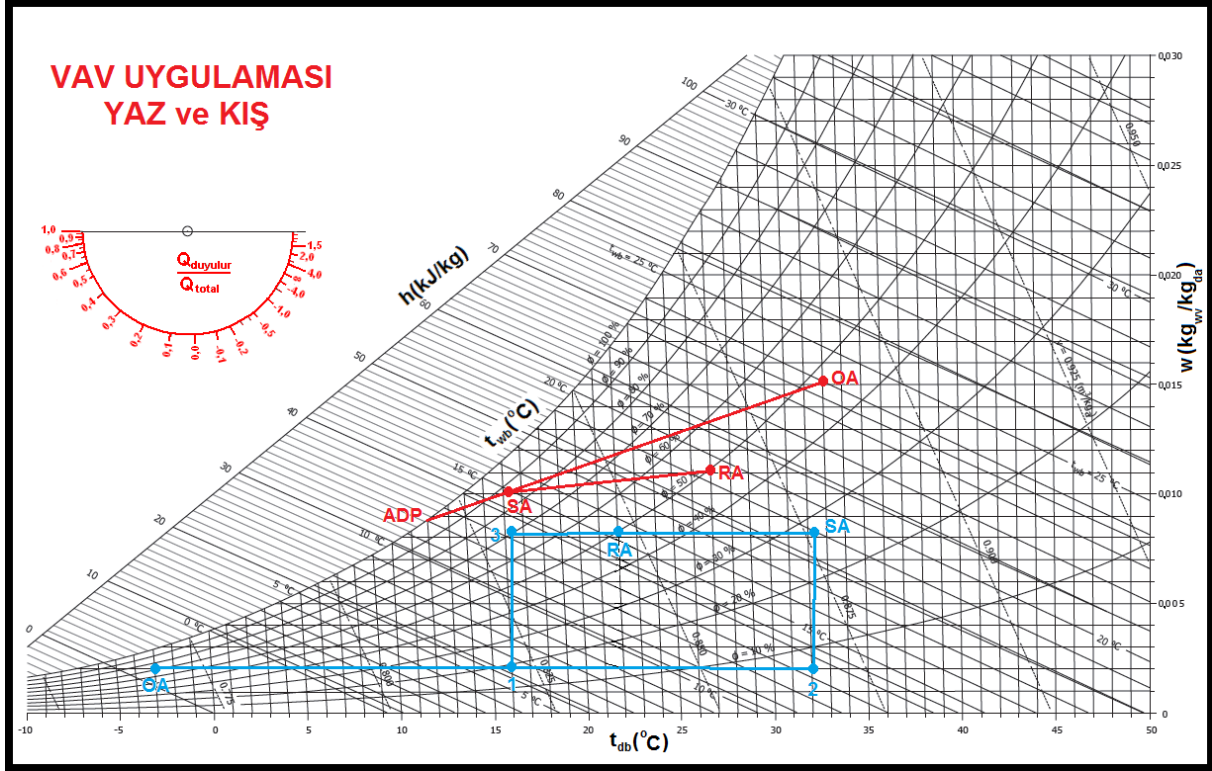
1. Yaz ve kış uygulamasında değişken hava
2. Yaz uygulamasında değişken hava, kış uygulamasında minimum debide sabit hava.



VAV terminal üniteli sistemlerin en büyük özelliklerinden biri mahallin sıcaklığının kontrolünü üflenen havanın sıcaklığını ayarlayarak yapmak yerine sabit sıcaklıkta ve değişken debide hava sevk etmesidir. VAV ismi de buradan kaynaklanmaktadır, “Değişken Hava Debili” tabirinin İngilizcesinin baş harflerinden oluşmaktadır. Bu sistemde maksimum debi mahallin maksimum yaz yüküne göre, minimum debi de IAQ’ya bağlı olarak mahaldeki insan sayısına göre belirlenir. Mahal sıcaklık değişimine bağlı olarak hava debisi oransal olarak regüle edilir. Bu uygulama yaz-kış uygulanabileceği gibi (Bkz üstteki diyagram sol çizim) enerji ekonomisi açısından yaz uygulamasında değişken hava debisi, kış uygulamasında ise minimumda sabit hava debisi uygulaması da yapılabilir (Bkz. Sağ çizim). Kış çalışmasında minimum debi uygulaması yapılıyorsa klima santralı hava çıkışı minimum sıcaklıkta, örneğin 16°C’ta sabit tutulur, mahallin bakiye ısı ihtiyacı VAV terminal ünitesinin hava çıkış tarafına yerleştirilen bir ısıtıcı batarya ile gerçekleştirilir.

VAV terminal ünitelerinin diğer bir özelliği de değişen basınç farkları, örneğin giriş basınçları karşısında sabit debi uygulamasını yapabilmesidir. Özellikle HEPA filtreli uygulamalarda faydalanılan bu özellik konumuz dışı olduğundan yalnızca bilgi vermekle yetinilecektir.

Aşağıdaki psikrometrik diyagramda VAV terminal üniteli, değişken hava debili sistemlerin yaz-kış uygulamaları gösterilmektedir.

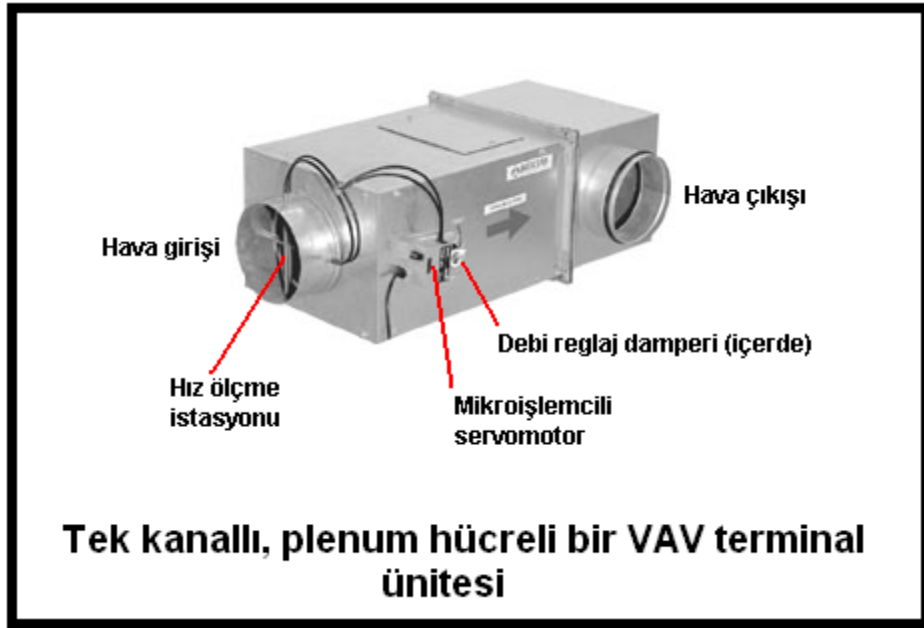


Diyagramda kırmızı çizgiler yaz uygulamasını, mavi çizgiler de kış uygulamalarını göstermektedir. Her iki uygulama için %100 dış hava kabul edilmiştir. Yaz uygulamasında "OA" şartlarındaki hava klima santralında "SA" şartlarına kadar soğutulmakta ve mahalle sevk olunmaktadır. "SA-RA" hattı mahalde oda efekti neticesi duyulur ve gizli ısı kazancını göstermektedir. Bu uygulamada "SA" konumu daima sabittir. (Dış hava şartlarındaki değişikliklerin bu konum üzerindeki etkisi tolere edilebilecek sınırlar içindedir). Mahal ihtiyaçlarına bağlı olarak üflenen havanın debisi oransal olarak kontrol edilmekte, azaltılmakta veya çoğaltılmaktadır.

Kış uygulamasında ise iki alternatif mevcuttur.

1. Değişken hava debili uygulama
2. Sabit hava debili ve son ısıtıcı uygulama

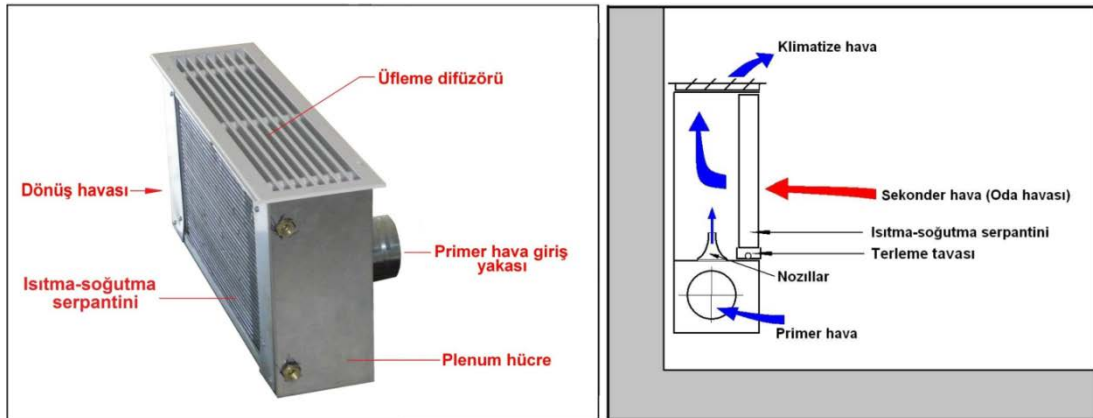
Değişken hava debili uygulamada dış hava klima santralında "OA" konumundan "2" konumuna kadar ısıtılmaktadır. Bilahare buharla nemlendirilen hava "SA" konumunda mahalle sevk olunmaktadır. "SA-RA" hattı ise mahalde ısı kaybı neticesi soğumayı göstermektedir. Bu proste üflenen havanın sıcaklığı sabittir. Mahal ısı yaz uygulamasında olduğu gibi debinin oransal reglajı ile sağlanmaktadır. Nemlendirici kullanıldığı takdirde bağıl neme bağlı olarak oransal kontrol yapılabilir.



Sabit hava debili kış uygulamasında ise hava belirlenmiş olan minimum debide sabit debili olarak üflenmektedir. Klima santralindeki ısıtma işlemi "OA-2" prosesi olup sıcaklık sabittir. "2-3" arasında nemlendirme prosesine tabi tutulan hava VAV terminal ünitesindeki son ısıtıcı serpantine girmektedir. Burada hava "3-SA" prosesi ile ısıtılmakta ve mahalle sevk olunmaktadır. Mahal sıcaklığını sabit tutabilmek için, hava debisi sabit olduğundan "SA" üfleme sıcaklığı mahal yüküne bağlı olarak oransal kontrol edilmektedir.

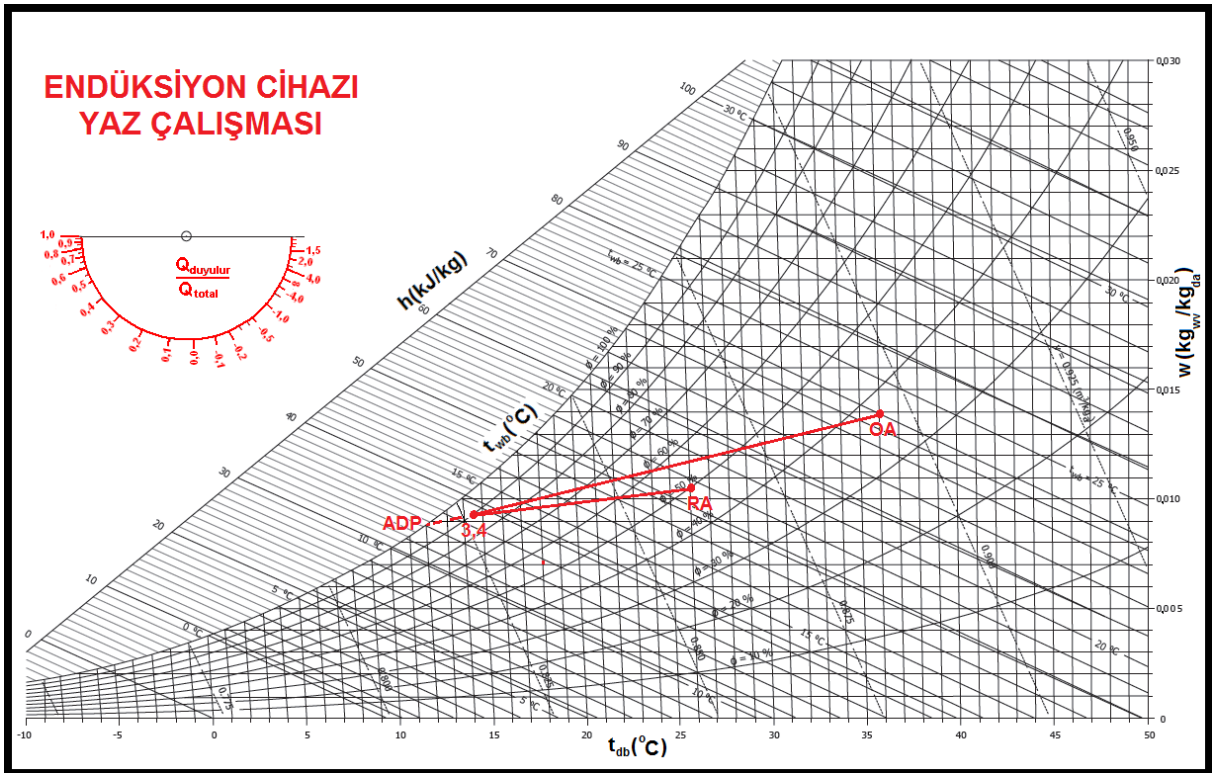
## 6.7. ENDÜKSİYON SİSTEMLERİ

Endüksiyon cihazları klima santralinde şartlandırılmış primer havanın bir cihaz içindeki nozullardan yüksek hızla üflenmesi, yüksek hız ile yaratılan kısmi vakum sayesinde sekonder hava olarak tabir edeceğimiz mahal havasının cihazdaki serpantin üzerinden endüklenmesi ve soğutulması esasına dayanır. Primer ve sekonder hava cihaz içinde karışıp mahalle sevk olunurlar.



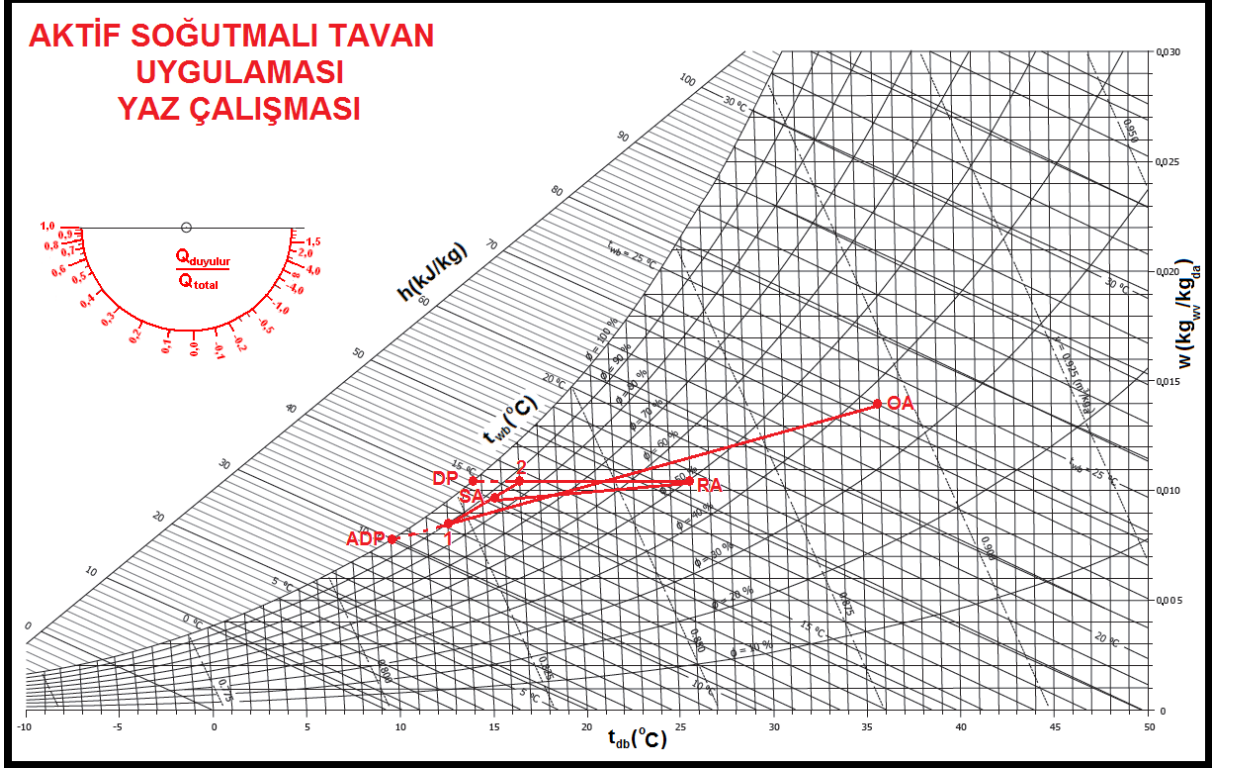
Yukarıdaki resimde bir endüksiyon cihazı ve çalışma prensibi görülmektedir. Endüksiyon cihazının psikrometrik analizine geçmeden önce cihazın çalışma prensibini bilmekte fayda vardır.

Endüksiyon cihazının içinde primer havanın girdiği bir plenum hücre vardır. Bu plenum hücrenin üst tarafında nozullar bulunmaktadır. Bu nozullar vasıtasıyla primer hava ısıtma-soğutma serpantinine paralel bir şekilde ve yüksek hızda üflenmektedir. Bu sayede serpantinin arka tarafında kısmi vakum yaratılmakta ve basınç farkı nedeniyle sekonder hava tabir ettiğimiz oda havası serpantin üzerinden cihaz içine emilmekte, diğer bir tabirle endüklenmektedir. Serpantin arkasındaki haznede primer ve sekonder havalar karışmakta, klimatize edilmiş hava olarak mahalle sevk olunmaktadır. Burada iki değişik proses ve bunların neticesi iki değişik hava kütesinin karışması meydana gelmektedir. Primer hava önceden belirlenmiş şartlarda merkezi klima santralında klimatize edilmekte ve cihaza sevk olunmaktadır. Mahal şartlarındaki sekonder hava ısıtma-soğutma serpantini üzerinden geçerek soğumaktadır. Bu iki hava birbiriyle karışmakta ve mahalle sevk olunmaktadır.



Yukarıdaki proseste iki değişik işlem yer almaktadır. Dış hava klima santralında “3” koşuluna kadar şartlandırılıp primer hava olarak endüksiyon cihazına sevk olunmakta ve nozullardan püskürtülmektedir. Mahal havası “RA” da “4” şartlarına kadar endüksiyon cihazı içinde şartlandırılmaktadır. Soğutucu olarak her iki sistemde de aynı akışkan kullanıldığından sistemlerin ADP’leri birbirlerine çok yakındır ve bu nedenle “3” ve “4” noktaları çakışmakta aynı zamanda mahalle sevk olunan karışım havası şartlarını oluşturmaktadır. Bu çalışmada “RA”nın mutlak nem oranı “4” şartının nem oranından fazla olduğu için endüklenen havayı soğutan serpantin üzerinde kondansasyon meydana gelmektedir. Bu kondansasyon serpantin altındaki terleme tavasınca toplanıp drene edilmektedir.

Benzeri bir uygulama da endüksiyon ünitesindeki soğutma serpantini üzerinde yoğuşma olmaksızın, mahal havası "RA"yı yalnız duyulur olarak soğutmaktır. Bu işlem aşağıdaki psikrometrik diyagramda gösterilmektedir.



Bu tarzda çalışan cihazlara "aktif soğutmalı tavan" veya "aktif soğutmalı ünite" tabir edilmektedir. Endüksiyon cihazlarına çok benzeyen bu ünitelerin içinde drenaj tertibatı yoktur. Bu cihazdaki işlemi psikrometrik açıdan şu şekilde izah edebiliriz.

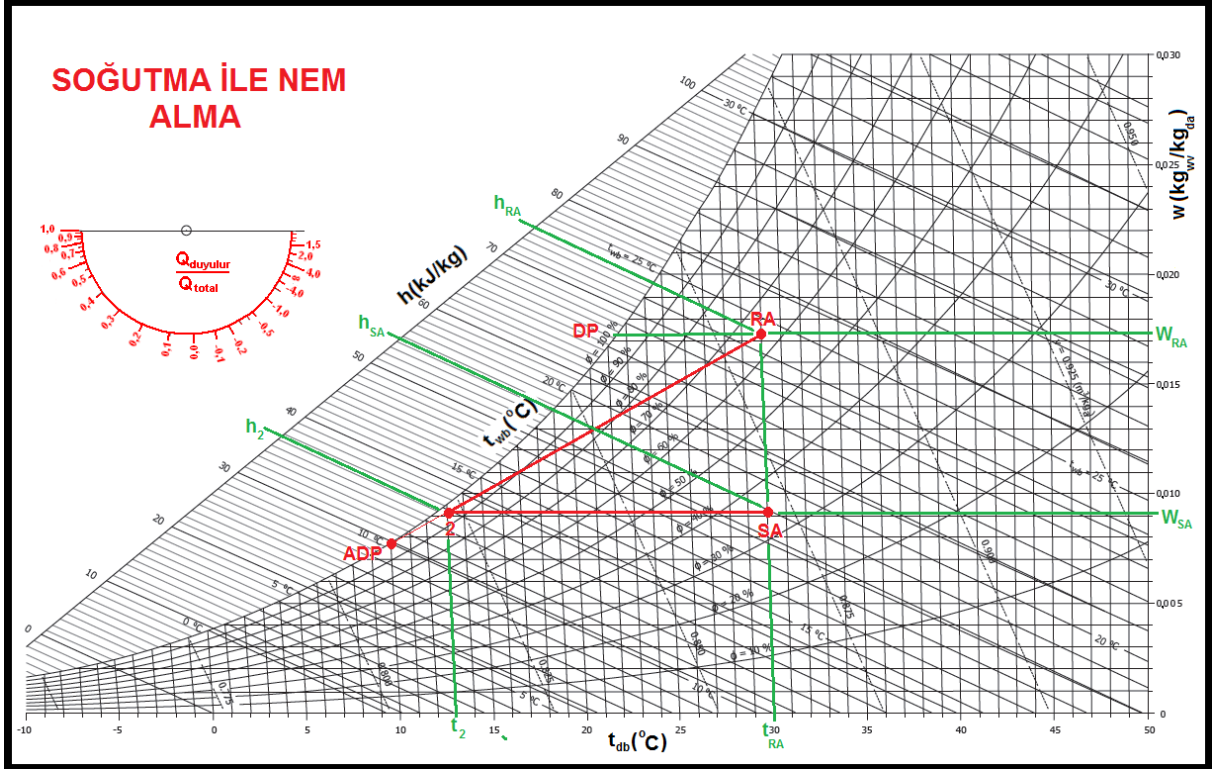
"OA" şartlarındaki primer hava "1" şartına kadar soğutulmaktadır. Kullanılan soğutucu akışkan 6/10°C soğuk su olduğu için "ADP" noktası da 10°C olarak çıkmaktadır. Endüklenen oda havası (sekonder hava) "2" şartlarına kadar soğutulmaktadır. Bu serpantinde kullanılan su sıcaklık kontrollü olup dönüş sıcaklığı "DP"ye eşit alınmakta, ayrıca serpantin satih sıcaklığı ölçümü yapılarak soğuk su debisi ve dönüş sıcaklığı kontrol altında tutulmaktadır. Serpnatinden "2" şartlarında çıkan sekonder hava ile nozillardan üflenen "1" şartlarındaki hava "SA" şartlarında karışmakta ve mahalle üflenmektedir. Bu uygulamanın en büyük özelliği sekonder havada yalnız duyulur soğutma yapılmasına rağmen primer hava sayesinde mahal bağıl nem şartları kontrol altında tutulabilmektedir. Bu uygulamada kullanılan primer-sekonder hava karışım oranları ile elde edilebilecek minimum RSHR imalatçılara bağlı olmakla birlikte yaklaşık olarak minimum RSHR değerinin %80, karışım oranının da 1/3 primer hava 2/3 sekonder hava olduğunu söyleyebiliriz. Hassas değerler için imalatçı firmaların kataloglarına bakılmalıdır.



## 6.8. HAVANIN NEMİNİN ALINMASI

### 6.8.1. Soğutma İle Nem Alma

Soğutma ile nem alma işlemi nemli havanın çiy noktası "DP"den daha düşük bir sıcaklığı soğutulmasını ve bilahare mahal şartlarına kadar ısıtılması prosesini içerir. Bilinen en klasik nem alma sistemidir.



Bu işlemi ve gerekli hava debisinin belirlenmesini şu şekilde ifade edebiliriz.

**$M_w$  = Alınması gereken nem miktarı (kg/h)**

**Mahal şartları "RA" için  $h_{RA}$ ,  $t_{RA}$ ,  $w_{RA}$**

**Seçilen soğutucu akışkan, R407C,**

$$T_{evap} = +5^{\circ}\text{C},$$

$$\Delta T_{superheat} = 5^{\circ}\text{C}$$

Bu verilerle ADP = +10°C bulunur. Soğutma süreci eğrimiz "RA-ADP"dir.

By-pass oranını kabulü "2" noktası bulunur.

Hava debisi:

$$V = \frac{M_W}{(W_{RA} - W_{SA})(1/\gamma)}$$

Buradan da gerekli soğutma kapasitesini bulabiliriz.

$$Q_{SOĞ} = V(1/\gamma)(h_{RA} - h_2)$$

Mahal şartlarına kadar ısıtmak için gerekli olan ısıtma kapasite de:

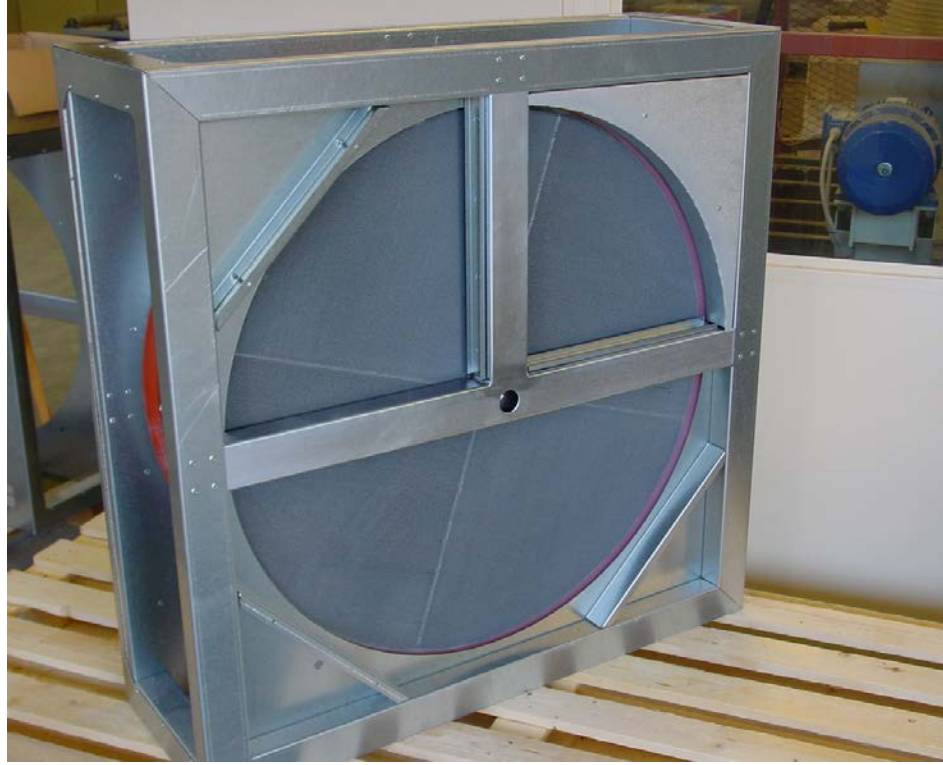
$$Q_{ISIT} = V(1/\gamma)(h_{SA} - h_2)$$

Soğutma ile nem alma sistemlerinde soğutucu batarya üzerinde homojen bir ısı dağılımı gerçekleştireceği için doğrudan genişmeli sistemler tercih edilmelidir.

#### 6.8.2. Adsorbsiyonlu Nem Alma Sistemleri

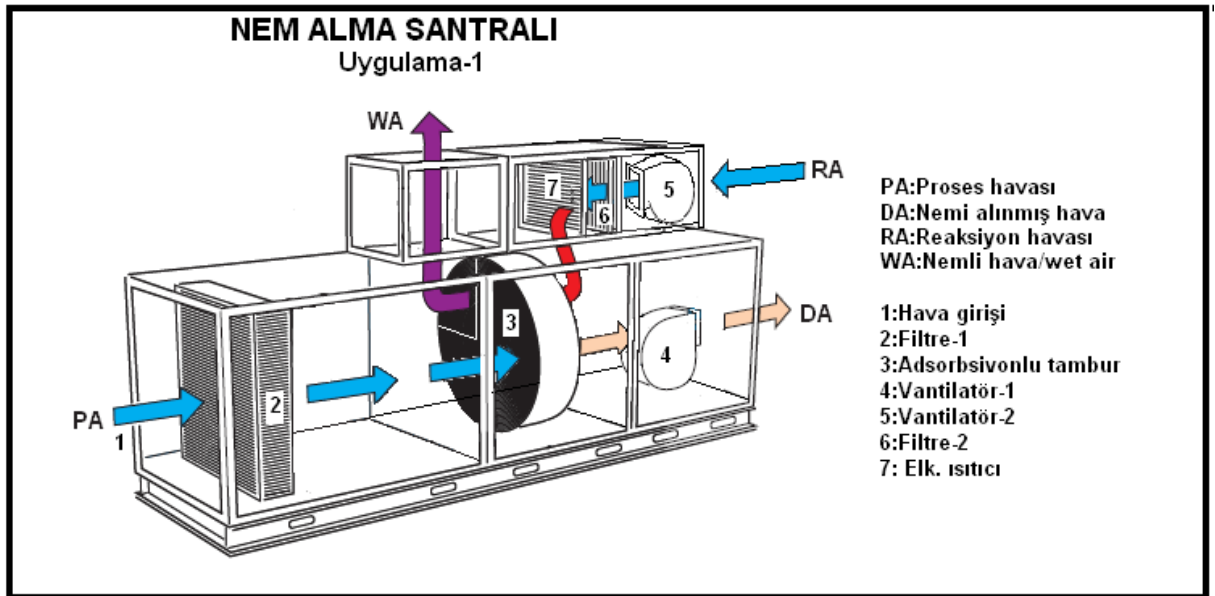
Soğutma ile nem alma uygulamalarında mutlak nem oranının azaltılması ADP ile sınırlıdır. Teorik olarak ADP'yi daha aşağılara çekmek soğutucu bataryada kullanılan direkt genişmeli gazın evaporasyon sıcaklığını düşürmek ile mümkün olacak gibi görünse dahi pratikte bu mümkün değildir. Çünkü evaporasyon sıcaklığının aşırı düşürülmesi, örneğin 0°C'in altındaki değerlere çekilmesi batarya yüzeylerinde karlanmaya neden olacak, nem alma randımanını düşürecektir. Defrost yapılsa dahi kesintili çalışma olacağı için verimde yine düşmeler olacaktır. Evaporasyon sıcaklığının 0°C'in biraz üzerinde, örneğin +2°C gibi bir seviyede tutulması da bu mahsuru gidermemektedir. Çünkü kısmi kapasite kullanımlarında da evaporasyon sıcaklığı azalacak ve karlanma olayı yine meydana gelecektir. Kademeli kapasite kullanımlı ve frekans konvertörlü kompresörlerle bunun önüne kısmen geçilse dahi 0°C evaporasyon bu uygulamanın alt limiti olacaktır. 4°C aşırı ısınma (superheat) sıcaklığı kabul edilse dahi ADP'yi bu derecenin altına çekmek mümkün olmamaktadır. Evaporasyon sıcaklığının düşmesi kompresörlerde kapasite azalmasına da neden olmakta, daha büyük kompresörlerin seçilmesi gerekmektedir.

Bu negatif hususların önüne geçmek için adsorbsiyonlu nem alma sistemleri geliştirilmiştir. Adsorbsiyonun anlamı taşınım yoluyla nem tutmadır. Bu işlem için "dessicant" tabir edilen özel tamburlar kullanılmaktadır. Isı geri kazanım sistemlerinde kullanılan tamburlara son derece benzeyen bu tamburların ana maddesi alüminyum yerine silika-jel'dir. Tamburlar fibrocem dokudan yapılmakta, bu dokunun üstü silika-jel kaplanmaktadır. Silika-jel tamburunun %80'ini oluşturmaktadır. Ayrıca üzerinde koruyucu olarak akrilik bir kaplama da bulunmaktadır.



Silika-jel kaplı "Dessicant" tambur (Pro-flute firması müsaadesiyle)

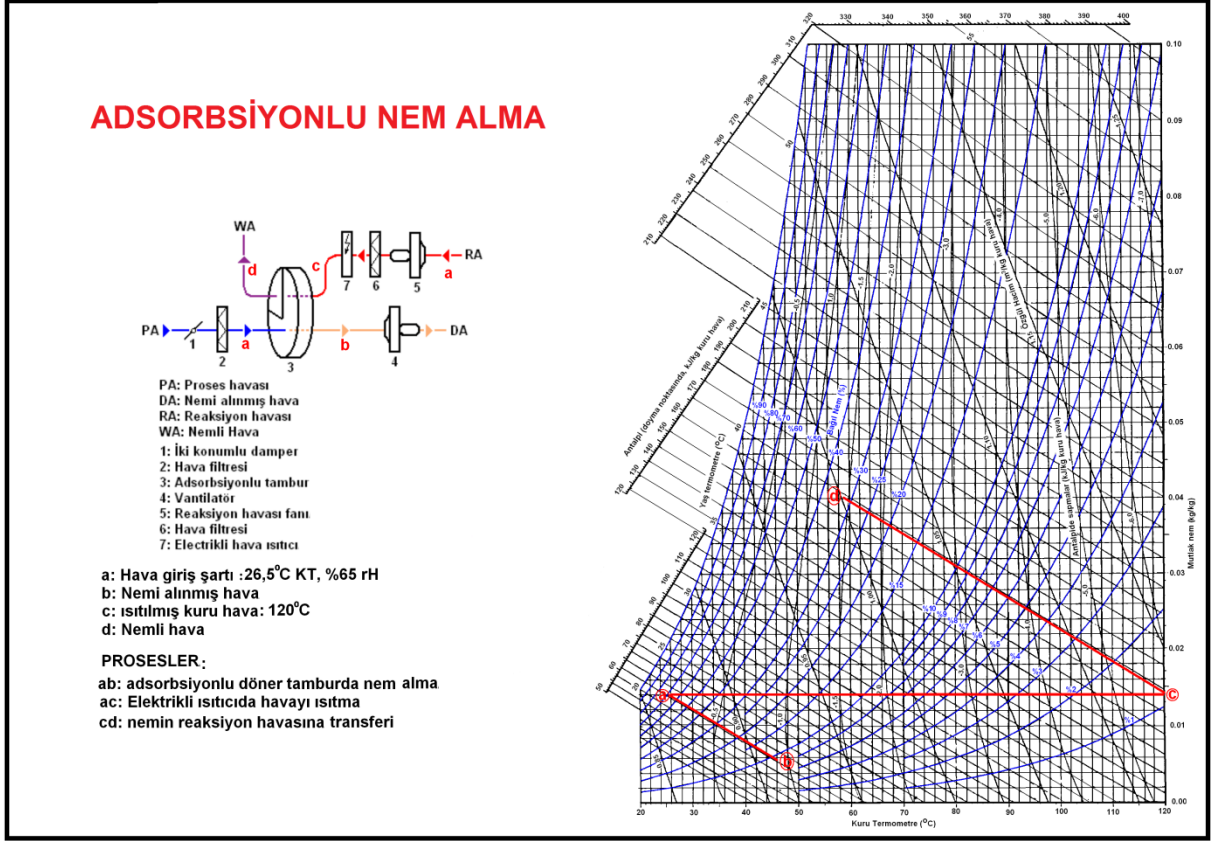
Bu uygulamada genelde tamburun  $\frac{3}{4}$ 'ü hava kurutmada,  $\frac{1}{4}$ 'ü de tamburun adsorbe etmiş olduğu nemin dışarı atılmasında kullanılır. Adsorbsiyonlu nem alma santrali aşağıda şematik olarak gösterilmektedir.



Bu uygulamada "PA" rumuzlu proses havası, nemi azaltılmak istenen mahal havasıdır. "RA" ise yaklaşık  $120^{\circ}\text{C}$ 'a ısıtılmış reaksiyon havası tabir edilen kurutucu havadır. Bu uygulamada döner tambur çok düşük bir devirle dönmektedir (yaklaşık 20 tur/saat). "PA"da bulunan nem 3 numaralı tambur tarafından adsorbe edilmekte ve nemi azalmış hava "DA" 4 numaralı vantilatör tarafından mahalle üflenmektedir.



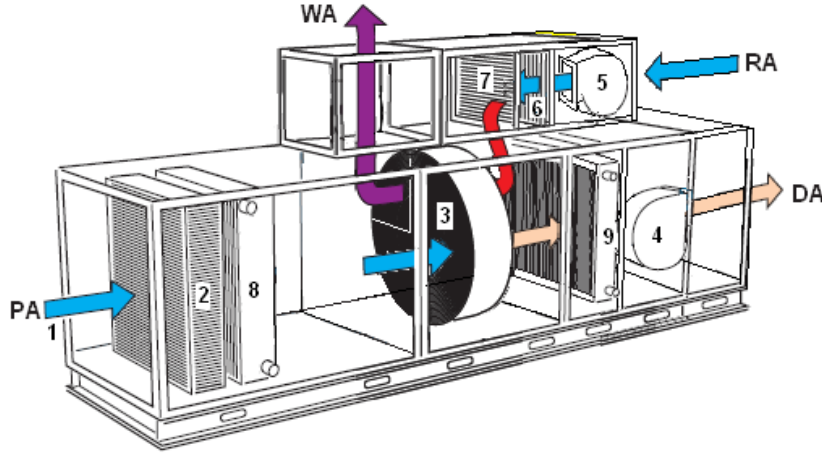
“PA” tamburunun ¼’ünden geçmektedir. “RA” filtrelendikten sonra 120°C’ya ısıtılmakta, tamburun bakiye ¼’lük kısmından geçerek tamburun kurutulmasını sağlamaktadır. Tamburun devamlı bir dönme hareketi içinde olması “PA”daki nemin alınmasına ve bu tamburun sıcak “RA” ile teması neticesi kurummasına ve işlemine devam etmesine neden olmaktadır. Bu işlem aşağıdaki psikrometrik diyagramda görülmektedir.



Bu proseste “RA” reaktif hava olarak mahal havası kullanılmakta, bu uygulama ile mahallin havalandırılması da sağlanmaktadır.

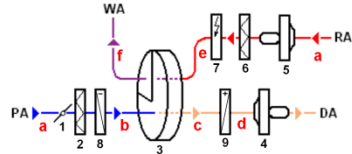
Çok düşük mutlak nem oranı istenen uygulamalarda çift tambur veya mekanik soğutma ile birlikte adsorbsiyonlu nem alma uygulaması da yapılmaktadır. Bu tip bir santralin şematik çizimi ve psikrometrik diyagramı aşağıdadır. Bu işlemde mahal havası “PA” önce soğutulmakta ve bu surette mutlak nem oranı azaltılmaktadır. Bilahare adsorbsiyonlu nem alma tamburundan geçen havanın nemi daha da azaltılmaktadır. Bu prosesler psikrometrik diyagramda **ab, bc, ae ve ef** çizgileriyle gösterilmektedir. **cd** prosesi ise havanın mahal şartlarına kadar ısıtılmasını içermek olup zorunlu bir işlem değildir. Ancak mahalde ısı kazançları yoksa “DA” sevk havasının sevk olunmadan önce mahal şartlarına veya mahallin ısı kaybını karşılayacak düzeye ısıtılması amacıyla düşünülebilir.

## NEM ALMA SANTRALI Uygulama-2



PA:Proses havası  
DA:Nemi alınmış hava  
RA:Reaksiyon havası  
WA:Nemli hava

1:Hava girişi  
2:Filtre-1  
3:Adsorbsiyonlu tambur  
4:Vantilatör-1  
5:Vantilatör-2  
6:Filtre-2  
7: Elk. ısıtıcı  
8:DX soğutucu  
9:Hava ısıtıcı



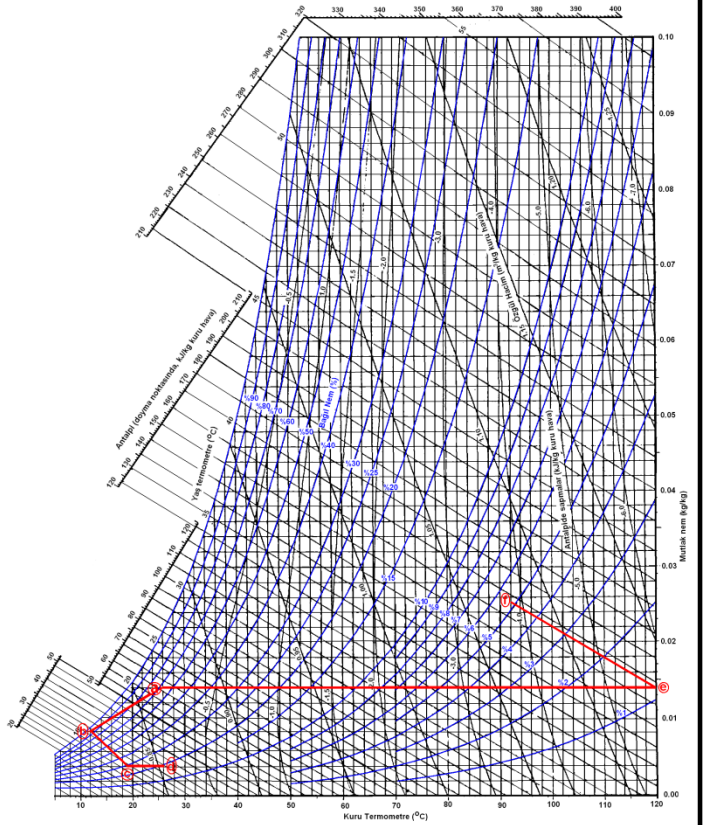
PA: Proses havası  
DA: Nemi alınmış hava  
RA: Reaksiyon havası  
WA: Nemli Hava

1: İki konumlu damper  
2: Hava filtresi  
3: Adsorbsiyonlu tambur  
4: Vantilatör  
5: Reaksiyon havası fanı  
6: Hava filtresi  
7: Elektrikli hava ısıtıcı  
8: DX hava soğutucu  
9: Hava ısıtıcı

a: Hava giriş şartı: 26°C KT, %65 rH  
b: DX soğutucu çıkışı: 12°C KT / %95rH  
c: adsorbsiyonlu tambur çıkışı: 19 C KT / %30 rH  
d: Hava ısıtıcı çıkışı / Air heater outlet: 26°C KT / %20 rH  
e: Reaksiyon havası elk. ısıtıcı çıkışı: 120°C  
f: Nemli egzost havası

### PROSESLER/PROCESSES:

ab: DX soğutucuda havanın soğutulması  
bc: adsorbsiyonlu tamburda nem alma  
cd: havanın ısıtılması  
ae: reaksiyon havasının 120 C'a ısıtılması  
ef: nemin reaksiyon havasına transferi ve egzost





# **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

## **EKLER**

## 7. ÖRNEKLER

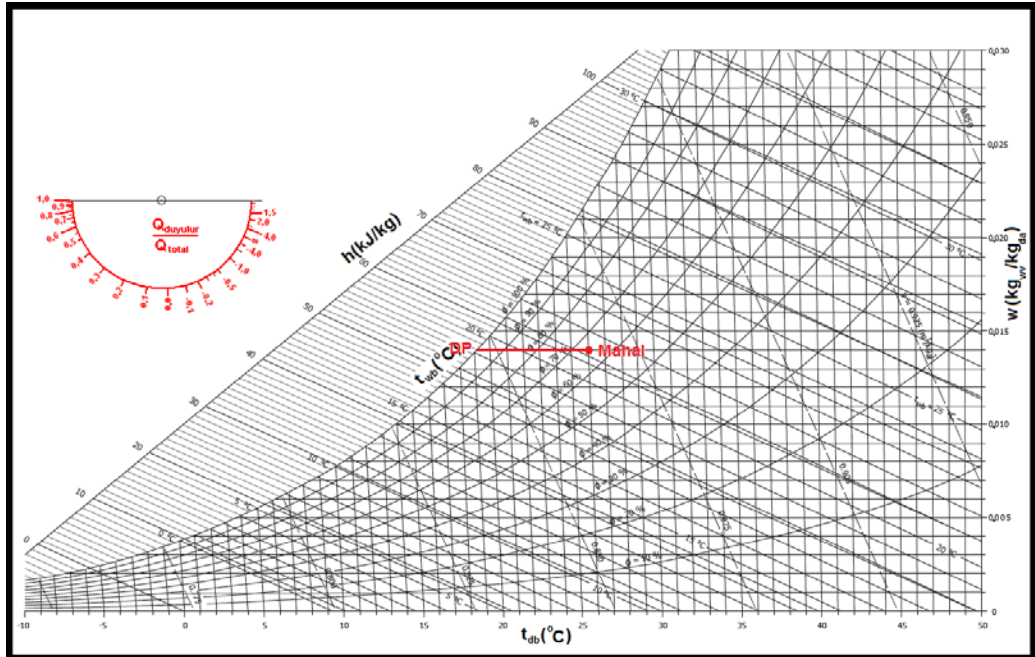
### 7.1. YÜZEY KONDANSASYONU ve ENGEL OLMAK İÇİN GEREKLİ İZOLASYON KALINLIĞI.

Nem oranı yüksek ve/veya dış hava sıcaklığı çok düşük yerlerde duvar ve pencerelerde yüzey kondansasyonu çok sık karşılaşılan bir sorundur. Buna mani olmak için bu satırlara paralel sıcak hava üflenir. Bu uygulama bir çözümdür, ancak enerji sarf etmeden de bunun önlenmesi mümkündür. Bu da bir etüd gerektirir. Prosedürü şu şekilde özetleyebiliriz:

- Önce mahal şartları dikkate alınarak oda çiy noktası “DP” psikrometrik diyagram üzerinden belirlenir.
- Separasyonun (duvar, pencere, tavan vb.) satıh sıcaklığı hesap yoluyla bulunur. Bu sıcaklık oda çiy noktası “DP” ile karşılaştırılır. Eğer hesaplanan sıcaklık “DP”den düşükse satıh kondansasyonu oluşacaktır.
- Bu durumda duvar ısı iletim katsayısı izolasyon malzemeleri de dikkate alınarak yenilenir. Yeni hesaba göre satıh sıcaklığı tekrar hesaplanır. Bulunan sıcaklık “DP”den büyükse çalışma başarılı olarak neticelenmiştir. Eğer değilse izolasyon kalınlığı arttırılarak veya cinsi değiştirilerek takrarlanır.

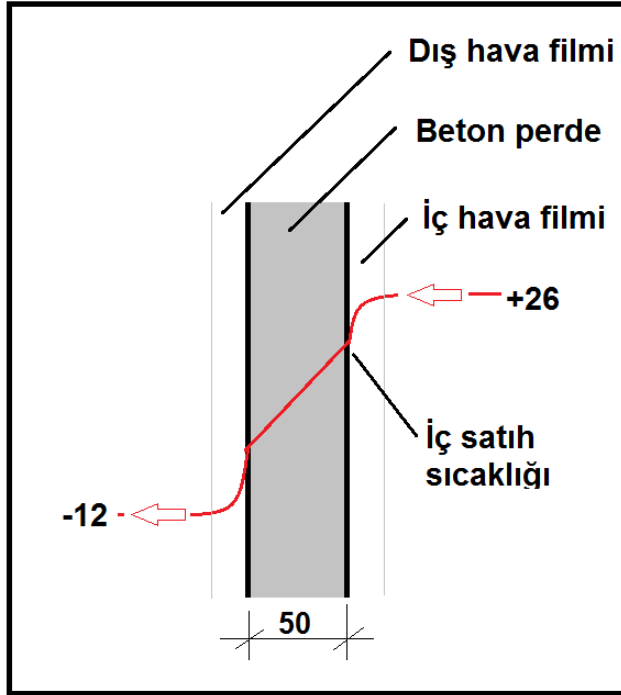
Bunu bir örnekle izah edelim.

Oda şartlarımız 26°C, %65 rH, dış hava şartlarımız da -12°C (örneğin Ankara) olan bir mahalde dış duvar kalınlığı 50mm sıvasız beton perdedir. Kondansasyon olup olmayacağını, eğer oluşuyorsa gerekli izolasyon kalınlığını hesaplayın:



Psikrometrik diyagramdan 26°C, %65 rH oda şartları için doyma noktası "DP" 19,3°CKT olarak bulunur.

İkinci olarak beton perde duvarın ısı iletim katsayısını hesaplayalım:



$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{dış}}}$$

**K=Isı iletim katsayısı (W/°K.m<sup>2</sup>)**

**$\alpha_{iç}$ =İç hava film katsayısı (23,50 W/°K.m<sup>2</sup>)**

**$\alpha_{dış}$ =Dış hava film katsayısı (8,15 W/°K.m<sup>2</sup>)**

**$\delta$  = duvar kalınlığı (0,05 m)**

**$\lambda$  = ısı iletkenliği (0,80 W/m.°K)**

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,5}\right) + \left(\frac{0,05}{0,80}\right) + \left(\frac{1}{8,15}\right)}$$

$$k = 1,64 \dots\dots\dots (W/°K.m^2)$$

Üçüncü olarak ısı denklemini kuralım. Denklem 1 metrekare yüzey alanı için yapıldığından denklem alan ölçüsü "F" bulunmayacaktır.

$$q_1 = k_1 (t_{iç} - t_{dış})$$

$$q_1 = 1,64 \times 38 = 62,32 \text{ W/m}^2$$

Dördüncü olarak iç sathın sıcaklığını hesaplamak için ısı eşitlik denklemini kuralım.

$$q_2 = k_2 (t_{sath} - t_{dış})$$

$$q_1 = q_2$$

$$k_1 (t_{iç} - t_{dış}) = k_2 (t_{sath} - t_{dış})$$

$$62,32 = k_2 (t_{sath} - t_{dış})$$

Beşinci olarak "k<sub>2</sub>" diye adlandırdığımız, iç hava filmini dikkate almayan ısı iletim katsayısını hesaplayalım

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,5}\right) + \left(\frac{0,05}{0,80}\right)}$$

$$k_2 = 2,05 \dots \dots \dots \text{ (W/}^\circ\text{K.m}^2\text{)}$$

Bulduğumuz bu değeri ısı eşitliği denklemindeki yerine koyarak sath sıcaklığını bulalım.

$$k_1 (t_{iç} - t_{dış}) = k_2 (t_{sath} - t_{dış})$$

$$62,32 = 2,05 (t_{sath} + 12)$$

$$t_{sath} = +18,4 < 19,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

Bulduğumuz bu sonuca göre sathta terleme olacaktır. Terlemeye mani olmak için iç sathı poliüretanla izole edeceğimizi kabul edelim ve izolasyon kalınlığını hesaplayalım.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{dış}}}$$

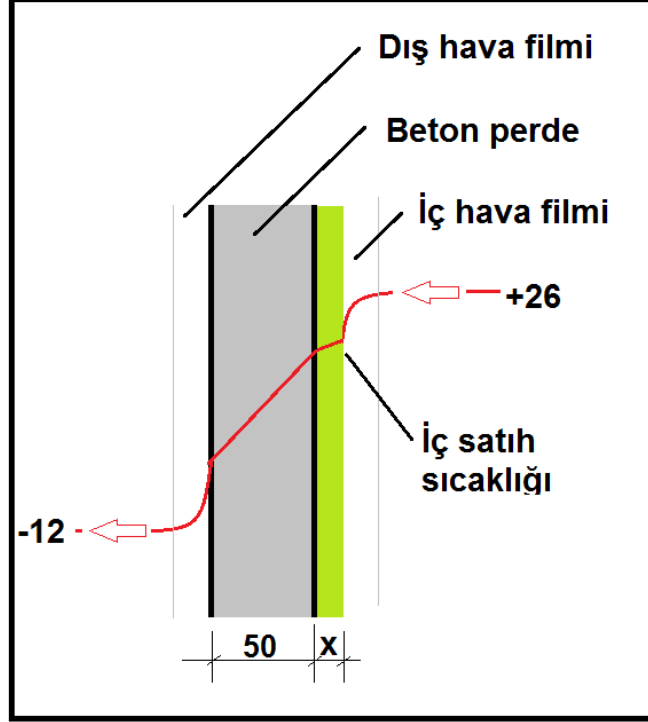
Bu formülde ,

**δ = izolasyon kalınlığı (X m)**

**λ = ısı iletkenliği (0,03 W/m.°K)**



$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,5}\right) + \left(\frac{0,05}{0,80}\right) + \left(\frac{X}{0,03}\right) + \left(\frac{1}{8,15}\right)}$$



$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,5}\right) + \left(\frac{0,05}{0,80}\right) + \left(\frac{X}{0,03}\right)}$$

$$k_1 (t_{iç} - t_{dış}) = k_2 (t_{sath} - t_{dış})$$

$$k_1 (26 + 12) = k_2 (19,3 + 12)$$

$$38k_1 = 31,3k_2$$

**X = 0,0025m (≈30mm)** izolasyon kalınlığı bulunur.

Aynı işlemi pencereler ve vitrin camlar için de yapabiliriz. sıcaklığı sabittir. Üflenen hava miktarı mahallin maksimum yaz (soğutma) yüküne göre belirlenir. Minimum hava debisi IAQ'ya bağlı olarak mahallin minimum hava debisine, örneğin içerideki insan sayısı ile beher kişi için gerekli olan taze hava miktarının çarpımına eşittir.

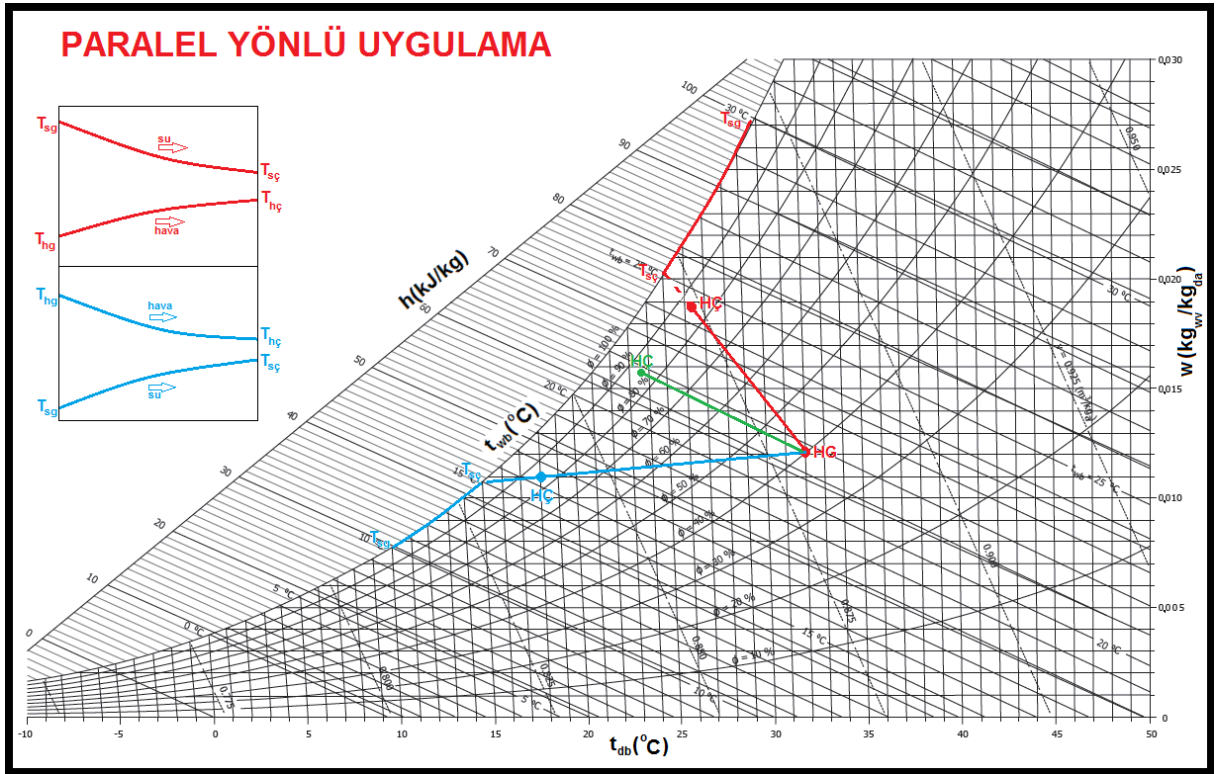
İki değişik türde VAV uygulaması yapılmaktadır.

- Yaz ve kış uygulamalarının tümünde değişken hava debisi

## 7.2. Değişik ve Sabit Sıcaklıklardaki Suyun Havaya püskürtülmesi.

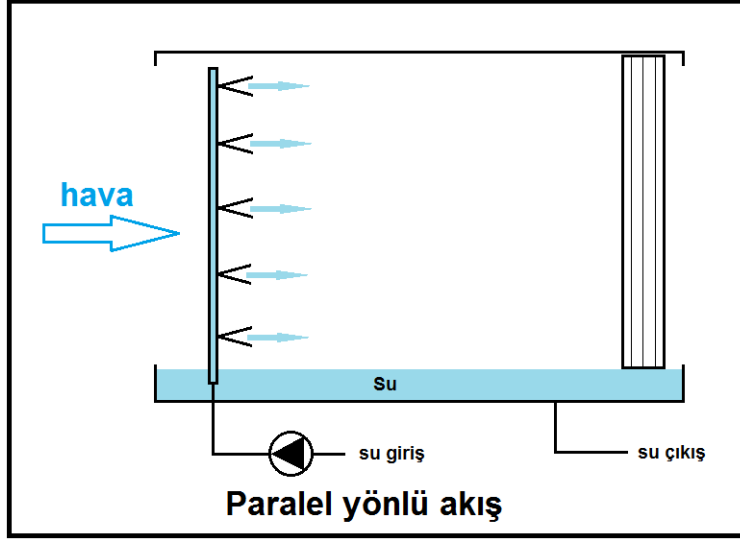
Bölüm-5, konu 5.5.1’de havanın su ile nemlendirilmesi incelenmişti. Ku konuda dışarı ile ısı alış-verişi olmaması nedeniyle gerekli buharlaşma ısısının dahilden, yani su ve havadan karşılanacağı, bu adyabatik proses sonucu su sıcaklığının adyabatik doyma noktası sıcaklığına eşit olacağı, havanın adyabatik soğuma neticesi, verim oranında bu sıcaklığa yaklaşacağı anlatılmıştı. Bu uygulamalar, yukarıda da belirtildiği gibi dışarıdan herhangi bir ısı (sürekli ısıtma veya soğutma) ilavesi yapılmaması durumunda geçerlidir. Ancak bu tam olarak ısı ilavesi durumunda doğru değildir. Havanın püskürtülen su sıcaklığına yaklaşacağı doğrudur, ancak proses artık bir adyabatik proses değildir. Bu konunun detaylı incelenmesi başka bir kitabın konusudur. Biz burada kısa bir bilgilendirmeyle yetineceğiz.

Bu işlemler iki değişik uygulama için aşağıda gösterilmiştir.

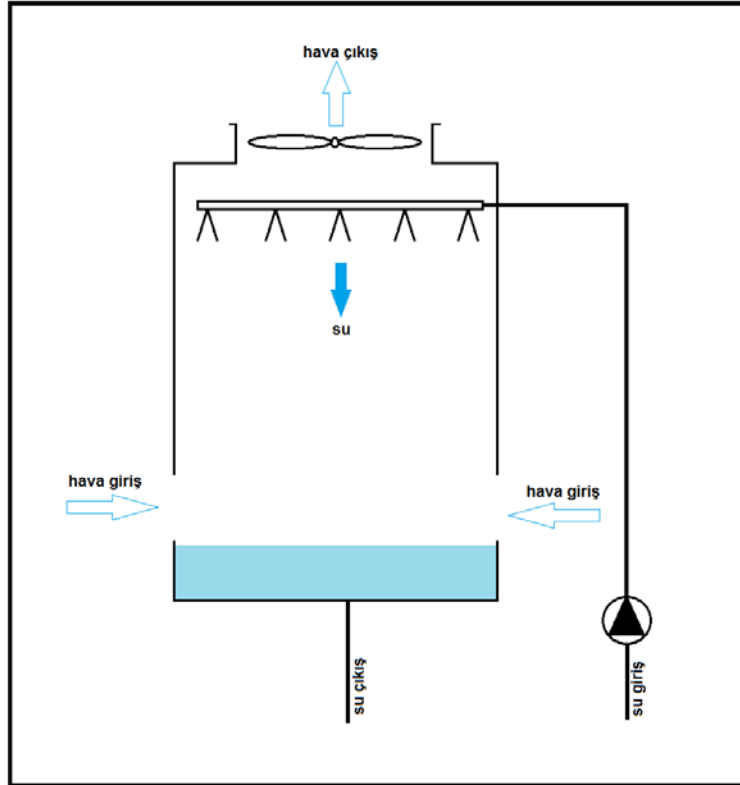


Bu uygulamalardan birincisi paralel yönlü uygulamadır. Buna örnek olarak hava yıkayıcı klima santrallerindeki paralel yönlü püskürtmeyi gösterebiliriz. Ancak bu uygulamanın tek farkı nemlendiriciye gelen suyun devamlı ısıtılması veya soğutulmasıdır.

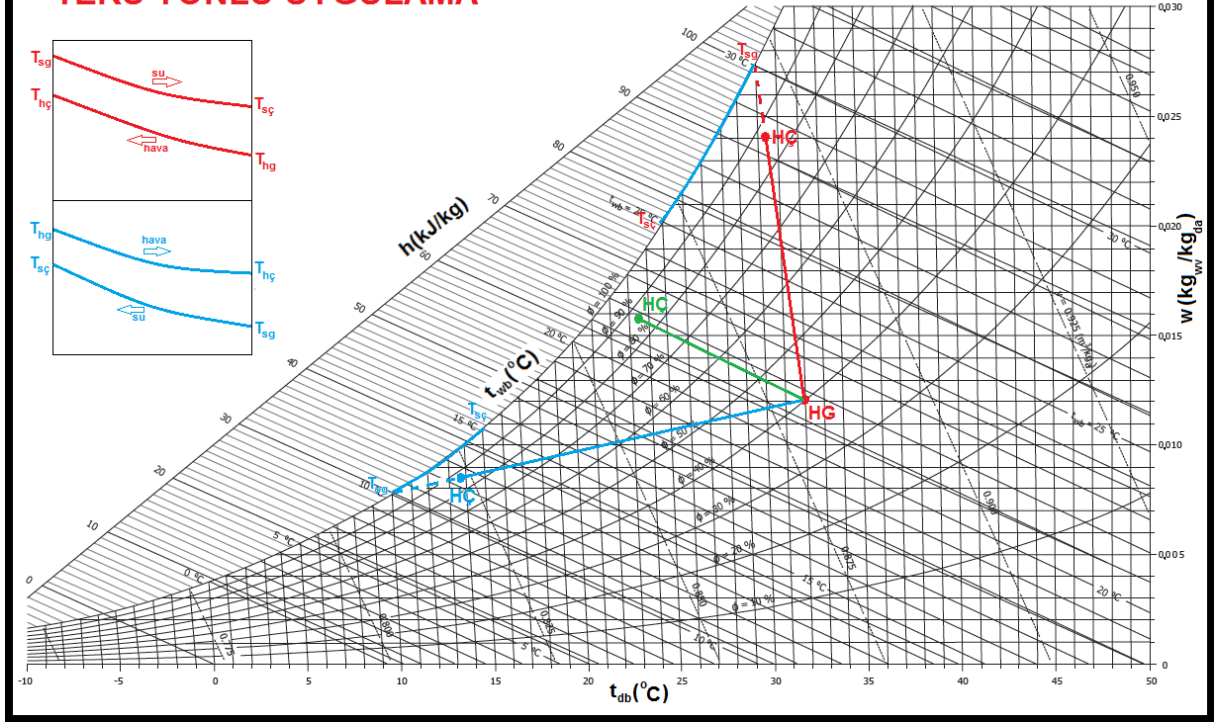
Paralel yönlü nemlendirici aşağıda şematik olarak gösterilmektedir.



Diğer bir uygulama da ters yönlü akış prensibine göre yapılan uygulamalardır. Bu uygulamaların en tipik örneği dik tip su soğutma kuleleridir. Bunun psikrometrik diyagramını ve diyagramatik çizimini aşağıda görüyorsunuz.



## TERS YÖNLÜ UYGULAMA



Her iki diyagramda da mavi çizgiler soğutulmuş su ile, kırmızı çizgiler ise ısıtılmış su ile gerçekleştirilen prosesleri temsil etmektedir. Yeşil hat ise herhangi bir ısı ilavesi olmaksızın gerçekleştirilen adyabatik prosesi göstermektedir.



# 8- TABLOLAR ve DİYAGRAMLAR

Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 0 metre irtifa -Tablo 1

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
-10	v	0,7455	0,7457	0,7459	0,7461	0,7463	0,7465	0,7467	0,7469	0,7471	0,7473	0,7475
	p	0,0000	0,0260	0,0520	0,0780	0,1040	0,1300	0,1559	0,1819	0,2079	0,2339	0,2599
	w	0,0000	0,0002	0,0003	0,0005	0,0006	0,0008	0,0010	0,0011	0,0013	0,0014	0,0016
	h	-10,0483	-9,6498	-9,2512	-8,8527	-8,4541	-8,0556	-7,6570	-7,2585	-6,8599	-6,4614	-6,0629
-9	v	0,7484	0,7486	0,7488	0,7490	0,7492	0,7495	0,7497	0,7499	0,7501	0,7503	0,7505
	p	0,0000	0,0284	0,0568	0,0852	0,1136	0,1420	0,1703	0,1987	0,2271	0,2555	0,2839
	w	0,0000	0,0002	0,0004	0,0005	0,0007	0,0009	0,0011	0,0013	0,0014	0,0016	0,0018
	h	-9,0435	-8,5949	-8,1464	-7,6978	-7,2493	-6,8008	-6,3522	-5,9037	-5,4551	-5,0066	-4,5581
-8	v	0,7512	0,7514	0,7517	0,7519	0,7521	0,7523	0,7526	0,7528	0,7530	0,7533	0,7535
	p	0,0000	0,0310	0,0620	0,0930	0,1240	0,1550	0,1859	0,2169	0,2479	0,2789	0,3099
	w	0,0000	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,0010	0,0011	0,0013	0,0015	0,0017	0,0019
	h	-8,0386	-7,5650	-7,0913	-6,6177	-6,1440	-5,6704	-5,1967	-4,7231	-4,2494	-3,7758	-3,3021
-7	v	0,7540	0,7543	0,7545	0,7548	0,7551	0,7553	0,7556	0,7558	0,7561	0,7563	0,7566
	p	0,0000	0,0338	0,0676	0,1015	0,1353	0,1691	0,2029	0,2367	0,2706	0,3044	0,3382
	w	0,0000	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,0011	0,0013	0,0015	0,0017	0,0019	0,0021
	h	-7,0338	-6,5101	-5,9864	-5,4627	-4,9389	-4,4152	-3,8915	-3,3678	-2,8441	-2,3203	-1,7966
-6	v	0,7569	0,7571	0,7574	0,7577	0,7580	0,7583	0,7585	0,7588	0,7591	0,7594	0,7597
	p	0,0000	0,0369	0,0737	0,1106	0,1475	0,1844	0,2212	0,2581	0,2950	0,3318	0,3687
	w	0,0000	0,0002	0,0005	0,0007	0,0009	0,0012	0,0014	0,0016	0,0018	0,0021	0,0023
	h	-6,0290	-5,4552	-4,8813	-4,3075	-3,7337	-3,1598	-2,5860	-2,0122	-1,4384	-0,8645	-0,2907
-5	v	0,7597	0,7600	0,7603	0,7606	0,7609	0,7612	0,7615	0,7618	0,7621	0,7624	0,7628
	p	0,0000	0,0402	0,0803	0,1205	0,1607	0,2009	0,2410	0,2812	0,3214	0,3615	0,4017
	w	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008	0,0010	0,0013	0,0015	0,0018	0,0020	0,0023	0,0025
	h	-5,0242	-4,4002	-3,7762	-3,1522	-2,5283	-1,9043	-1,2803	-0,6563	-0,0323	0,5916	1,2156
-4	v	0,7625	0,7629	0,7632	0,7635	0,7639	0,7642	0,7645	0,7649	0,7652	0,7655	0,7658
	p	0,0000	0,0438	0,0875	0,1313	0,1750	0,2188	0,2625	0,3063	0,3500	0,3938	0,4375
	w	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008	0,0011	0,0014	0,0016	0,0019	0,0022	0,0024	0,0027
	h	-4,0193	-3,3452	-2,6710	-1,9968	-1,3227	-0,6485	0,0257	0,6998	1,3740	2,0481	2,7223
-3	v	0,7654	0,7657	0,7661	0,7664	0,7668	0,7672	0,7675	0,7679	0,7682	0,7686	0,7689
	p	0,0000	0,0476	0,0952	0,1428	0,1904	0,2380	0,2856	0,3332	0,3808	0,4284	0,4760
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009	0,0012	0,0015	0,0017	0,0020	0,0023	0,0026	0,0029
	h	-3,0145	-2,2901	-1,5657	-0,8413	-0,1169	0,6075	1,3319	2,0562	2,7806	3,5050	4,2294
-2	v	0,7682	0,7686	0,7690	0,7694	0,7698	0,7702	0,7706	0,7710	0,7714	0,7718	0,7722
	p	0,0000	0,0518	0,1035	0,1553	0,2071	0,2589	0,3106	0,3624	0,4142	0,4659	0,5177
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0010	0,0013	0,0016	0,0019	0,0022	0,0026	0,0029	0,0032
	h	-2,0097	-1,2100	-0,4104	0,3893	1,1889	1,9886	2,7882	3,5879	4,3875	5,1872	5,9868
-1	v	0,7710	0,7715	0,7719	0,7723	0,7728	0,7732	0,7736	0,7741	0,7745	0,7749	0,7754
	p	0,0000	0,0563	0,1125	0,1688	0,2251	0,2814	0,3376	0,3939	0,4502	0,5064	0,5627
	w	0,0000	0,0004	0,0007	0,0011	0,0014	0,0018	0,0021	0,0025	0,0028	0,0032	0,0035
	h	-1,0048	-0,1299	0,7451	1,6201	2,4950	3,3700	4,2450	5,1199	5,9949	6,8699	7,7448
0	v	0,7739	0,7743	0,7748	0,7753	0,7758	0,7762	0,7767	0,7772	0,7776	0,7781	0,7786
	p	0,0000	0,0611	0,1222	0,1833	0,2444	0,3055	0,3666	0,4277	0,4888	0,5499	0,6110
	w	0,0000	0,0004	0,0008	0,0011	0,0015	0,0019	0,0023	0,0027	0,0030	0,0034	0,0038
	h	0,0000	0,9503	1,9007	2,8510	3,8014	4,7517	5,7021	6,6524	7,6027	8,5531	9,5034
1	v	0,7767	0,7772	0,7777	0,7782	0,7787	0,7792	0,7797	0,7802	0,7807	0,7812	0,7817
	p	0,0000	0,0657	0,1314	0,1971	0,2628	0,3285	0,3942	0,4599	0,5256	0,5913	0,6570
	w	0,0000	0,0004	0,0008	0,0012	0,0016	0,0020	0,0024	0,0028	0,0032	0,0036	0,0040
	h	1,0048	2,0056	3,0064	4,0071	5,0079	6,0086	7,0094	8,0102	9,0109	10,0117	11,0124
2	v	0,7795	0,7801	0,7806	0,7811	0,7817	0,7822	0,7828	0,7833	0,7838	0,7844	0,7849
	p	0,0000	0,0710	0,1420	0,2130	0,2840	0,3550	0,4259	0,4969	0,5679	0,6389	0,7099
	w	0,0000	0,0004	0,0009	0,0013	0,0017	0,0022	0,0026	0,0030	0,0034	0,0039	0,0043
	h	2,0097	3,0850	4,1604	5,2358	6,3112	7,3866	8,4620	9,5374	10,6128	11,6881	12,7635
3	v	0,7824	0,7830	0,7835	0,7841	0,7847	0,7853	0,7859	0,7865	0,7871	0,7877	0,7883
	p	0,0000	0,0758	0,1516	0,2274	0,3032	0,3790	0,4548	0,5307	0,6065	0,6823	0,7581
	w	0,0000	0,0005	0,0009	0,0014	0,0019	0,0024	0,0028	0,0033	0,0038	0,0042	0,0047
	h	3,0145	4,1913	5,3682	6,5450	7,7218	8,8987	10,0755	11,2523	12,4292	13,6060	14,7828
4	v	0,7852	0,7858	0,7865	0,7871	0,7877	0,7884	0,7890	0,7896	0,7902	0,7909	0,7915
	p	0,0000	0,0814	0,1627	0,2441	0,3254	0,4068	0,4881	0,5695	0,6508	0,7322	0,8136
	w	0,0000	0,0005	0,0010	0,0015	0,0020	0,0025	0,0030	0,0035	0,0040	0,0045	0,0050
	h	4,0193	5,2718	6,5242	7,7767	9,0291	10,2816	11,5340	12,7865	14,0389	15,2914	16,5438
5	v	0,7880	0,7887	0,7894	0,7901	0,7908	0,7915	0,7921	0,7928	0,7935	0,7942	0,7949
	p	0,0000	0,0873	0,1745	0,2618	0,3490	0,4363	0,5235	0,6108	0,6981	0,7853	0,8726
	w	0,0000	0,0005	0,0011	0,0016	0,0022	0,0027	0,0032	0,0038	0,0043	0,0049	0,0054
	h	5,0242	6,3773	7,7305	9,0837	10,4369	11,7901	13,1433	14,4965	15,8496	17,2028	18,5560

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
 P: buhar basıncı (Pa)  
 w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
 h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 0 metre irtifa -Tablo 2

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
6	v	0,7909	0,7916	0,7923	0,7931	0,7938	0,7946	0,7953	0,7960	0,7968	0,7975	0,7982
	p	0,0000	0,0935	0,1871	0,2806	0,3741	0,4677	0,5612	0,6547	0,7483	0,8418	0,9354
	w	0,0000	0,0006	0,0012	0,0017	0,0023	0,0029	0,0035	0,0041	0,0046	0,0052	0,0058
	h	6,0290	7,4830	8,9370	10,3910	11,8450	13,2990	14,7530	16,2070	17,6610	19,1150	20,5690
7	v	0,7937	0,7945	0,7953	0,7961	0,7969	0,7977	0,7984	0,7992	0,8000	0,8008	0,8016
	p	0,0000	0,1002	0,2004	0,3006	0,4008	0,5010	0,6013	0,7015	0,8017	0,9019	1,0021
	w	0,0000	0,0006	0,0012	0,0019	0,0025	0,0031	0,0037	0,0043	0,0050	0,0056	0,0062
	h	7,0338	8,5887	10,1436	11,6985	13,2534	14,8083	16,3632	17,9181	19,4730	21,0279	22,5828
8	v	0,7965	0,7974	0,7982	0,7991	0,7999	0,8008	0,8016	0,8024	0,8033	0,8041	0,8050
	p	0,0000	0,1080	0,2160	0,3240	0,4320	0,5400	0,6479	0,7559	0,8639	0,9719	1,0799
	w	0,0000	0,0007	0,0013	0,0020	0,0026	0,0033	0,0040	0,0046	0,0053	0,0059	0,0066
	h	8,0386	9,6945	11,3504	13,0063	14,6621	16,3180	17,9739	19,6298	21,2856	22,9415	24,5974
9	v	0,7994	0,8003	0,8012	0,8021	0,8030	0,8039	0,8048	0,8058	0,8067	0,8076	0,8085
	p	0,0000	0,1148	0,2297	0,3445	0,4593	0,5741	0,6890	0,8038	0,9186	1,0335	1,1483
	w	0,0000	0,0007	0,0014	0,0021	0,0028	0,0036	0,0043	0,0050	0,0057	0,0064	0,0071
	h	9,0435	10,8255	12,6075	14,3896	16,1716	17,9536	19,7356	21,5177	23,2997	25,0817	26,8638
10	v	0,8022	0,8032	0,8042	0,8051	0,8061	0,8071	0,8081	0,8091	0,8100	0,8110	0,8120
	p	0,0000	0,1228	0,2456	0,3685	0,4913	0,6141	0,7369	0,8597	0,9825	1,1054	1,2282
	w	0,0000	0,0008	0,0015	0,0023	0,0030	0,0038	0,0046	0,0053	0,0061	0,0068	0,0076
	h	10,0483	11,9566	13,8649	15,7732	17,6814	19,5897	21,4980	23,4063	25,3146	27,2229	29,1311
11	v	0,8050	0,8061	0,8071	0,8082	0,8092	0,8103	0,8113	0,8124	0,8134	0,8145	0,8155
	p	0,0000	0,1313	0,2626	0,3939	0,5252	0,6565	0,7878	0,9191	1,0504	1,1817	1,3130
	w	0,0000	0,0008	0,0016	0,0024	0,0032	0,0041	0,0049	0,0057	0,0065	0,0073	0,0081
	h	11,0531	13,0878	15,1224	17,1570	19,1917	21,2263	23,2610	25,2956	27,3302	29,3649	31,3995
12	v	0,8079	0,8090	0,8101	0,8113	0,8124	0,8135	0,8146	0,8158	0,8169	0,8180	0,8192
	p	0,0000	0,1403	0,2806	0,4208	0,5611	0,7014	0,8417	0,9820	1,1223	1,2625	1,4028
	w	0,0000	0,0009	0,0017	0,0026	0,0035	0,0044	0,0052	0,0061	0,0070	0,0078	0,0087
	h	12,0580	14,2442	16,4304	18,6166	20,8029	22,9891	25,1753	27,3615	29,5477	31,7340	33,9202
13	v	0,8107	0,8119	0,8131	0,8143	0,8155	0,8168	0,8180	0,8192	0,8204	0,8216	0,8228
	p	0,0000	0,1498	0,2996	0,4494	0,5992	0,7490	0,8988	1,0486	1,1984	1,3483	1,4981
	w	0,0000	0,0009	0,0019	0,0028	0,0037	0,0047	0,0056	0,0065	0,0074	0,0084	0,0093
	h	13,0628	15,4007	17,7386	20,0766	22,4145	24,7524	27,0904	29,4283	31,7662	34,1041	36,4421
14	v	0,8135	0,8148	0,8161	0,8174	0,8187	0,8200	0,8213	0,8226	0,8239	0,8252	0,8265
	p	0,0000	0,1598	0,3197	0,4795	0,6394	0,7992	0,9590	1,1189	1,2787	1,4386	1,5984
	w	0,0000	0,0010	0,0020	0,0030	0,0040	0,0050	0,0059	0,0069	0,0079	0,0089	0,0099
	h	14,0676	16,5574	19,0471	21,5369	24,0266	26,5164	29,0061	31,4959	33,9856	36,4754	38,9651
15	v	0,8164	0,8178	0,8191	0,8205	0,8219	0,8233	0,8247	0,8261	0,8275	0,8289	0,8303
	p	0,0000	0,1706	0,3411	0,5117	0,6823	0,8529	1,0234	1,1940	1,3646	1,5352	1,7057
	w	0,0000	0,0011	0,0021	0,0032	0,0042	0,0053	0,0064	0,0074	0,0085	0,0095	0,0106
	h	15,0725	17,7393	20,4062	23,0730	25,7399	28,4067	31,0736	33,7404	36,4073	39,0741	41,7410
16	v	0,8192	0,8207	0,8222	0,8237	0,8251	0,8266	0,8281	0,8296	0,8311	0,8326	0,8341
	p	0,0000	0,1819	0,3638	0,5456	0,7275	0,9094	1,0913	1,2731	1,4550	1,6369	1,8188
	w	0,0000	0,0011	0,0023	0,0034	0,0045	0,0057	0,0068	0,0079	0,0090	0,0102	0,0113
	h	16,0773	18,9214	21,7655	24,6096	27,4537	30,2978	33,1419	35,9860	38,8301	41,6742	44,5183
17	v	0,8220	0,8236	0,8252	0,8268	0,8284	0,8300	0,8316	0,8332	0,8348	0,8364	0,8380
	p	0,0000	0,1938	0,3877	0,5815	0,7753	0,9691	1,1630	1,3568	1,5506	1,7445	1,9383
	w	0,0000	0,0012	0,0024	0,0036	0,0048	0,0061	0,0073	0,0085	0,0097	0,0109	0,0121
	h	17,0821	20,1288	23,1754	26,2221	29,2687	32,3154	35,3621	38,4087	41,4554	44,5020	47,5487
18	v	0,8249	0,8266	0,8283	0,8300	0,8317	0,8334	0,8351	0,8368	0,8385	0,8403	0,8420
	p	0,0000	0,2065	0,4129	0,6194	0,8259	1,0323	1,2388	1,4453	1,6517	1,8582	2,0647
	w	0,0000	0,0013	0,0026	0,0039	0,0052	0,0065	0,0077	0,0090	0,0103	0,0116	0,0129
	h	18,0869	21,3363	24,5857	27,8351	31,0845	34,3338	37,5832	40,8326	44,0820	47,3314	50,5808
19	v	0,8277	0,8295	0,8313	0,8332	0,8350	0,8368	0,8386	0,8405	0,8423	0,8441	0,8459
	p	0,0000	0,2192	0,4384	0,6575	0,8767	1,0959	1,3151	1,5343	1,7534	1,9726	2,1918
	w	0,0000	0,0014	0,0027	0,0041	0,0055	0,0069	0,0082	0,0096	0,0110	0,0123	0,0137
	h	19,0918	22,5440	25,9963	29,4486	32,9008	36,3531	39,8053	43,2576	46,7099	50,1621	53,6144
20	v	0,8305	0,8325	0,8344	0,8364	0,8383	0,8403	0,8422	0,8442	0,8461	0,8481	0,8500
	p	0,0000	0,2339	0,4678	0,7018	0,9357	1,1696	1,4035	1,6374	1,8714	2,1053	2,3392
	w	0,0000	0,0015	0,0029	0,0044	0,0058	0,0073	0,0088	0,0102	0,0117	0,0131	0,0146
	h	20,0966	23,7771	27,4576	31,1381	34,8187	38,4992	42,1797	45,8602	49,5407	53,2212	56,9017

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
 P: buhar basıncı (Pa)  
 w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
 h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014



Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 0 metre irtifa -Tablo 3

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
21	v	0,8334	0,8354	0,8375	0,8396	0,8417	0,8438	0,8459	0,8480	0,8501	0,8522	0,8543
	p	0,0000	0,2488	0,4976	0,7464	0,9952	1,2441	1,4929	1,7417	1,9905	2,2393	2,4881
	w	0,0000	0,0016	0,0031	0,0047	0,0062	0,0078	0,0094	0,0109	0,0125	0,0140	0,0156
	h	21,1014	25,0356	28,9698	32,9039	36,8381	40,7723	44,7064	48,6406	52,5747	56,5089	60,4431
22	v	0,8362	0,8384	0,8407	0,8429	0,8451	0,8474	0,8496	0,8518	0,8540	0,8563	0,8585
	p	0,0000	0,2645	0,5290	0,7936	1,0581	1,3226	1,5871	1,8516	2,1162	2,3807	2,6452
	w	0,0000	0,0017	0,0033	0,0050	0,0066	0,0083	0,0100	0,0116	0,0133	0,0149	0,0166
	h	22,1063	26,2943	30,4823	34,6703	38,8583	43,0463	47,2343	51,4224	55,6104	59,7984	63,9864
23	v	0,8390	0,8414	0,8438	0,8462	0,8486	0,8510	0,8534	0,8557	0,8581	0,8605	0,8629
	p	0,0000	0,2811	0,5622	0,8433	1,1244	1,4055	1,6866	1,9676	2,2487	2,5298	2,8109
	w	0,0000	0,0018	0,0035	0,0053	0,0071	0,0089	0,0106	0,0124	0,0142	0,0159	0,0177
	h	23,1111	27,5784	32,0457	36,5130	40,9803	45,4476	49,9149	54,3822	58,8495	63,3168	67,7841
24	v	0,8419	0,8444	0,8469	0,8495	0,8520	0,8546	0,8571	0,8597	0,8622	0,8648	0,8673
	p	0,0000	0,2986	0,5971	0,8957	1,1943	1,4928	1,7914	2,0899	2,3885	2,6871	2,9856
	w	0,0000	0,0019	0,0038	0,0056	0,0075	0,0094	0,0113	0,0132	0,0150	0,0169	0,0188
	h	24,1159	28,8627	33,6095	38,3564	43,1032	47,8500	52,5968	57,3436	62,0904	66,8372	71,5840
25	v	0,8447	0,8474	0,8501	0,8528	0,8556	0,8583	0,8610	0,8637	0,8664	0,8691	0,8719
	p	0,0000	0,3170	0,6340	0,9509	1,2679	1,5849	1,9019	2,2188	2,5358	2,8528	3,1698
	w	0,0000	0,0020	0,0040	0,0060	0,0080	0,0100	0,0120	0,0140	0,0160	0,0180	0,0200
	h	25,1208	30,1726	35,2244	40,2762	45,3280	50,3798	55,4316	60,4834	65,5352	70,5870	75,6388
26	v	0,8475	0,8504	0,8533	0,8562	0,8591	0,8620	0,8649	0,8678	0,8707	0,8736	0,8765
	p	0,0000	0,3364	0,6727	1,0091	1,3455	1,6819	2,0182	2,3546	2,6910	3,0273	3,3637
	w	0,0000	0,0021	0,0043	0,0064	0,0085	0,0107	0,0128	0,0149	0,0170	0,0192	0,0213
	h	26,1256	31,5079	36,8902	42,2725	47,6548	53,0371	58,4194	63,8017	69,1840	74,5663	79,9486
27	v	0,8504	0,8534	0,8565	0,8596	0,8627	0,8658	0,8689	0,8720	0,8751	0,8782	0,8813
	p	0,0000	0,3568	0,7136	1,0704	1,4272	1,7840	2,1407	2,4975	2,8543	3,2111	3,5679
	w	0,0000	0,0023	0,0045	0,0068	0,0090	0,0113	0,0136	0,0158	0,0181	0,0203	0,0226
	h	27,1304	32,8435	38,5565	44,2696	49,9826	55,6957	61,4087	67,1218	72,8348	78,5479	84,2610
28	v	0,8532	0,8565	0,8598	0,8631	0,8664	0,8697	0,8729	0,8762	0,8795	0,8828	0,8861
	p	0,0000	0,3783	0,7566	1,1348	1,5131	1,8914	2,2697	2,6480	3,0262	3,4045	3,7828
	w	0,0000	0,0024	0,0048	0,0072	0,0096	0,0120	0,0144	0,0168	0,0192	0,0216	0,0240
	h	28,1352	34,2046	40,2740	46,3433	52,4127	58,4820	64,5514	70,6208	76,6901	82,7595	88,8288
29	v	0,8560	0,8595	0,8630	0,8666	0,8701	0,8736	0,8771	0,8806	0,8841	0,8876	0,8911
	p	0,0000	0,4009	0,8018	1,2027	1,6036	2,0045	2,4054	2,8062	3,2071	3,6080	4,0089
	w	0,0000	0,0026	0,0051	0,0077	0,0102	0,0128	0,0153	0,0179	0,0204	0,0230	0,0255
	h	29,1401	35,5913	42,0426	48,4938	54,9451	61,3963	67,8475	74,2988	80,7500	87,2013	93,6525
30	v	0,8589	0,8626	0,8663	0,8701	0,8738	0,8776	0,8813	0,8851	0,8888	0,8925	0,8963
	p	0,0000	0,4247	0,8493	1,2740	1,6987	2,1233	2,5480	2,9727	3,3974	3,8220	4,2467
	w	0,0000	0,0027	0,0054	0,0081	0,0108	0,0136	0,0163	0,0190	0,0217	0,0244	0,0271
	h	30,1449	37,0036	43,8624	50,7211	57,5799	64,4386	71,2973	78,1561	85,0148	91,8736	98,7323
31	v	0,8617	0,8657	0,8697	0,8737	0,8776	0,8816	0,8856	0,8896	0,8936	0,8976	0,9016
	p	0,0000	0,4497	0,8993	1,3490	1,7987	2,2483	2,6980	3,1476	3,5973	4,0470	4,4966
	w	0,0000	0,0029	0,0058	0,0086	0,0115	0,0144	0,0173	0,0202	0,0230	0,0259	0,0288
	h	31,1497	38,4416	45,7335	53,0253	60,3172	67,6091	74,9010	82,1928	89,4847	96,7766	104,0685
32	v	0,8645	0,8688	0,8730	0,8772	0,8815	0,8857	0,8900	0,8942	0,8984	0,9027	0,9069
	p	0,0000	0,4759	0,9519	1,4278	1,9037	2,3796	2,8556	3,3315	3,8074	4,2833	4,7593
	w	0,0000	0,0031	0,0061	0,0092	0,0122	0,0153	0,0183	0,0214	0,0244	0,0275	0,0305
	h	32,1546	39,8799	47,6053	55,3306	63,0559	70,7813	78,5066	86,2320	93,9573	101,6827	109,4080
33	v	0,8674	0,8719	0,8764	0,8809	0,8854	0,8899	0,8945	0,8990	0,9035	0,9080	0,9125
	p	0,0000	0,5035	1,0070	1,5105	2,0140	2,5175	3,0210	3,5246	4,0281	4,5316	5,0351
	w	0,0000	0,0032	0,0065	0,0097	0,0130	0,0162	0,0194	0,0227	0,0259	0,0292	0,0324
	h	33,1594	41,3692	49,5791	57,7889	65,9987	74,2086	82,4184	90,6282	98,8381	107,0479	115,2578
34	v	0,8702	0,8750	0,8798	0,8846	0,8894	0,8943	0,8991	0,9039	0,9087	0,9135	0,9183
	p	0,0000	0,5035	1,0070	1,5105	2,0140	2,5175	3,0210	3,5246	4,0281	4,5316	5,0351
	w	0,0000	0,0034	0,0069	0,0103	0,0138	0,0172	0,0206	0,0241	0,0275	0,0310	0,0344
	h	34,1642	42,8843	51,6043	60,3244	69,0444	77,7645	86,4846	95,2046	103,9247	112,6447	121,3648
35	v	0,8730	0,8781	0,8832	0,8883	0,8935	0,8986	0,9037	0,9088	0,9139	0,9190	0,9241
	p	0,0000	0,5629	1,1257	1,6886	2,2514	2,8143	3,3772	3,9400	4,5029	5,0658	5,6286
	w	0,0000	0,0036	0,0073	0,0109	0,0146	0,0182	0,0218	0,0255	0,0291	0,0328	0,0364
	h	35,1691	44,3997	53,6304	62,8611	72,0918	81,3224	90,5531	99,7838	109,0145	118,2451	127,4758

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
P: buhar basıncı (Pa)  
w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 0 metre irtifa

Tablo- 4

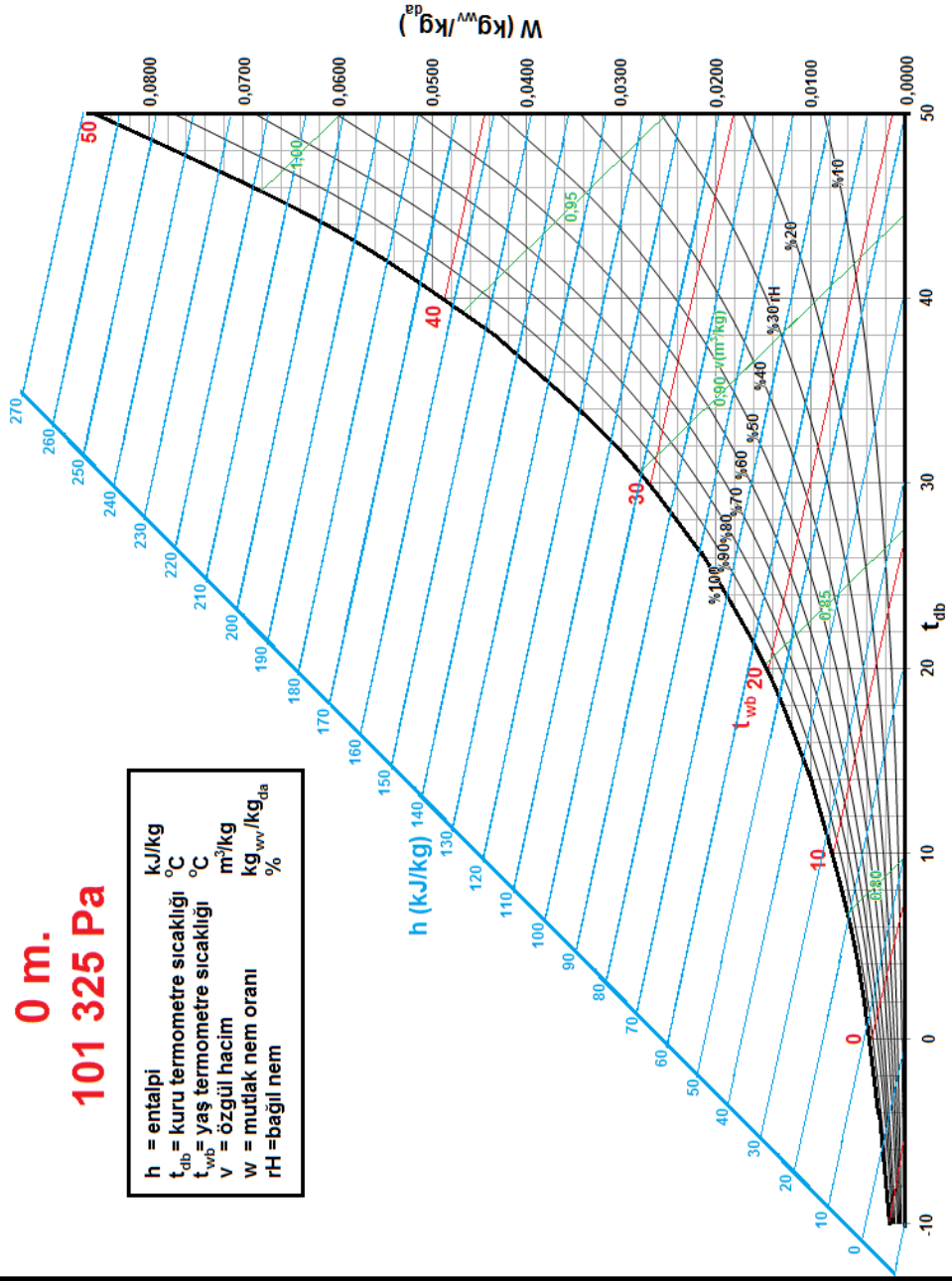
t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
36	v	0,8759	0,8813	0,8867	0,8922	0,8976	0,9030	0,9085	0,9139	0,9193	0,9248	0,9302
	p	0,0000	0,5947	1,1895	1,7842	2,3790	2,9737	3,5685	4,1632	4,7580	5,3527	5,9475
	w	0,0000	0,0039	0,0077	0,0116	0,0154	0,0193	0,0232	0,0270	0,0309	0,0347	0,0386
	h	36,1739	45,9663	55,7587	65,5512	75,3436	85,1361	94,9285	104,7209	114,5134	124,3058	134,0982
37	v	0,8787	0,8845	0,8902	0,8960	0,9018	0,9076	0,9134	0,9191	0,9249	0,9307	0,9365
	p	0,0000	0,6282	1,2564	1,8846	2,5127	3,1409	3,7691	4,3973	5,0255	5,6537	6,2819
	w	0,0000	0,0041	0,0082	0,0123	0,0164	0,0205	0,0245	0,0286	0,0327	0,0368	0,0409
	h	37,1787	47,5587	57,9387	68,3187	78,6988	89,0788	99,4588	109,8388	120,2188	130,5988	140,9788
38	v	0,8815	0,8877	0,8938	0,9000	0,9061	0,9123	0,9184	0,9246	0,9307	0,9369	0,9430
	p	0,0000	0,6632	1,3265	1,9897	2,6529	3,3162	3,9794	4,6427	5,3059	5,9691	6,6324
	w	0,0000	0,0043	0,0087	0,0130	0,0174	0,0217	0,0260	0,0304	0,0347	0,0391	0,0434
	h	38,1835	49,2024	60,2212	71,2400	82,2588	93,2777	104,2965	115,3153	126,3341	137,3530	148,3718
39	v	0,8844	0,8909	0,8974	0,9040	0,9105	0,9171	0,9236	0,9301	0,9367	0,9432	0,9498
	p	0,0000	0,7000	1,3999	2,0999	2,7999	3,4998	4,1998	4,8998	5,5997	6,2997	6,9997
	w	0,0000	0,0046	0,0092	0,0138	0,0184	0,0230	0,0276	0,0322	0,0368	0,0414	0,0460
	h	39,1884	50,8719	62,5555	74,2390	85,9225	97,6061	109,2896	120,9732	132,6567	144,3402	156,0238
40	v	0,8872	0,8941	0,9011	0,9080	0,9150	0,9219	0,9289	0,9358	0,9428	0,9497	0,9567
	p	0,0000	0,7384	1,4769	2,2153	2,9538	3,6922	4,4307	5,1691	5,9075	6,6460	7,3844
	w	0,0000	0,0049	0,0097	0,0146	0,0195	0,0244	0,0292	0,0341	0,0390	0,0439	0,0487
	h	40,1932	52,5674	64,9416	77,3157	89,6899	102,0641	114,4383	126,8125	139,1867	151,5608	163,9350
41	v	0,8900	0,8974	0,9048	0,9122	0,9196	0,9269	0,9343	0,9417	0,9491	0,9565	0,9639
	p	0,0000	0,7787	1,5575	2,3362	3,1149	3,8937	4,6724	5,4511	6,2298	7,0086	7,7873
	w	0,0000	0,0052	0,0103	0,0155	0,0206	0,0258	0,0310	0,0361	0,0413	0,0464	0,0516
	h	41,1980	54,3142	67,4304	80,5466	93,6628	106,7791	119,8953	133,0115	146,1277	159,2439	172,3601
42	v	0,8929	0,9007	0,9085	0,9164	0,9242	0,9320	0,9399	0,9477	0,9556	0,9634	0,9712
	p	0,0000	0,8209	1,6418	2,4627	3,2836	4,1045	4,9254	5,7463	6,5672	7,3881	8,2090
	w	0,0000	0,0055	0,0109	0,0164	0,0218	0,0273	0,0328	0,0382	0,0437	0,0491	0,0546
	h	42,2029	56,0871	69,9713	83,8556	97,7398	111,6240	125,5083	139,3925	153,2767	167,1610	181,0452
43	v	0,8957	0,9040	0,9123	0,9207	0,9290	0,9373	0,9456	0,9539	0,9623	0,9706	0,9789
	p	0,0000	0,8650	1,7301	2,5951	3,4601	4,3251	5,1902	6,0552	6,9202	7,7852	8,6503
	w	0,0000	0,0058	0,0116	0,0173	0,0231	0,0289	0,0347	0,0405	0,0462	0,0520	0,0578
	h	43,2077	57,9114	72,6152	87,3189	102,0227	116,7264	131,4301	146,1339	160,8376	175,5414	190,2451
44	v	0,8985	0,9074	0,9162	0,9250	0,9339	0,9427	0,9516	0,9604	0,9692	0,9781	0,9869
	p	0,0000	0,9112	1,8224	2,7335	3,6447	4,5559	5,4671	6,3783	7,2894	8,2006	9,1118
	w	0,0000	0,0061	0,0122	0,0184	0,0245	0,0306	0,0367	0,0428	0,0489	0,0551	0,0612
	h	44,2125	59,7873	75,3621	90,9369	106,5117	122,0865	137,6612	153,2360	168,8108	184,3856	199,9604
45	v	0,9014	0,9107	0,9201	0,9295	0,9389	0,9483	0,9577	0,9671	0,9765	0,9859	0,9953
	p	0,0000	0,9594	1,9189	2,8783	3,8378	4,7972	5,7566	6,7161	7,6755	8,6350	9,5944
	w	0,0000	0,0065	0,0130	0,0194	0,0259	0,0324	0,0389	0,0454	0,0518	0,0583	0,0648
	h	45,2174	61,7148	78,2122	94,7096	111,2071	127,7045	144,2019	160,6994	177,1968	193,6942	210,1917
46	v	0,9042	0,9142	0,9241	0,9341	0,9441	0,9540	0,9640	0,9740	0,9840	0,9939	1,0039
	p	0,0000	1,0099	2,0198	3,0296	4,0395	5,0494	6,0593	7,0692	8,0790	9,0889	10,0988
	w	0,0000	0,0069	0,0137	0,0206	0,0274	0,0343	0,0412	0,0480	0,0549	0,0617	0,0686
	h	46,2222	63,6939	81,1656	98,6374	116,1091	133,5809	151,0526	168,5243	185,9961	203,4678	220,9395
47	v	0,9070	0,9176	0,9282	0,9388	0,9494	0,9600	0,9705	0,9811	0,9917	1,0023	1,0129
	p	0,0000	1,0626	2,1252	3,1878	4,2503	5,3129	6,3755	7,4381	8,5007	9,5633	10,6259
	w	0,0000	0,0073	0,0145	0,0218	0,0290	0,0363	0,0436	0,0508	0,0581	0,0653	0,0726
	h	47,2270	65,7248	84,2225	102,7203	121,2180	139,7158	158,2135	176,7113	195,2090	213,7068	232,2046
48	v	0,9099	0,9211	0,9323	0,9436	0,9548	0,9660	0,9773	0,9885	0,9997	1,0110	1,0222
	p	0,0000	1,1176	2,2353	3,3529	4,4706	5,5882	6,7058	7,8235	8,9411	10,0588	11,1764
	w	0,0000	0,0077	0,0154	0,0230	0,0307	0,0384	0,0461	0,0538	0,0614	0,0691	0,0768
	h	48,2318	67,8074	87,3829	106,9585	126,5340	146,1096	165,6852	185,2607	204,8363	224,4118	243,9874
49	v	0,9127	0,9246	0,9365	0,9485	0,9604	0,9723	0,9843	0,9962	1,0081	1,0201	1,0320
	p	0,0000	1,1751	2,3502	3,5254	4,7005	5,8756	7,0507	8,2259	9,4010	10,5761	11,7512
	w	0,0000	0,0081	0,0163	0,0244	0,0325	0,0407	0,0488	0,0569	0,0650	0,0732	0,0813
	h	49,2367	69,9674	90,6980	111,4287	132,1594	152,8901	173,6208	194,3515	215,0822	235,8129	256,5435
50	v	0,9155	0,9282	0,9408	0,9535	0,9662	0,9788	0,9915	1,0041	1,0168	1,0294	1,0421
	p	0,0000	1,2351	2,4703	3,7054	4,9405	6,1756	7,4108	8,6459	9,8810	11,1161	12,3513
	w	0,0000	0,0086	0,0172	0,0258	0,0344	0,0430	0,0516	0,0602	0,0688	0,0774	0,0860
	h	50,2415	72,1792	94,1170	116,0547	137,9925	159,9302	181,8679	203,8057	225,7434	247,6812	269,6189

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
 P : buhar basıncı (Pa)  
 w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
 h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

**DENİZ SEVİYESİNDEN**  
**0 m.**  
**101 325 Pa**

$h$	= entalpi	$\text{kJ/kg}$
$t_{db}$	= kuru termometre sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$
$t_{wb}$	= yaş termometre sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$
$v$	= özgül hacim	$\text{m}^3/\text{kg}$
$w$	= mutlak nem oranı	$\text{kg}_{vv}/\text{kg}_{da}$
$rH$	= bağıl nem	$\%$



Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 500 metre irtifa Tablo-1

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
-10	v	0,7913	0,7916	0,7918	0,7920	0,7923	0,7925	0,7928	0,7930	0,7932	0,7935	0,7937
	p	0,0000	0,0260	0,0520	0,0780	0,1040	0,1300	0,1559	0,1819	0,2079	0,2339	0,2599
	w	0,0000	0,0002	0,0004	0,0006	0,0007	0,0009	0,0011	0,0013	0,0015	0,0017	0,0019
	h	-10,0483	-9,5825	-9,1167	-8,6509	-8,1851	-7,7193	-7,2535	-6,7877	-6,3219	-5,8561	-5,3903
-9	v	0,7943	0,7946	0,7949	0,7951	0,7954	0,7956	0,7959	0,7962	0,7964	0,7967	0,7969
	p	0,0000	0,0284	0,0568	0,0852	0,1136	0,1420	0,1703	0,1987	0,2271	0,2555	0,2839
	w	0,0000	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,0010	0,0012	0,0014	0,0016	0,0018	0,0020
	h	-9,0435	-8,5376	-8,0318	-7,5259	-7,0200	-6,5142	-6,0083	-5,5025	-4,9966	-4,4908	-3,9849
-8	v	0,7973	0,7976	0,7979	0,7982	0,7985	0,7988	0,7990	0,7993	0,7996	0,7999	0,8002
	p	0,0000	0,0310	0,0620	0,0930	0,1240	0,1550	0,1859	0,2169	0,2479	0,2789	0,3099
	w	0,0000	0,0002	0,0004	0,0007	0,0009	0,0011	0,0013	0,0015	0,0018	0,0020	0,0022
	h	-8,0386	-7,4927	-6,9467	-6,4008	-5,8549	-5,3089	-4,7630	-4,2170	-3,6711	-3,1251	-2,5792
-7	v	0,8004	0,8007	0,8010	0,8013	0,8016	0,8019	0,8022	0,8025	0,8028	0,8031	0,8034
	p	0,0000	0,0338	0,0676	0,1015	0,1353	0,1691	0,2029	0,2367	0,2706	0,3044	0,3382
	w	0,0000	0,0002	0,0005	0,0007	0,0009	0,0012	0,0014	0,0017	0,0019	0,0021	0,0024
	h	-7,0338	-6,4428	-5,8517	-5,2606	-4,6696	-4,0785	-3,4875	-2,8964	-2,3054	-1,7143	-1,1233
-6	v	0,8034	0,8037	0,8040	0,8044	0,8047	0,8050	0,8053	0,8057	0,8060	0,8063	0,8067
	p	0,0000	0,0369	0,0737	0,1106	0,1475	0,1844	0,2212	0,2581	0,2950	0,3318	0,3687
	w	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008	0,0010	0,0013	0,0015	0,0018	0,0020	0,0023	0,0026
	h	-6,0290	-5,3903	-4,7516	-4,1129	-3,4742	-2,8355	-2,1968	-1,5581	-0,9194	-0,2807	0,3580
-5	v	0,8064	0,8067	0,8071	0,8074	0,8078	0,8082	0,8085	0,8089	0,8092	0,8096	0,8099
	p	0,0000	0,0402	0,0803	0,1205	0,1607	0,2009	0,2410	0,2812	0,3214	0,3615	0,4017
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0008	0,0011	0,0014	0,0017	0,0019	0,0022	0,0025	0,0028
	h	-5,0242	-4,3353	-3,6464	-2,9575	-2,2687	-1,5798	-0,8909	-0,2021	0,4868	1,1757	1,8645
-4	v	0,8094	0,8098	0,8102	0,8105	0,8109	0,8113	0,8117	0,8121	0,8125	0,8129	0,8133
	p	0,0000	0,0438	0,0875	0,1313	0,1750	0,2188	0,2625	0,3063	0,3500	0,3938	0,4375
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009	0,0012	0,0015	0,0018	0,0021	0,0024	0,0027	0,0030
	h	-4,0193	-3,2752	-2,5312	-1,7871	-1,0430	-0,2989	0,4451	1,1892	1,9333	2,6774	3,4214
-3	v	0,8124	0,8128	0,8132	0,8136	0,8141	0,8145	0,8149	0,8153	0,8157	0,8162	0,8166
	p	0,0000	0,0476	0,0952	0,1428	0,1904	0,2380	0,2856	0,3332	0,3808	0,4284	0,4760
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0010	0,0013	0,0016	0,0019	0,0022	0,0026	0,0029	0,0032
	h	-3,0145	-2,2127	-1,4108	-0,6090	0,1928	0,9946	1,7965	2,5983	3,4001	4,2019	5,0038
-2	v	0,8154	0,8158	0,8163	0,8167	0,8172	0,8177	0,8181	0,8186	0,8190	0,8195	0,8199
	p	0,0000	0,0518	0,1035	0,1553	0,2071	0,2589	0,3106	0,3624	0,4142	0,4659	0,5177
	w	0,0000	0,0003	0,0007	0,0010	0,0014	0,0017	0,0021	0,0024	0,0028	0,0031	0,0035
	h	-2,0097	-1,1450	-0,2804	0,5842	1,4488	2,3134	3,1781	4,0427	4,9073	5,7719	6,6365
-1	v	0,8184	0,8189	0,8194	0,8199	0,8204	0,8208	0,8213	0,8218	0,8223	0,8228	0,8233
	p	0,0000	0,0563	0,1125	0,1688	0,2251	0,2814	0,3376	0,3939	0,4502	0,5064	0,5627
	w	0,0000	0,0004	0,0007	0,0011	0,0015	0,0019	0,0022	0,0026	0,0030	0,0033	0,0037
	h	-1,0048	-0,0749	0,8551	1,7851	2,7150	3,6450	4,5749	5,5049	6,4349	7,3648	8,2948
0	v	0,8214	0,8219	0,8225	0,8230	0,8235	0,8241	0,8246	0,8251	0,8256	0,8262	0,8267
	p	0,0000	0,0611	0,1222	0,1833	0,2444	0,3055	0,3666	0,4277	0,4888	0,5499	0,6110
	w	0,0000	0,0004	0,0008	0,0012	0,0016	0,0020	0,0024	0,0028	0,0032	0,0036	0,0040
	h	0,0000	1,0029	2,0057	3,0086	4,0114	5,0143	6,0172	7,0200	8,0229	9,0257	10,0286
1	v	0,8244	0,8250	0,8256	0,8261	0,8267	0,8273	0,8278	0,8284	0,8290	0,8296	0,8301
	p	0,0000	0,0657	0,1314	0,1971	0,2628	0,3285	0,3942	0,4599	0,5256	0,5913	0,6570
	w	0,0000	0,0004	0,0009	0,0013	0,0017	0,0022	0,0026	0,0030	0,0034	0,0039	0,0043
	h	1,0048	2,0831	3,1615	4,2398	5,3181	6,3964	7,4747	8,5531	9,6314	10,7097	11,7880
2	v	0,8274	0,8280	0,8286	0,8293	0,8299	0,8305	0,8311	0,8317	0,8323	0,8330	0,8336
	p	0,0000	0,0710	0,1420	0,2130	0,2840	0,3550	0,4259	0,4969	0,5679	0,6389	0,7099
	w	0,0000	0,0005	0,0009	0,0014	0,0019	0,0023	0,0028	0,0032	0,0037	0,0042	0,0046
	h	2,0097	3,1685	4,3273	5,4862	6,6450	7,8039	8,9627	10,1216	11,2804	12,4392	13,5981
3	v	0,8304	0,8311	0,8318	0,8324	0,8331	0,8337	0,8344	0,8351	0,8357	0,8364	0,8371
	p	0,0000	0,0758	0,1516	0,2274	0,3032	0,3790	0,4548	0,5307	0,6065	0,6823	0,7581
	w	0,0000	0,0005	0,0010	0,0015	0,0020	0,0025	0,0030	0,0035	0,0040	0,0045	0,0050
	h	3,0145	4,2614	5,5084	6,7553	8,0023	9,2492	10,4961	11,7431	12,9900	14,2370	15,4839
4	v	0,8334	0,8341	0,8349	0,8356	0,8363	0,8370	0,8377	0,8384	0,8392	0,8399	0,8406
	p	0,0000	0,0814	0,1627	0,2441	0,3254	0,4068	0,4881	0,5695	0,6508	0,7322	0,8136
	w	0,0000	0,0005	0,0011	0,0016	0,0021	0,0027	0,0032	0,0037	0,0043	0,0048	0,0054
	h	4,0193	5,3594	6,6996	8,0397	9,3798	10,7199	12,0600	13,4002	14,7403	16,0804	17,4205
5	v	0,8364	0,8372	0,8380	0,8388	0,8395	0,8403	0,8411	0,8418	0,8426	0,8434	0,8442
	p	0,0000	0,0873	0,1745	0,2618	0,3490	0,4363	0,5235	0,6108	0,6981	0,7853	0,8726
	w	0,0000	0,0006	0,0011	0,0017	0,0023	0,0029	0,0034	0,0040	0,0046	0,0052	0,0057
	h	5,0242	6,4625	7,9009	9,3393	10,7777	12,2161	13,6545	15,0929	16,5312	17,9696	19,4080

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
 P : buhar basıncı (Pa)  
 w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
 h: özgül entalpi (kJ/kg)



Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 500 metre irtifa Tablo-2

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
6	v	0,8394	0,8403	0,8411	0,8419	0,8428	0,8436	0,8444	0,8453	0,8461	0,8469	0,8478
	p	0,0000	0,0935	0,1871	0,2806	0,3741	0,4677	0,5612	0,6547	0,7483	0,8418	0,9354
	w	0,0000	0,0006	0,0012	0,0018	0,0025	0,0031	0,0037	0,0043	0,0049	0,0055	0,0062
	h	6,0290	7,5732	9,1175	10,6617	12,2060	13,7502	15,2945	16,8387	18,3830	19,9272	21,4715
7	v	0,8425	0,8433	0,8442	0,8451	0,8460	0,8469	0,8478	0,8487	0,8496	0,8505	0,8514
	p	0,0000	0,1002	0,2004	0,3006	0,4008	0,5010	0,6013	0,7015	0,8017	0,9019	1,0021
	w	0,0000	0,0007	0,0013	0,0020	0,0026	0,0033	0,0040	0,0046	0,0053	0,0059	0,0066
	h	7,0338	8,6890	10,3442	11,9995	13,6547	15,3099	16,9651	18,6203	20,2755	21,9307	23,5860
8	v	0,8455	0,8464	0,8474	0,8483	0,8493	0,8503	0,8512	0,8522	0,8531	0,8541	0,8551
	p	0,0000	0,1080	0,2160	0,3240	0,4320	0,5400	0,6479	0,7559	0,8639	0,9719	1,0799
	w	0,0000	0,0007	0,0014	0,0021	0,0028	0,0035	0,0042	0,0049	0,0057	0,0064	0,0071
	h	8,0386	9,8124	11,5862	13,3600	15,1338	16,9076	18,6814	20,4552	22,2290	24,0028	25,7766
9	v	0,8485	0,8495	0,8505	0,8516	0,8526	0,8536	0,8547	0,8557	0,8567	0,8578	0,8588
	p	0,0000	0,1148	0,2297	0,3445	0,4593	0,5741	0,6890	0,8038	0,9186	1,0335	1,1483
	w	0,0000	0,0008	0,0015	0,0023	0,0030	0,0038	0,0045	0,0053	0,0061	0,0068	0,0076
	h	9,0435	10,9435	12,8435	14,7435	16,6434	18,5434	20,4434	22,3434	24,2434	26,1434	28,0434
10	v	0,8515	0,8526	0,8537	0,8548	0,8559	0,8570	0,8581	0,8592	0,8604	0,8615	0,8626
	p	0,0000	0,1228	0,2456	0,3685	0,4913	0,6141	0,7369	0,8597	0,9825	1,1054	1,2282
	w	0,0000	0,0008	0,0016	0,0024	0,0032	0,0041	0,0049	0,0057	0,0065	0,0073	0,0081
	h	10,0483	12,0846	14,1210	16,1573	18,1937	20,2300	22,2663	24,3027	26,3390	28,3754	30,4117
11	v	0,8545	0,8557	0,8569	0,8581	0,8592	0,8604	0,8616	0,8628	0,8640	0,8652	0,8664
	p	0,0000	0,1313	0,2626	0,3939	0,5252	0,6565	0,7878	0,9191	1,0504	1,1817	1,3130
	w	0,0000	0,0009	0,0017	0,0026	0,0035	0,0043	0,0052	0,0061	0,0069	0,0078	0,0087
	h	11,0531	13,2309	15,4088	17,5866	19,7644	21,9422	24,1200	26,2979	28,4757	30,6535	32,8313
12	v	0,8575	0,8588	0,8600	0,8613	0,8626	0,8639	0,8652	0,8664	0,8677	0,8690	0,8703
	p	0,0000	0,1403	0,2806	0,4208	0,5611	0,7014	0,8417	0,9820	1,1223	1,2625	1,4028
	w	0,0000	0,0009	0,0019	0,0028	0,0037	0,0046	0,0056	0,0065	0,0074	0,0084	0,0093
	h	12,0580	14,3899	16,7219	19,0539	21,3858	23,7178	26,0498	28,3818	30,7137	33,0457	35,3777
13	v	0,8605	0,8619	0,8632	0,8646	0,8660	0,8674	0,8687	0,8701	0,8715	0,8728	0,8742
	p	0,0000	0,1498	0,2996	0,4494	0,5992	0,7490	0,8988	1,0486	1,1984	1,3483	1,4981
	w	0,0000	0,0010	0,0020	0,0030	0,0040	0,0050	0,0060	0,0069	0,0079	0,0089	0,0099
	h	13,0628	15,5566	18,0504	20,5442	23,0379	25,5317	28,0255	30,5193	33,0131	35,5069	38,0007
14	v	0,8635	0,8649	0,8663	0,8676	0,8690	0,8704	0,8718	0,8731	0,8745	0,8759	0,8773
	p	0,0000	0,1598	0,3197	0,4795	0,6394	0,7992	0,9590	1,1189	1,2787	1,4386	1,5984
	w	0,0000	0,0010	0,0020	0,0030	0,0040	0,0050	0,0060	0,0069	0,0079	0,0089	0,0099
	h	14,0676	16,5624	19,0572	21,5520	24,0467	26,5415	29,0363	31,5311	34,0259	36,5206	39,0154
15	v	0,8665	0,8681	0,8697	0,8712	0,8728	0,8744	0,8760	0,8775	0,8791	0,8807	0,8823
	p	0,0000	0,1706	0,3411	0,5117	0,6823	0,8529	1,0234	1,1940	1,3646	1,5352	1,7057
	w	0,0000	0,0011	0,0023	0,0034	0,0045	0,0057	0,0068	0,0079	0,0091	0,0102	0,0113
	h	15,0725	17,9204	20,7684	23,6164	26,4644	29,3124	32,1604	35,0084	37,8564	40,7044	43,5524
16	v	0,8695	0,8712	0,8729	0,8746	0,8763	0,8780	0,8796	0,8813	0,8830	0,8847	0,8864
	p	0,0000	0,1819	0,3638	0,5456	0,7275	0,9094	1,0913	1,2731	1,4550	1,6369	1,8188
	w	0,0000	0,0012	0,0024	0,0036	0,0048	0,0060	0,0072	0,0085	0,0097	0,0109	0,0121
	h	16,0773	19,1177	22,1581	25,1985	28,2389	31,2794	34,3198	37,3602	40,4006	43,4410	46,4814
17	v	0,8725	0,8743	0,8761	0,8779	0,8798	0,8816	0,8834	0,8852	0,8870	0,8888	0,8906
	p	0,0000	0,1938	0,3877	0,5815	0,7753	0,9691	1,1630	1,3568	1,5506	1,7445	1,9383
	w	0,0000	0,0013	0,0026	0,0039	0,0052	0,0064	0,0077	0,0090	0,0103	0,0116	0,0129
	h	17,0821	20,3277	23,5733	26,8188	30,0644	33,3100	36,5555	39,8011	43,0467	46,2923	49,5378
18	v	0,8755	0,8775	0,8794	0,8813	0,8833	0,8852	0,8871	0,8891	0,8910	0,8929	0,8949
	p	0,0000	0,2065	0,4129	0,6194	0,8259	1,0323	1,2388	1,4453	1,6517	1,8582	2,0647
	w	0,0000	0,0014	0,0027	0,0041	0,0055	0,0069	0,0082	0,0096	0,0110	0,0124	0,0137
	h	18,0869	21,5454	25,0038	28,4623	31,9207	35,3792	38,8376	42,2961	45,7545	49,2130	52,6714
19	v	0,8785	0,8806	0,8827	0,8847	0,8868	0,8889	0,8910	0,8930	0,8951	0,8972	0,8992
	p	0,0000	0,2192	0,4384	0,6575	0,8767	1,0959	1,3151	1,5343	1,7534	1,9726	2,1918
	w	0,0000	0,0015	0,0029	0,0044	0,0059	0,0073	0,0088	0,0103	0,0117	0,0132	0,0147
	h	19,0918	22,7859	26,4801	30,1743	33,8685	37,5626	41,2568	44,9510	48,6452	52,3393	56,0335
20	v	0,8815	0,8838	0,8860	0,8882	0,8904	0,8926	0,8948	0,8971	0,8993	0,9015	0,9037
	p	0,0000	0,2339	0,4678	0,7018	0,9357	1,1696	1,4035	1,6374	1,8714	2,1053	2,3392
	w	0,0000	0,0016	0,0031	0,0047	0,0063	0,0078	0,0094	0,0109	0,0125	0,0141	0,0156
	h	20,0966	24,0368	27,9769	31,9171	35,8573	39,7974	43,7376	47,6778	51,6179	55,5581	59,4983

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
 P : buhar basıncı (Pa)  
 w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
 h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

İklimsel Havanın Psikrometrik Bilgileri, 500 metre irtifa

Tablo-3

t	C	Bağıl Nem -RH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
21	v	0,8334	0,8354	0,8375	0,8396	0,8417	0,8438	0,8459	0,8480	0,8501	0,8522	0,8543
	p	0,0000	0,2488	0,4976	0,7464	0,9952	1,2441	1,4929	1,7417	1,9905	2,2393	2,4881
	w	0,0000	0,0016	0,0031	0,0047	0,0062	0,0078	0,0094	0,0109	0,0125	0,0140	0,0156
	h	21,1014	25,0356	28,9698	32,9039	36,8381	40,7723	44,7064	48,6406	52,5747	56,5089	60,4431
22	v	0,8362	0,8384	0,8407	0,8429	0,8451	0,8474	0,8496	0,8518	0,8540	0,8563	0,8585
	p	0,0000	0,2645	0,5290	0,7936	1,0581	1,3226	1,5871	1,8516	2,1162	2,3807	2,6452
	w	0,0000	0,0017	0,0033	0,0050	0,0066	0,0083	0,0100	0,0116	0,0133	0,0149	0,0166
	h	22,1063	26,2943	30,4823	34,6703	38,8583	43,0463	47,2343	51,4224	55,6104	59,7984	63,9864
23	v	0,8390	0,8414	0,8438	0,8462	0,8486	0,8510	0,8534	0,8557	0,8581	0,8605	0,8629
	p	0,0000	0,2811	0,5622	0,8433	1,1244	1,4055	1,6866	1,9676	2,2487	2,5298	2,8109
	w	0,0000	0,0018	0,0035	0,0053	0,0071	0,0089	0,0106	0,0124	0,0142	0,0159	0,0177
	h	23,1111	27,5784	32,0457	36,5130	40,9803	45,4476	49,9149	54,3822	58,8495	63,3168	67,7841
24	v	0,8419	0,8444	0,8469	0,8495	0,8520	0,8546	0,8571	0,8597	0,8622	0,8648	0,8673
	p	0,0000	0,2986	0,5971	0,8957	1,1943	1,4928	1,7914	2,0899	2,3885	2,6871	2,9856
	w	0,0000	0,0019	0,0038	0,0056	0,0075	0,0094	0,0113	0,0132	0,0150	0,0169	0,0188
	h	24,1159	28,8627	33,6095	38,3564	43,1032	47,8500	52,5968	57,3436	62,0904	66,8372	71,5840
25	v	0,8447	0,8474	0,8501	0,8528	0,8556	0,8583	0,8610	0,8637	0,8664	0,8691	0,8719
	p	0,0000	0,3170	0,6340	0,9509	1,2679	1,5849	1,9019	2,2188	2,5358	2,8528	3,1698
	w	0,0000	0,0020	0,0040	0,0060	0,0080	0,0100	0,0120	0,0140	0,0160	0,0180	0,0200
	h	25,1208	30,1726	35,2244	40,2762	45,3280	50,3798	55,4316	60,4834	65,5352	70,5870	75,6388
26	v	0,8475	0,8504	0,8533	0,8562	0,8591	0,8620	0,8649	0,8678	0,8707	0,8736	0,8765
	p	0,0000	0,3364	0,6727	1,0091	1,3455	1,6819	2,0182	2,3546	2,6910	3,0273	3,3637
	w	0,0000	0,0021	0,0043	0,0064	0,0085	0,0107	0,0128	0,0149	0,0170	0,0192	0,0213
	h	26,1256	31,5079	36,8902	42,2725	47,6548	53,0371	58,4194	63,8017	69,1840	74,5663	79,9486
27	v	0,8504	0,8534	0,8565	0,8596	0,8627	0,8658	0,8689	0,8720	0,8751	0,8782	0,8813
	p	0,0000	0,3568	0,7136	1,0704	1,4272	1,7840	2,1407	2,4975	2,8543	3,2111	3,5679
	w	0,0000	0,0023	0,0045	0,0068	0,0090	0,0113	0,0136	0,0158	0,0181	0,0203	0,0226
	h	27,1304	32,8435	38,5565	44,2696	49,9826	55,6957	61,4087	67,1218	72,8348	78,5479	84,2610
28	v	0,8532	0,8565	0,8598	0,8631	0,8664	0,8697	0,8729	0,8762	0,8795	0,8828	0,8861
	p	0,0000	0,3783	0,7566	1,1348	1,5131	1,8914	2,2697	2,6480	3,0262	3,4045	3,7828
	w	0,0000	0,0024	0,0048	0,0072	0,0096	0,0120	0,0144	0,0168	0,0192	0,0216	0,0240
	h	28,1352	34,2046	40,2740	46,3433	52,4127	58,4820	64,5514	70,6208	76,6901	82,7595	88,8288
29	v	0,8560	0,8595	0,8630	0,8666	0,8701	0,8736	0,8771	0,8806	0,8841	0,8876	0,8911
	p	0,0000	0,4009	0,8018	1,2027	1,6036	2,0045	2,4054	2,8062	3,2071	3,6080	4,0089
	w	0,0000	0,0026	0,0051	0,0077	0,0102	0,0128	0,0153	0,0179	0,0204	0,0230	0,0255
	h	29,1401	35,5913	42,0426	48,4938	54,9451	61,3963	67,8475	74,2988	80,7500	87,2013	93,6525
30	v	0,8589	0,8626	0,8663	0,8701	0,8738	0,8776	0,8813	0,8851	0,8888	0,8925	0,8963
	p	0,0000	0,4247	0,8493	1,2740	1,6987	2,1233	2,5480	2,9727	3,3974	3,8220	4,2467
	w	0,0000	0,0027	0,0054	0,0081	0,0108	0,0136	0,0163	0,0190	0,0217	0,0244	0,0271
	h	30,1449	37,0036	43,8624	50,7211	57,5799	64,4386	71,2973	78,1561	85,0148	91,8736	98,7323
31	v	0,8617	0,8657	0,8697	0,8737	0,8776	0,8816	0,8856	0,8896	0,8936	0,8976	0,9016
	p	0,0000	0,4497	0,8993	1,3490	1,7987	2,2483	2,6980	3,1476	3,5973	4,0470	4,4966
	w	0,0000	0,0029	0,0058	0,0086	0,0115	0,0144	0,0173	0,0202	0,0230	0,0259	0,0288
	h	31,1497	38,4416	45,7335	53,0253	60,3172	67,6091	74,9010	82,1928	89,4847	96,7766	104,0685
32	v	0,8645	0,8688	0,8730	0,8772	0,8815	0,8857	0,8900	0,8942	0,8984	0,9027	0,9069
	p	0,0000	0,4759	0,9519	1,4278	1,9037	2,3796	2,8556	3,3315	3,8074	4,2833	4,7593
	w	0,0000	0,0031	0,0061	0,0092	0,0122	0,0153	0,0183	0,0214	0,0244	0,0275	0,0305
	h	32,1546	39,8799	47,6053	55,3306	63,0559	70,7813	78,5066	86,2320	93,9573	101,6827	109,4080
33	v	0,8674	0,8719	0,8764	0,8809	0,8854	0,8899	0,8945	0,8990	0,9035	0,9080	0,9125
	p	0,0000	0,5035	1,0070	1,5105	2,0140	2,5175	3,0210	3,5246	4,0281	4,5316	5,0351
	w	0,0000	0,0032	0,0065	0,0097	0,0130	0,0162	0,0194	0,0227	0,0259	0,0292	0,0324
	h	33,1594	41,3692	49,5791	57,7889	65,9987	74,2086	82,4184	90,6282	98,8381	107,0479	115,2578
34	v	0,8702	0,8750	0,8798	0,8846	0,8894	0,8943	0,8991	0,9039	0,9087	0,9135	0,9183
	p	0,0000	0,5035	1,0070	1,5105	2,0140	2,5175	3,0210	3,5246	4,0281	4,5316	5,0351
	w	0,0000	0,0034	0,0069	0,0103	0,0138	0,0172	0,0206	0,0241	0,0275	0,0310	0,0344
	h	34,1642	42,8843	51,6043	60,3244	69,0444	77,7645	86,4846	95,2046	103,9247	112,6447	121,3648
35	v	0,8730	0,8781	0,8832	0,8883	0,8935	0,8986	0,9037	0,9088	0,9139	0,9190	0,9241
	p	0,0000	0,5629	1,1257	1,6886	2,2514	2,8143	3,3772	3,9400	4,5029	5,0658	5,6286
	w	0,0000	0,0036	0,0073	0,0109	0,0146	0,0182	0,0218	0,0255	0,0291	0,0328	0,0364
	h	35,1691	44,3997	53,6304	62,8611	72,0918	81,3224	90,5531	99,7838	109,0145	118,2451	127,4758

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
 P : buhar basıncı (Pa)  
 w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
 h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

..emli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 500 metre irtifa Tablo- 4

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
36	v	0,9297	0,9358	0,9420	0,9482	0,9544	0,9605	0,9667	0,9729	0,9791	0,9853	0,9914
	p	0,0000	0,5947	1,1895	1,7842	2,3790	2,9737	3,5685	4,1632	4,7580	5,3527	5,9475
	w	0,0000	0,0041	0,0083	0,0124	0,0165	0,0207	0,0248	0,0289	0,0331	0,0372	0,0413
	h	36,1739	46,6589	57,1439	67,6289	78,1139	88,5989	99,0839	109,5689	120,0539	130,5389	141,0240
37	v	0,9327	0,9391	0,9455	0,9519	0,9583	0,9648	0,9712	0,9776	0,9840	0,9905	0,9969
	p	0,0000	0,6282	1,2564	1,8846	2,5127	3,1409	3,7691	4,3973	5,0255	5,6537	6,2819
	w	0,0000	0,0043	0,0086	0,0128	0,0171	0,0214	0,0257	0,0300	0,0343	0,0385	0,0428
	h	37,1787	48,0460	58,9133	69,7806	80,6479	91,5151	102,3824	113,2497	124,1170	134,9843	145,8516
38	v	0,9357	0,9427	0,9496	0,9566	0,9636	0,9706	0,9776	0,9846	0,9916	0,9985	1,0055
	p	0,0000	0,6632	1,3265	1,9897	2,6529	3,3162	3,9794	4,6427	5,3059	5,9691	6,6324
	w	0,0000	0,0046	0,0093	0,0139	0,0186	0,0232	0,0279	0,0325	0,0372	0,0418	0,0464
	h	38,1835	49,9742	61,7648	73,5555	85,3461	97,1368	108,9274	120,7181	132,5088	144,2994	156,0901
39	v	0,9387	0,9461	0,9535	0,9610	0,9684	0,9758	0,9832	0,9907	0,9981	1,0055	1,0130
	p	0,0000	0,7000	1,3999	2,0999	2,7999	3,4998	4,1998	4,8998	5,5997	6,2997	6,9997
	w	0,0000	0,0049	0,0098	0,0148	0,0197	0,0246	0,0295	0,0345	0,0394	0,0443	0,0492
	h	39,1884	51,6898	64,1911	76,6925	89,1939	101,6953	114,1967	126,6981	139,1995	151,7009	164,2022
40	v	0,9417	0,9496	0,9575	0,9654	0,9733	0,9812	0,9891	0,9970	1,0048	1,0127	1,0206
	p	0,0000	0,7384	1,4769	2,2153	2,9538	3,6922	4,4307	5,1691	5,9075	6,6460	7,3844
	w	0,0000	0,0052	0,0104	0,0156	0,0209	0,0261	0,0313	0,0365	0,0417	0,0469	0,0522
	h	40,1932	53,4440	66,6948	79,9456	93,1964	106,4472	119,6980	132,9488	146,1995	159,4503	172,7011
41	v	0,9447	0,9531	0,9615	0,9699	0,9783	0,9866	0,9950	1,0034	1,0118	1,0202	1,0286
	p	0,0000	0,7787	1,5575	2,3362	3,1149	3,8937	4,6724	5,4511	6,2298	7,0086	7,7873
	w	0,0000	0,0055	0,0111	0,0166	0,0221	0,0276	0,0332	0,0387	0,0442	0,0497	0,0553
	h	41,1980	55,2420	69,2860	83,3300	97,3740	111,4180	125,4620	139,5060	153,5500	167,5940	181,6380
42	v	0,9477	0,9566	0,9655	0,9744	0,9834	0,9923	1,0012	1,0101	1,0190	1,0279	1,0369
	p	0,0000	0,8209	1,6418	2,4627	3,2836	4,1045	4,9254	5,7463	6,5672	7,3881	8,2090
	w	0,0000	0,0059	0,0117	0,0176	0,0234	0,0293	0,0351	0,0410	0,0468	0,0527	0,0585
	h	42,2029	57,0839	71,9650	86,8460	101,7271	116,6081	131,4892	146,3702	161,2513	176,1323	191,0134
43	v	0,9507	0,9602	0,9697	0,9791	0,9886	0,9981	1,0075	1,0170	1,0265	1,0360	1,0454
	p	0,0000	0,8650	1,7301	2,5951	3,4601	4,3251	5,1902	6,0552	6,9202	7,7852	8,6503
	w	0,0000	0,0062	0,0124	0,0186	0,0248	0,0310	0,0372	0,0434	0,0496	0,0558	0,0620
	h	43,2077	58,9748	74,7419	90,5090	106,2761	122,0432	137,8102	153,5773	169,3444	185,1115	200,8786
44	v	0,9537	0,9638	0,9738	0,9839	0,9940	1,0041	1,0141	1,0242	1,0342	1,0443	1,0544
	p	0,0000	0,9112	1,8224	2,7335	3,6447	4,5559	5,4671	6,3783	7,2894	8,2006	9,1118
	w	0,0000	0,0066	0,0131	0,0197	0,0263	0,0328	0,0394	0,0459	0,0525	0,0591	0,0656
	h	44,2125	60,9172	77,6220	94,3267	111,0314	127,7361	144,4409	161,1456	177,8503	194,5550	211,2598
45	v	0,9567	0,9674	0,9781	0,9888	0,9995	1,0102	1,0209	1,0316	1,0422	1,0529	1,0636
	p	0,0000	0,9594	1,9189	2,8783	3,8378	4,7972	5,7566	6,7161	7,6755	8,6350	9,5944
	w	0,0000	0,0070	0,0139	0,0209	0,0278	0,0348	0,0417	0,0487	0,0556	0,0626	0,0695
	h	45,2174	62,9114	80,6054	98,2994	115,9934	133,6874	151,3814	169,0754	186,7694	204,4634	222,1574
46	v	0,9597	0,9711	0,9824	0,9938	1,0051	1,0165	1,0279	1,0392	1,0506	1,0619	1,0733
	p	0,0000	1,0099	2,0198	3,0296	4,0395	5,0494	6,0593	7,0692	8,0790	9,0889	10,0988
	w	0,0000	0,0074	0,0147	0,0221	0,0294	0,0368	0,0442	0,0515	0,0589	0,0662	0,0736
	h	46,2222	64,9648	83,7075	102,4501	121,1927	139,9354	158,6780	177,4206	196,1633	214,9059	233,6486
47	v	0,9627	0,9748	0,9869	0,9989	1,0110	1,0230	1,0351	1,0471	1,0592	1,0713	1,0833
	p	0,0000	1,0626	2,1252	3,1878	4,2503	5,3129	6,3755	7,4381	8,5007	9,5633	10,6259
	w	0,0000	0,0078	0,0156	0,0234	0,0312	0,0390	0,0467	0,0545	0,0623	0,0701	0,0779
	h	47,2270	67,0777	86,9284	106,7791	126,6298	146,4805	166,3311	186,1818	206,0325	225,8832	245,7339
48	v	0,9657	0,9785	0,9914	1,0042	1,0170	1,0298	1,0426	1,0554	1,0682	1,0810	1,0938
	p	0,0000	1,1176	2,2353	3,3529	4,4706	5,5882	6,7058	7,8235	8,9411	10,0588	11,1764
	w	0,0000	0,0082	0,0165	0,0247	0,0330	0,0412	0,0495	0,0577	0,0660	0,0742	0,0825
	h	48,2318	69,2552	90,2785	111,3018	132,3251	153,3485	174,3718	195,3951	216,4185	237,4418	258,4651
49	v	0,9687	0,9823	0,9959	1,0095	1,0231	1,0367	1,0503	1,0639	1,0776	1,0912	1,1048
	p	0,0000	1,1751	2,3502	3,5254	4,7005	5,8756	7,0507	8,2259	9,4010	10,5761	11,7512
	w	0,0000	0,0087	0,0175	0,0262	0,0349	0,0437	0,0524	0,0611	0,0699	0,0786	0,0873
	h	49,2367	71,5024	93,7681	116,0339	138,2996	160,5653	182,8310	205,0968	227,3625	249,6282	271,8939
50	v	0,9718	0,9862	1,0006	1,0151	1,0295	1,0440	1,0584	1,0729	1,0873	1,1017	1,1162
	p	0,0000	1,2351	2,4703	3,7054	4,9405	6,1756	7,4108	8,6459	9,8810	11,1161	12,3513
	w	0,0000	0,0092	0,0185	0,0277	0,0370	0,0462	0,0555	0,0647	0,0740	0,0832	0,0924
	h	50,2415	73,8220	97,4025	120,9831	144,5636	168,1441	191,7246	215,3051	238,8857	262,4662	286,0467

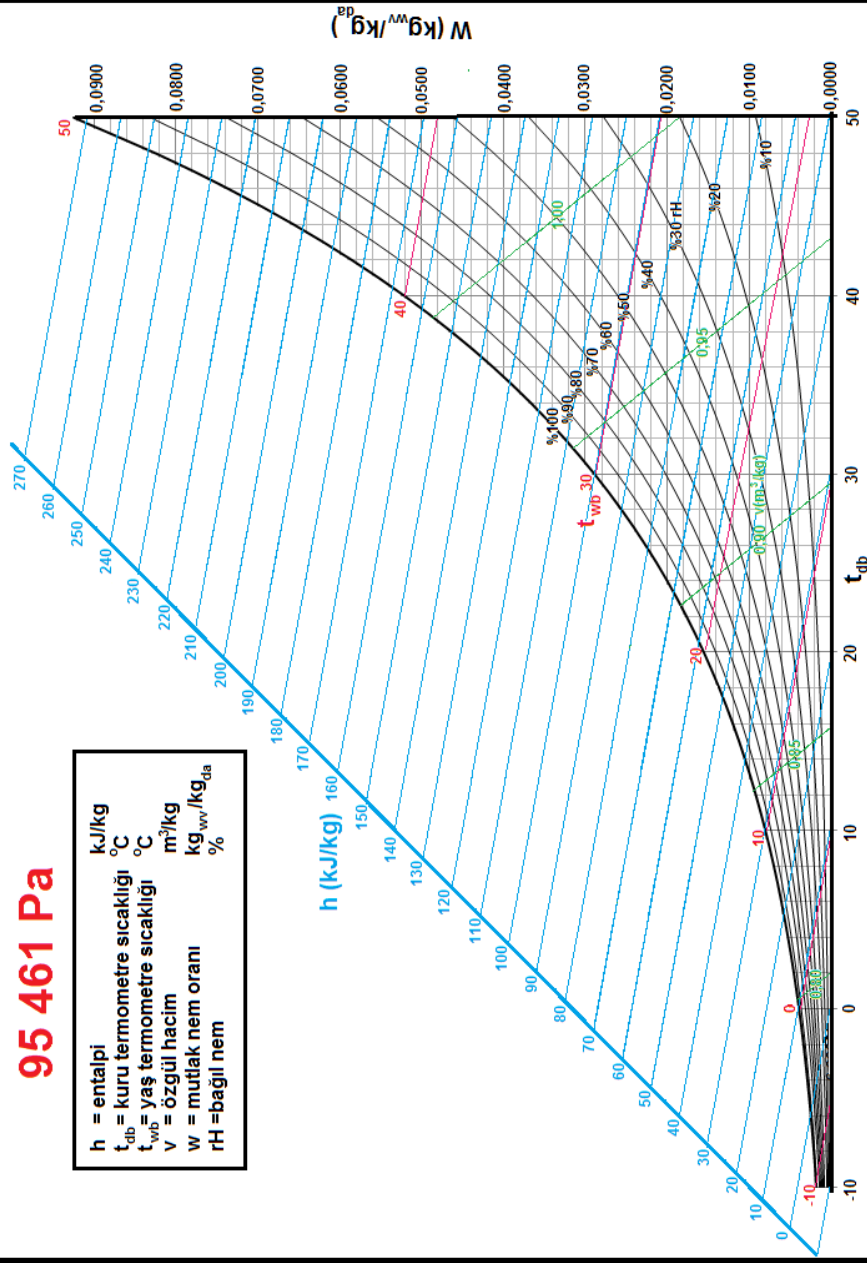
v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
 P : buhar basıncı (Pa)  
 w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
 h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014



**DENİZ SEVİYESİNDEN  
500 m.  
95 461 Pa**

$h$	= entalpi	$\text{kJ/kg}$
$t_{\text{db}}$	= kuru termometre sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$
$t_{\text{wb}}$	= yaş termometre sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$
$v$	= özgül hacim	$\text{m}^3/\text{kg}$
$w$	= mutlak nem oranı	$\text{kg}_{\text{vv}}/\text{kg}_{\text{da}}$
$rH$	= bağıl nem	%



Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 1000 metre irtifa -Tablo 1

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
-10	v	0,8405	0,8408	0,8410	0,8413	0,8416	0,8418	0,8421	0,8423	0,8426	0,8429	0,8431
	p	0,0000	0,0260	0,0520	0,0780	0,1040	0,1300	0,1559	0,1819	0,2079	0,2339	0,2599
	w	0,0000	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,0010	0,0012	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019
	h	-10,0483	-9,5676	-9,0868	-8,6061	-8,1253	-7,6446	-7,1638	-6,6831	-6,2024	-5,7216	-5,2409
-9	v	0,8437	0,8440	0,8443	0,8446	0,8448	0,8451	0,8454	0,8457	0,8460	0,8463	0,8465
	p	0,0000	0,0284	0,0568	0,0852	0,1136	0,1420	0,1703	0,1987	0,2271	0,2555	0,2839
	w	0,0000	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,0010	0,0013	0,0015	0,0017	0,0019	0,0021
	h	-9,0435	-8,5227	-8,0019	-7,4810	-6,9602	-6,4394	-5,9186	-5,3978	-4,8770	-4,3562	-3,8354
-8	v	0,8469	0,8472	0,8475	0,8478	0,8481	0,8484	0,8488	0,8491	0,8494	0,8497	0,8500
	p	0,0000	0,0310	0,0620	0,0930	0,1240	0,1550	0,1859	0,2169	0,2479	0,2789	0,3099
	w	0,0000	0,0002	0,0005	0,0007	0,0009	0,0011	0,0014	0,0016	0,0018	0,0020	0,0023
	h	-8,0386	-7,4752	-6,9118	-6,3485	-5,7851	-5,2217	-4,6583	-4,0949	-3,5315	-2,9681	-2,4047
-7	v	0,8501	0,8504	0,8508	0,8511	0,8514	0,8518	0,8521	0,8524	0,8528	0,8531	0,8534
	p	0,0000	0,0338	0,0676	0,1015	0,1353	0,1691	0,2029	0,2367	0,2706	0,3044	0,3382
	w	0,0000	0,0002	0,0005	0,0007	0,0010	0,0012	0,0015	0,0017	0,0020	0,0022	0,0024
	h	-7,0338	-6,4253	-5,8168	-5,2083	-4,5998	-3,9913	-3,3827	-2,7742	-2,1657	-1,5572	-0,9487
-6	v	0,8533	0,8537	0,8540	0,8544	0,8547	0,8551	0,8555	0,8558	0,8562	0,8566	0,8569
	p	0,0000	0,0369	0,0737	0,1106	0,1475	0,1844	0,2212	0,2581	0,2950	0,3318	0,3687
	w	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008	0,0011	0,0013	0,0016	0,0018	0,0021	0,0024	0,0026
	h	-6,0290	-5,3703	-4,7117	-4,0530	-3,3944	-2,7357	-2,0771	-1,4184	-0,7598	-0,1011	0,5576
-5	v	0,8565	0,8569	0,8573	0,8577	0,8581	0,8584	0,8588	0,8592	0,8596	0,8600	0,8604
	p	0,0000	0,0402	0,0803	0,1205	0,1607	0,2009	0,2410	0,2812	0,3214	0,3615	0,4017
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009	0,0011	0,0014	0,0017	0,0020	0,0023	0,0026	0,0028
	h	-5,0242	-4,3153	-3,6065	-2,8976	-2,1888	-1,4800	-0,7711	-0,0623	0,6465	1,3554	2,0642
-4	v	0,8597	0,8601	0,8605	0,8610	0,8614	0,8618	0,8622	0,8627	0,8631	0,8635	0,8639
	p	0,0000	0,0438	0,0875	0,1313	0,1750	0,2188	0,2625	0,3063	0,3500	0,3938	0,4375
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009	0,0012	0,0015	0,0018	0,0021	0,0025	0,0028	0,0031
	h	-4,0193	-3,2528	-2,4862	-1,7197	-0,9531	-0,1866	0,5800	1,3465	2,1131	2,8796	3,6462
-3	v	0,8629	0,8633	0,8638	0,8643	0,8647	0,8652	0,8656	0,8661	0,8665	0,8670	0,8675
	p	0,0000	0,0476	0,0952	0,1428	0,1904	0,2380	0,2856	0,3332	0,3808	0,4284	0,4760
	w	0,0000	0,0003	0,0007	0,0010	0,0013	0,0017	0,0020	0,0023	0,0026	0,0030	0,0033
	h	-3,0145	-2,1877	-1,3609	-0,5341	0,2927	1,1195	1,9463	2,7731	3,5999	4,4268	5,2536
-2	v	0,8661	0,8666	0,8671	0,8676	0,8681	0,8685	0,8690	0,8695	0,8700	0,8705	0,8710
	p	0,0000	0,0518	0,1035	0,1553	0,2071	0,2589	0,3106	0,3624	0,4142	0,4659	0,5177
	w	0,0000	0,0004	0,0007	0,0011	0,0014	0,0018	0,0021	0,0025	0,0028	0,0032	0,0036
	h	-2,0097	-1,1201	-0,2304	0,6592	1,5488	2,4384	3,3280	4,2176	5,1072	5,9968	6,8864
-1	v	0,8693	0,8698	0,8703	0,8709	0,8714	0,8719	0,8725	0,8730	0,8736	0,8741	0,8746
	p	0,0000	0,0563	0,1125	0,1688	0,2251	0,2814	0,3376	0,3939	0,4502	0,5064	0,5627
	w	0,0000	0,0004	0,0008	0,0012	0,0015	0,0019	0,0023	0,0027	0,0031	0,0035	0,0038
	h	-1,0048	-0,0449	0,9151	1,8751	2,8350	3,7950	4,7549	5,7149	6,6749	7,6348	8,5948
0	v	0,8725	0,8730	0,8736	0,8742	0,8748	0,8754	0,8759	0,8765	0,8771	0,8777	0,8782
	p	0,0000	0,0611	0,1222	0,1833	0,2444	0,3055	0,3666	0,4277	0,4888	0,5499	0,6110
	w	0,0000	0,0004	0,0008	0,0012	0,0017	0,0021	0,0025	0,0029	0,0033	0,0037	0,0041
	h	0,0000	1,0329	2,0657	3,0986	4,1315	5,1644	6,1972	7,2301	8,2630	9,2958	10,3287
1	v	0,8756	0,8763	0,8769	0,8775	0,8781	0,8788	0,8794	0,8800	0,8807	0,8813	0,8819
	p	0,0000	0,0657	0,1314	0,1971	0,2628	0,3285	0,3942	0,4599	0,5256	0,5913	0,6570
	w	0,0000	0,0004	0,0009	0,0013	0,0018	0,0022	0,0027	0,0031	0,0036	0,0040	0,0044
	h	1,0048	2,1157	3,2265	4,3374	5,4482	6,5590	7,6699	8,7807	9,8916	11,0024	12,1133
2	v	0,8788	0,8795	0,8802	0,8809	0,8815	0,8822	0,8829	0,8836	0,8842	0,8849	0,8856
	p	0,0000	0,0710	0,1420	0,2130	0,2840	0,3550	0,4259	0,4969	0,5679	0,6389	0,7099
	w	0,0000	0,0005	0,0010	0,0014	0,0019	0,0024	0,0029	0,0033	0,0038	0,0043	0,0048
	h	2,0097	3,2060	4,4024	5,5988	6,7952	7,9916	9,1880	10,3844	11,5807	12,7771	13,9735
3	v	0,8820	0,8828	0,8835	0,8842	0,8849	0,8857	0,8864	0,8871	0,8879	0,8886	0,8893
	p	0,0000	0,0758	0,1516	0,2274	0,3032	0,3790	0,4548	0,5307	0,6065	0,6823	0,7581
	w	0,0000	0,0005	0,0010	0,0015	0,0021	0,0026	0,0031	0,0036	0,0041	0,0046	0,0051
	h	3,0145	4,2990	5,5835	6,8680	8,1525	9,4370	10,7215	12,0060	13,2905	14,5750	15,8595
4	v	0,8852	0,8860	0,8868	0,8876	0,8884	0,8892	0,8899	0,8907	0,8915	0,8923	0,8931
	p	0,0000	0,0814	0,1627	0,2441	0,3254	0,4068	0,4881	0,5695	0,6508	0,7322	0,8136
	w	0,0000	0,0006	0,0011	0,0017	0,0022	0,0028	0,0033	0,0039	0,0044	0,0050	0,0055
	h	4,0193	5,3995	6,7797	8,1599	9,5401	10,9203	12,3005	13,6807	15,0609	16,4411	17,8213
5	v	0,8884	0,8893	0,8901	0,8910	0,8918	0,8926	0,8935	0,8943	0,8952	0,8960	0,8969
	p	0,0000	0,0873	0,1745	0,2618	0,3490	0,4363	0,5235	0,6108	0,6981	0,7853	0,8726
	w	0,0000	0,0006	0,0012	0,0018	0,0024	0,0030	0,0035	0,0041	0,0047	0,0053	0,0059
	h	5,0242	6,5051	7,9861	9,4671	10,9481	12,4291	13,9101	15,3911	16,8720	18,3530	19,8340

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
 P: buhar basıncı (Pa)  
 w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
 h: özgül entalpi (kJ/kg)

Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 1000 metre irtifa - Tablo 2

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
6	v	0,8916	0,8925	0,8934	0,8943	0,8953	0,8962	0,8971	0,8980	0,8989	0,8998	0,9007
	p	0,0000	0,0935	0,1871	0,2806	0,3741	0,4677	0,5612	0,6547	0,7483	0,8418	0,9354
	w	0,0000	0,0006	0,0013	0,0019	0,0025	0,0032	0,0038	0,0044	0,0051	0,0057	0,0063
	h	6,0290	7,6184	9,2077	10,7971	12,3865	13,9759	15,5652	17,1546	18,7440	20,3334	21,9227
7	v	0,8948	0,8958	0,8968	0,8977	0,8987	0,8997	0,9007	0,9017	0,9026	0,9036	0,9046
	p	0,0000	0,1002	0,2004	0,3006	0,4008	0,5010	0,6013	0,7015	0,8017	0,9019	1,0021
	w	0,0000	0,0007	0,0014	0,0020	0,0027	0,0034	0,0041	0,0048	0,0054	0,0061	0,0068
	h	7,0338	8,7392	10,4446	12,1499	13,8553	15,5607	17,2660	18,9714	20,6768	22,3822	24,0875
8	v	0,8980	0,8991	0,9001	0,9012	0,9022	0,9033	0,9043	0,9054	0,9064	0,9075	0,9085
	p	0,0000	0,1080	0,2160	0,3240	0,4320	0,5400	0,6479	0,7559	0,8639	0,9719	1,0799
	w	0,0000	0,0007	0,0015	0,0022	0,0029	0,0036	0,0044	0,0051	0,0058	0,0066	0,0073
	h	8,0386	9,8676	11,6966	13,5256	15,3546	17,1836	19,0126	20,8416	22,6705	24,4995	26,3285
9	v	0,9012	0,9023	0,9035	0,9046	0,9057	0,9069	0,9080	0,9091	0,9103	0,9114	0,9125
	p	0,0000	0,1148	0,2297	0,3445	0,4593	0,5741	0,6890	0,8038	0,9186	1,0335	1,1483
	w	0,0000	0,0008	0,0016	0,0023	0,0031	0,0039	0,0047	0,0055	0,0062	0,0070	0,0078
	h	9,0435	11,0037	12,9639	14,9242	16,8844	18,8446	20,8049	22,7651	24,7253	26,6856	28,6458
10	v	0,9044	0,9056	0,9068	0,9080	0,9093	0,9105	0,9117	0,9129	0,9141	0,9153	0,9166
	p	0,0000	0,1228	0,2456	0,3685	0,4913	0,6141	0,7369	0,8597	0,9825	1,1054	1,2282
	w	0,0000	0,0008	0,0017	0,0025	0,0033	0,0042	0,0050	0,0059	0,0067	0,0075	0,0084
	h	10,0483	12,1474	14,2465	16,3456	18,4447	20,5439	22,6430	24,7421	26,8412	28,9403	31,0394
11	v	0,9076	0,9089	0,9102	0,9115	0,9128	0,9141	0,9154	0,9167	0,9180	0,9193	0,9206
	p	0,0000	0,1313	0,2626	0,3939	0,5252	0,6565	0,7878	0,9191	1,0504	1,1817	1,3130
	w	0,0000	0,0009	0,0018	0,0027	0,0036	0,0045	0,0054	0,0063	0,0072	0,0080	0,0089
	h	11,0531	13,2988	15,5444	17,7900	20,0357	22,2813	24,5270	26,7726	29,0182	31,2639	33,5095
12	v	0,9108	0,9122	0,9136	0,9150	0,9164	0,9178	0,9192	0,9206	0,9220	0,9234	0,9248
	p	0,0000	0,1403	0,2806	0,4208	0,5611	0,7014	0,8417	0,9820	1,1223	1,2625	1,4028
	w	0,0000	0,0010	0,0019	0,0029	0,0038	0,0048	0,0057	0,0067	0,0076	0,0086	0,0096
	h	12,0580	14,4603	16,8626	19,2650	21,6673	24,0696	26,4720	28,8743	31,2766	33,6790	36,0813
13	v	0,9140	0,9155	0,9170	0,9185	0,9200	0,9215	0,9230	0,9245	0,9260	0,9275	0,9290
	p	0,0000	0,1498	0,2996	0,4494	0,5992	0,7490	0,8988	1,0486	1,1984	1,3483	1,4981
	w	0,0000	0,0010	0,0020	0,0031	0,0041	0,0051	0,0061	0,0072	0,0082	0,0092	0,0102
	h	13,0628	15,6320	18,2012	20,7704	23,3396	25,9088	28,4780	31,0472	33,6164	36,1856	38,7548
14	v	0,9172	0,9188	0,9204	0,9220	0,9236	0,9252	0,9268	0,9284	0,9301	0,9317	0,9333
	p	0,0000	0,1598	0,3197	0,4795	0,6394	0,7992	0,9590	1,1189	1,2787	1,4386	1,5984
	w	0,0000	0,0011	0,0022	0,0033	0,0044	0,0055	0,0066	0,0076	0,0087	0,0098	0,0109
	h	14,0676	16,8139	19,5602	22,3064	25,0527	27,7990	30,5452	33,2915	36,0378	38,7841	41,5303
15	v	0,9204	0,9221	0,9238	0,9255	0,9273	0,9290	0,9307	0,9325	0,9342	0,9359	0,9376
	p	0,0000	0,1706	0,3411	0,5117	0,6823	0,8529	1,0234	1,1940	1,3646	1,5352	1,7057
	w	0,0000	0,0012	0,0023	0,0035	0,0047	0,0058	0,0070	0,0082	0,0093	0,0105	0,0117
	h	15,0725	18,0085	20,9446	23,8806	26,8167	29,7527	32,6888	35,6248	38,5609	41,4969	44,4330
16	v	0,9236	0,9254	0,9273	0,9291	0,9310	0,9328	0,9347	0,9365	0,9384	0,9402	0,9421
	p	0,0000	0,1819	0,3638	0,5456	0,7275	0,9094	1,0913	1,2731	1,4550	1,6369	1,8188
	w	0,0000	0,0012	0,0025	0,0037	0,0050	0,0062	0,0075	0,0087	0,0100	0,0112	0,0125
	h	16,0773	19,2133	22,3494	25,4855	28,6215	31,7576	34,8936	38,0297	41,1657	44,3018	47,4379
17	v	0,9268	0,9287	0,9307	0,9327	0,9347	0,9367	0,9386	0,9406	0,9426	0,9446	0,9466
	p	0,0000	0,1938	0,3877	0,5815	0,7753	0,9691	1,1630	1,3568	1,5506	1,7445	1,9383
	w	0,0000	0,0013	0,0027	0,0040	0,0053	0,0066	0,0080	0,0093	0,0106	0,0120	0,0133
	h	17,0821	20,4284	23,7747	27,1210	30,4673	33,8136	37,1598	40,5061	43,8524	47,1987	50,5450
18	v	0,9299	0,9321	0,9342	0,9363	0,9384	0,9405	0,9427	0,9448	0,9469	0,9490	0,9511
	p	0,0000	0,2065	0,4129	0,6194	0,8259	1,0323	1,2388	1,4453	1,6517	1,8582	2,0647
	w	0,0000	0,0014	0,0028	0,0043	0,0057	0,0071	0,0085	0,0099	0,0113	0,0128	0,0142
	h	18,0869	21,6587	25,2305	28,8023	32,3741	35,9459	39,5177	43,0895	46,6613	50,2331	53,8049
19	v	0,9331	0,9354	0,9377	0,9399	0,9422	0,9445	0,9468	0,9490	0,9513	0,9536	0,9558
	p	0,0000	0,2192	0,4384	0,6575	0,8767	1,0959	1,3151	1,5343	1,7534	1,9726	2,1918
	w	0,0000	0,0015	0,0030	0,0045	0,0060	0,0076	0,0091	0,0106	0,0121	0,0136	0,0151
	h	19,0918	22,9019	26,7119	30,5220	34,3321	38,1422	41,9523	45,7624	49,5725	53,3826	57,1927
20	v	0,9363	0,9388	0,9412	0,9436	0,9460	0,9485	0,9509	0,9533	0,9557	0,9582	0,9606
	p	0,0000	0,2339	0,4678	0,7018	0,9357	1,1696	1,4035	1,6374	1,8714	2,1053	2,3392
	w	0,0000	0,0016	0,0032	0,0048	0,0064	0,0081	0,0097	0,0113	0,0129	0,0145	0,0161
	h	20,0966	24,1578	28,2189	32,2801	36,3413	40,4024	44,4636	48,5248	52,5860	56,6471	60,7083

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
P: buhar basıncı (Pa)  
w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
h: özgül entalpi (kJ/kg)

Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 1000 metre irtifa

Tablo 3

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
21	v	0,9395	0,9421	0,9447	0,9473	0,9499	0,9525	0,9551	0,9577	0,9603	0,9629	0,9655
	p	0,0000	0,2488	0,4976	0,7464	0,9952	1,2441	1,4929	1,7417	1,9905	2,2393	2,4881
	w	0,0000	0,0017	0,0034	0,0052	0,0069	0,0086	0,0103	0,0120	0,0137	0,0155	0,0172
	h	21,1014	25,4315	29,7616	34,0917	38,4218	42,7519	47,0820	51,4121	55,7422	60,0724	64,4025
22	v	0,9427	0,9455	0,9483	0,9510	0,9538	0,9566	0,9593	0,9621	0,9649	0,9677	0,9704
	p	0,0000	0,2645	0,5290	0,7936	1,0581	1,3226	1,5871	1,8516	2,1162	2,3807	2,6452
	w	0,0000	0,0018	0,0037	0,0055	0,0073	0,0091	0,0110	0,0128	0,0146	0,0165	0,0183
	h	22,1063	26,7181	31,3300	35,9418	40,5537	45,1656	49,7774	54,3893	59,0011	63,6130	68,2249
23	v	0,9459	0,9489	0,9518	0,9548	0,9578	0,9607	0,9637	0,9666	0,9696	0,9726	0,9755
	p	0,0000	0,2811	0,5622	0,8433	1,1244	1,4055	1,6866	1,9677	2,2487	2,5298	2,8109
	w	0,0000	0,0019	0,0039	0,0058	0,0078	0,0097	0,0117	0,0136	0,0156	0,0175	0,0195
	h	23,1111	28,0226	32,9341	37,8456	42,7571	47,6686	52,5801	57,4917	62,4032	67,3147	72,2262
24	v	0,9491	0,9523	0,9554	0,9586	0,9618	0,9649	0,9681	0,9712	0,9744	0,9776	0,9807
	p	0,0000	0,2986	0,5971	0,8957	1,1943	1,4928	1,7914	2,0899	2,3885	2,6871	2,9856
	w	0,0000	0,0021	0,0041	0,0062	0,0083	0,0104	0,0124	0,0145	0,0166	0,0186	0,0207
	h	24,1159	29,3450	34,5741	39,8031	45,0322	50,2613	55,4903	60,7194	65,9485	71,1775	76,4066
25	v	0,9523	0,9557	0,9591	0,9624	0,9658	0,9692	0,9726	0,9759	0,9793	0,9827	0,9860
	p	0,0000	0,3170	0,6340	0,9509	1,2679	1,5849	1,9019	2,2188	2,5358	2,8528	3,1698
	w	0,0000	0,0022	0,0044	0,0066	0,0088	0,0110	0,0132	0,0154	0,0176	0,0198	0,0220
	h	25,1208	30,6878	36,2549	41,8220	47,3891	52,9562	58,5233	64,0903	69,6574	75,2245	80,7916
26	v	0,9555	0,9591	0,9627	0,9663	0,9699	0,9735	0,9771	0,9807	0,9843	0,9879	0,9915
	p	0,0000	0,3364	0,6727	1,0091	1,3455	1,6819	2,0182	2,3546	2,6910	3,0273	3,3637
	w	0,0000	0,0023	0,0047	0,0070	0,0094	0,0117	0,0141	0,0164	0,0188	0,0211	0,0234
	h	26,1256	32,0486	37,9717	43,8947	49,8178	55,7408	61,6639	67,5870	73,5100	79,4331	85,3561
27	v	0,9587	0,9625	0,9664	0,9702	0,9741	0,9779	0,9817	0,9856	0,9894	0,9933	0,9971
	p	0,0000	0,3568	0,7136	1,0704	1,4272	1,7840	2,1407	2,4975	2,8543	3,2111	3,5679
	w	0,0000	0,0025	0,0050	0,0075	0,0100	0,0125	0,0150	0,0174	0,0199	0,0224	0,0249
	h	27,1304	33,4299	39,7295	46,0290	52,3285	58,6280	64,9276	71,2271	77,5266	83,8262	90,1257
28	v	0,9619	0,9660	0,9701	0,9742	0,9783	0,9824	0,9865	0,9906	0,9946	0,9987	1,0028
	p	0,0000	0,3783	0,7566	1,1348	1,5131	1,8914	2,2697	2,6480	3,0262	3,4045	3,7828
	w	0,0000	0,0026	0,0053	0,0079	0,0106	0,0132	0,0159	0,0185	0,0212	0,0238	0,0265
	h	28,1352	34,8318	41,5283	48,2248	54,9213	61,6179	68,3144	75,0109	81,7075	88,4040	95,1005
29	v	0,9651	0,9694	0,9738	0,9782	0,9825	0,9869	0,9913	0,9956	1,0000	1,0044	1,0087
	p	0,0000	0,4009	0,8018	1,2027	1,6036	2,0045	2,4054	2,8062	3,2071	3,6080	4,0089
	w	0,0000	0,0028	0,0056	0,0084	0,0113	0,0141	0,0169	0,0197	0,0225	0,0253	0,0281
	h	29,1401	36,2592	43,3783	50,4975	57,6166	64,7358	71,8549	78,9740	86,0932	93,2123	100,3315
30	v	0,9683	0,9729	0,9776	0,9822	0,9869	0,9915	0,9962	1,0008	1,0055	1,0101	1,0148
	p	0,0000	0,4247	0,8493	1,2740	1,6987	2,1233	2,5480	2,9727	3,3974	3,8220	4,2467
	w	0,0000	0,0030	0,0060	0,0090	0,0120	0,0149	0,0179	0,0209	0,0239	0,0269	0,0299
	h	30,1449	37,7072	45,2696	52,8319	60,3942	67,9565	75,5189	83,0812	90,6435	98,2059	105,7682
31	v	0,9715	0,9764	0,9814	0,9863	0,9913	0,9962	1,0012	1,0062	1,0111	1,0161	1,0210
	p	0,0000	0,4497	0,8993	1,3490	1,7987	2,2483	2,6980	3,1476	3,5973	4,0470	4,4966
	w	0,0000	0,0032	0,0063	0,0095	0,0127	0,0159	0,0190	0,0222	0,0254	0,0286	0,0317
	h	31,1497	39,1834	47,2172	55,2509	63,2846	71,3183	79,3520	87,3858	95,4195	103,4532	111,4869
32	v	0,9747	0,9799	0,9852	0,9905	0,9958	1,0011	1,0063	1,0116	1,0169	1,0222	1,0275
	p	0,0000	0,4759	0,9519	1,4278	1,9037	2,3796	2,8556	3,3315	3,8074	4,2833	4,7593
	w	0,0000	0,0034	0,0067	0,0101	0,0135	0,0168	0,0202	0,0236	0,0270	0,0303	0,0337
	h	32,1546	40,6879	49,2212	57,7546	66,2879	74,8213	83,3546	91,8879	100,4213	108,9546	117,4880
33	v	0,9779	0,9835	0,9891	0,9947	1,0003	1,0060	1,0116	1,0172	1,0228	1,0284	1,0341
	p	0,0000	0,5035	1,0070	1,5105	2,0140	2,5175	3,0210	3,5246	4,0281	4,5316	5,0351
	w	0,0000	0,0036	0,0072	0,0107	0,0143	0,0179	0,0215	0,0250	0,0286	0,0322	0,0358
	h	33,1594	42,2181	51,2768	60,3355	69,3942	78,4529	87,5115	96,5702	105,6289	114,6876	123,7463
34	v	0,9810	0,9870	0,9930	0,9990	1,0050	1,0110	1,0169	1,0229	1,0289	1,0349	1,0409
	p	0,0000	0,5035	1,0070	1,5105	2,0140	2,5175	3,0210	3,5246	4,0281	4,5316	5,0351
	w	0,0000	0,0038	0,0076	0,0114	0,0152	0,0190	0,0228	0,0266	0,0303	0,0341	0,0379
	h	34,1642	43,7791	53,3940	63,0088	72,6237	82,2386	91,8535	101,4683	111,0832	120,6981	130,3130
35	v	0,9842	0,9906	0,9970	1,0033	1,0097	1,0161	1,0224	1,0288	1,0352	1,0416	1,0479
	p	0,0000	0,5629	1,1257	1,6886	2,2514	2,8143	3,3772	3,9400	4,5029	5,0658	5,6286
	w	0,0000	0,0040	0,0080	0,0121	0,0161	0,0201	0,0241	0,0282	0,0322	0,0362	0,0402
	h	35,1691	45,3735	55,5780	65,7824	75,9869	86,1914	96,3958	106,6003	116,8047	127,0092	137,2137

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)

P: buhar basıncı (Pa)

w: mutlak nem oranı (kg/kg)

h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014



Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 1000 metre irtifa

Tablo 4

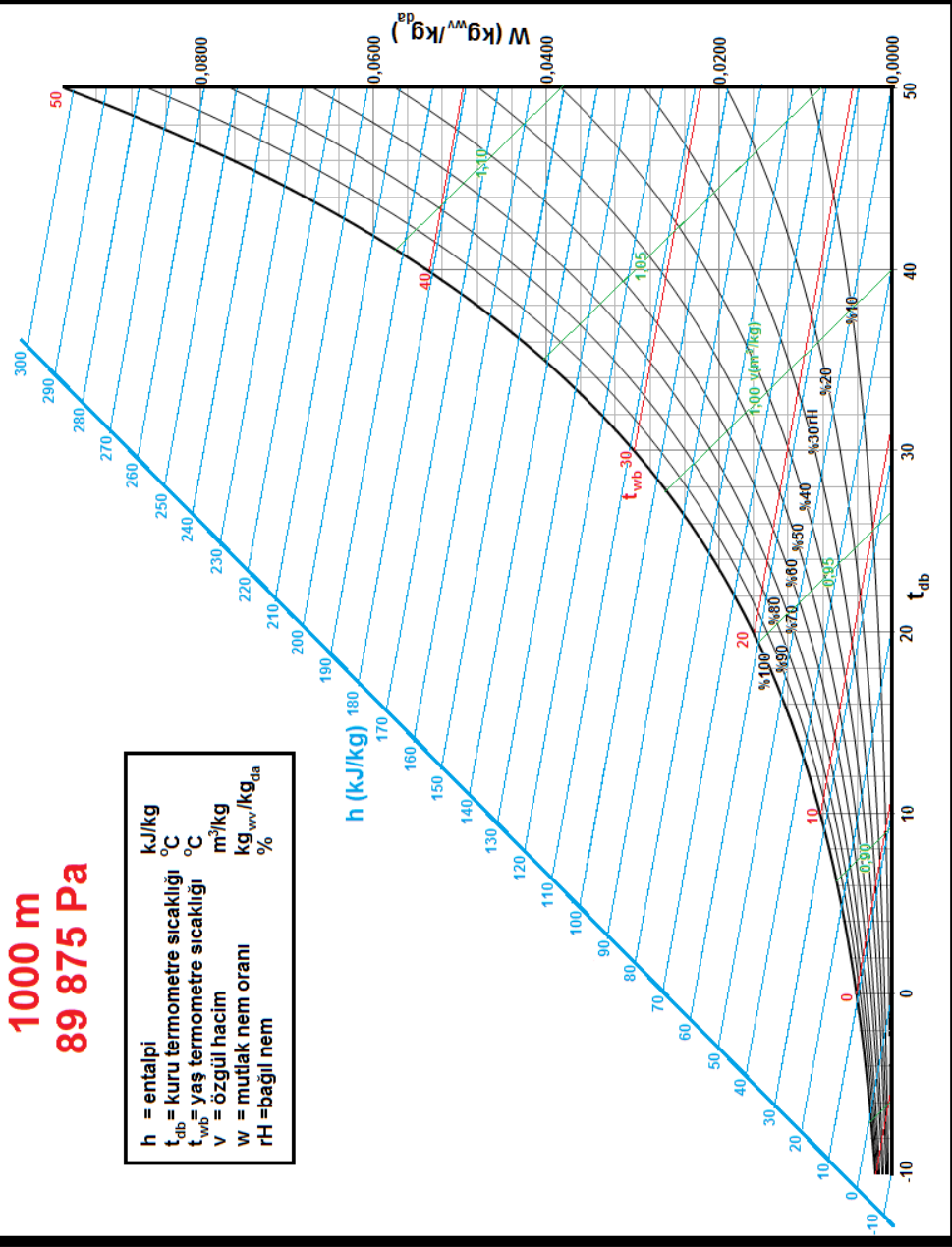
t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
36	v	0,9874	0,9942	1,0010	1,0078	1,0145	1,0213	1,0281	1,0349	1,0416	1,0484	1,0552
	p	0,0000	0,5947	1,1895	1,7842	2,3790	2,9737	3,5685	4,1632	4,7580	5,3527	5,9475
	w	0,0000	0,0043	0,0085	0,0128	0,0171	0,0213	0,0256	0,0299	0,0341	0,0384	0,0427
	h	36,1739	46,9988	57,8238	68,6487	79,4737	90,2986	101,1236	111,9485	122,7735	133,5985	144,4234
37	v	0,9906	0,9978	1,0050	1,0123	1,0195	1,0267	1,0339	1,0411	1,0483	1,0555	1,0627
	p	0,0000	0,6282	1,2564	1,8846	2,5127	3,1409	3,7691	4,3973	5,0255	5,6537	6,2819
	w	0,0000	0,0045	0,0091	0,0136	0,0181	0,0226	0,0272	0,0317	0,0362	0,0407	0,0453
	h	37,1787	48,6627	60,1467	71,6307	83,1147	94,5987	106,0827	117,5667	129,0507	140,5347	152,0187
38	v	0,9938	1,0015	1,0092	1,0168	1,0245	1,0321	1,0398	1,0475	1,0551	1,0628	1,0705
	p	0,0000	0,6632	1,3265	1,9897	2,6529	3,3162	3,9794	4,6427	5,3059	5,9691	6,6324
	w	0,0000	0,0048	0,0096	0,0144	0,0192	0,0240	0,0288	0,0336	0,0384	0,0432	0,0480
	h	38,1835	50,3626	62,5417	74,7208	86,9000	99,0791	111,2582	123,4373	135,6164	147,7955	159,9746
39	v	0,9970	1,0052	1,0133	1,0215	1,0296	1,0378	1,0459	1,0541	1,0622	1,0704	1,0785
	p	0,0000	0,7000	1,3999	2,0999	2,7999	3,4998	4,1998	4,8998	5,5997	6,2997	6,9997
	w	0,0000	0,0051	0,0102	0,0153	0,0203	0,0254	0,0305	0,0356	0,0407	0,0458	0,0508
	h	39,1884	52,1012	65,0141	77,9269	90,8398	103,7526	116,6655	129,5783	142,4912	155,4040	168,3169
40	v	1,0002	1,0089	1,0175	1,0262	1,0349	1,0435	1,0522	1,0609	1,0695	1,0782	1,0869
	p	0,0000	0,7384	1,4769	2,2153	2,9538	3,6922	4,4307	5,1691	5,9075	6,6460	7,3844
	w	0,0000	0,0054	0,0108	0,0162	0,0216	0,0269	0,0323	0,0377	0,0431	0,0485	0,0539
	h	40,1932	53,8836	67,5739	81,2643	94,9547	108,6450	122,3354	136,0258	149,7162	163,4065	177,0969
41	v	1,0034	1,0126	1,0218	1,0310	1,0402	1,0495	1,0587	1,0679	1,0771	1,0863	1,0955
	p	0,0000	0,7787	1,5575	2,3362	3,1149	3,8937	4,6724	5,4511	6,2298	7,0086	7,7873
	w	0,0000	0,0057	0,0114	0,0171	0,0228	0,0285	0,0343	0,0400	0,0457	0,0514	0,0571
	h	41,1980	55,7097	70,2214	84,7332	99,2449	113,7566	128,2683	142,7800	157,2917	171,8034	186,3151
42	v	1,0066	1,0164	1,0262	1,0360	1,0458	1,0555	1,0653	1,0751	1,0849	1,0947	1,1045
	p	0,0000	0,8209	1,6418	2,4627	3,2836	4,1045	4,9254	5,7463	6,5672	7,3881	8,2090
	w	0,0000	0,0060	0,0121	0,0181	0,0242	0,0302	0,0363	0,0423	0,0484	0,0544	0,0605
	h	42,2029	57,5823	72,9618	88,3412	103,7207	119,1002	134,4796	149,8591	165,2385	180,6180	195,9975
43	v	1,0098	1,0202	1,0306	1,0410	1,0514	1,0618	1,0722	1,0826	1,0930	1,1034	1,1138
	p	0,0000	0,8650	1,7301	2,5951	3,4601	4,3251	5,1902	6,0552	6,9202	7,7852	8,6503
	w	0,0000	0,0064	0,0128	0,0192	0,0256	0,0320	0,0384	0,0448	0,0513	0,0577	0,0641
	h	43,2077	59,5065	75,8052	92,1040	108,4028	124,7015	141,0003	157,2991	173,5978	189,8966	206,1954
44	v	1,0130	1,0240	1,0351	1,0461	1,0572	1,0682	1,0793	1,0904	1,1014	1,1125	1,1235
	p	0,0000	0,9112	1,8224	2,7335	3,6447	4,5559	5,4671	6,3783	7,2894	8,2006	9,1118
	w	0,0000	0,0068	0,0136	0,0204	0,0271	0,0339	0,0407	0,0475	0,0543	0,0611	0,0679
	h	44,2125	61,4822	78,7519	96,0216	113,2913	130,5610	147,8307	165,1004	182,3701	199,6397	216,9094
45	v	1,0162	1,0279	1,0397	1,0514	1,0632	1,0749	1,0866	1,0984	1,1101	1,1219	1,1336
	p	0,0000	0,9594	1,9189	2,8783	3,8378	4,7972	5,7566	6,7161	7,6755	8,6350	9,5944
	w	0,0000	0,0072	0,0144	0,0216	0,0287	0,0359	0,0431	0,0503	0,0575	0,0647	0,0719
	h	45,2174	63,5147	81,8121	100,1095	118,4069	136,7043	155,0016	173,2990	191,5964	209,8938	228,1912
46	v	1,0194	1,0319	1,0443	1,0568	1,0693	1,0817	1,0942	1,1067	1,1192	1,1316	1,1441
	p	0,0000	1,0099	2,0198	3,0296	4,0395	5,0494	6,0593	7,0692	8,0790	9,0889	10,0988
	w	0,0000	0,0076	0,0152	0,0228	0,0304	0,0381	0,0457	0,0533	0,0609	0,0685	0,0761
	h	46,2222	65,6066	84,9911	104,3755	123,7600	143,1445	162,5289	181,9134	201,2978	220,6823	240,0667
47	v	1,0226	1,0358	1,0491	1,0623	1,0756	1,0888	1,1021	1,1153	1,1286	1,1418	1,1551
	p	0,0000	1,0626	2,1252	3,1878	4,2503	5,3129	6,3755	7,4381	8,5007	9,5633	10,6259
	w	0,0000	0,0081	0,0161	0,0242	0,0322	0,0403	0,0484	0,0564	0,0645	0,0725	0,0806
	h	47,2270	67,7605	88,2941	108,8276	129,3611	149,8946	170,4282	190,9617	211,4952	232,0287	252,5623
48	v	1,0258	1,0398	1,0539	1,0680	1,0821	1,0961	1,1102	1,1243	1,1384	1,1524	1,1665
	p	0,0000	1,1176	2,2353	3,3529	4,4706	5,5882	6,7058	7,8235	8,9411	10,0588	11,1764
	w	0,0000	0,0085	0,0171	0,0256	0,0341	0,0427	0,0512	0,0597	0,0683	0,0768	0,0853
	h	48,2318	69,9842	91,7365	113,4888	135,2411	156,9934	178,7457	200,4980	222,2503	244,0027	265,7550
49	v	1,0290	1,0439	1,0589	1,0738	1,0888	1,1037	1,1187	1,1336	1,1486	1,1635	1,1785
	p	0,0000	1,1751	2,3502	3,5254	4,7005	5,8756	7,0507	8,2259	9,4010	10,5761	11,7512
	w	0,0000	0,0090	0,0181	0,0271	0,0361	0,0452	0,0542	0,0633	0,0723	0,0813	0,0904
	h	49,2367	72,2801	95,3236	118,3670	141,4105	164,4539	187,4973	210,5408	233,5842	256,6277	279,6711
50	v	1,0322	1,0480	1,0639	1,0798	1,0957	1,1115	1,1274	1,1433	1,1592	1,1751	1,1909
	p	0,0000	1,2351	2,4703	3,7054	4,9405	6,1756	7,4108	8,6459	9,8810	11,1161	12,3513
	w	0,0000	0,0096	0,0191	0,0287	0,0383	0,0478	0,0574	0,0670	0,0766	0,0861	0,0957
	h	50,2415	74,6511	99,0606	123,4702	147,8797	172,2893	196,6989	221,1084	245,5180	269,9276	294,3371

v : özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
P : buhar basıncı (Pa)  
w : mutlak nem oranı (kg/kg)  
h : özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

**DENİZ SEVİYESİNDEN**  
**1000 m**  
**89 875 Pa**

$h$	= entalpi	$\text{kJ/kg}$
$t_{db}$	= kuru termometre sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$
$t_{wb}$	= yaş termometre sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$
$V$	= özgül hacim	$\text{m}^3/\text{kg}$
$w$	= mutlak nem oranı	$\text{kg}_{vv}/\text{kg}_{da}$
$rH$	= bağıl nem	%



Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 1500 metre irtifa Tablo-1

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
-10	v	0,8934	0,8937	0,8940	0,8943	0,8946	0,8949	0,8952	0,8955	0,8958	0,8961	0,8964
	p	0,0000	0,0260	0,0520	0,0780	0,1040	0,1300	0,1559	0,1819	0,2079	0,2339	0,2599
	w	0,0000	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,0011	0,0013	0,0015	0,0017	0,0019	0,0021
	h	-10,0483	-9,5227	-8,9971	-8,4716	-7,9460	-7,4204	-6,8948	-6,3692	-5,8437	-5,3181	-4,7925
-9	v	0,8968	0,8971	0,8974	0,8978	0,8981	0,8984	0,8988	0,8991	0,8994	0,8998	0,9001
	p	0,0000	0,0284	0,0568	0,0852	0,1136	0,1420	0,1703	0,1987	0,2271	0,2555	0,2839
	w	0,0000	0,0002	0,0005	0,0007	0,0009	0,0011	0,0014	0,0016	0,0018	0,0021	0,0023
	h	-9,0435	-8,4728	-7,9022	-7,3315	-6,7609	-6,1902	-5,6196	-5,0490	-4,4783	-3,9077	-3,3370
-8	v	0,9002	0,9005	0,9009	0,9013	0,9016	0,9020	0,9023	0,9027	0,9030	0,9034	0,9038
	p	0,0000	0,0310	0,0620	0,0930	0,1240	0,1550	0,1859	0,2169	0,2479	0,2789	0,3099
	w	0,0000	0,0002	0,0005	0,0007	0,0010	0,0012	0,0015	0,0017	0,0020	0,0022	0,0025
	h	-8,0386	-7,4229	-6,8071	-6,1914	-5,5757	-4,9599	-4,3442	-3,7284	-3,1127	-2,4969	-1,8812
-7	v	0,9036	0,9040	0,9043	0,9047	0,9051	0,9055	0,9059	0,9063	0,9067	0,9071	0,9075
	p	0,0000	0,0338	0,0676	0,1015	0,1353	0,1691	0,2029	0,2367	0,2706	0,3044	0,3382
	w	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008	0,0011	0,0013	0,0016	0,0019	0,0021	0,0024	0,0027
	h	-7,0338	-6,3679	-5,7021	-5,0362	-4,3703	-3,7045	-3,0386	-2,3727	-1,7068	-1,0410	-0,3751
-6	v	0,9070	0,9074	0,9078	0,9082	0,9087	0,9091	0,9095	0,9099	0,9103	0,9108	0,9112
	p	0,0000	0,0369	0,0737	0,1106	0,1475	0,1844	0,2212	0,2581	0,2950	0,3318	0,3687
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009	0,0012	0,0014	0,0017	0,0020	0,0023	0,0026	0,0029
	h	-6,0290	-5,3080	-4,5869	-3,8659	-3,1449	-2,4238	-1,7028	-0,9818	-0,2608	0,4603	1,1813
-5	v	0,9104	0,9108	0,9113	0,9117	0,9122	0,9126	0,9131	0,9136	0,9140	0,9145	0,9149
	p	0,0000	0,0402	0,0803	0,1205	0,1607	0,2009	0,2410	0,2812	0,3214	0,3615	0,4017
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009	0,0012	0,0016	0,0019	0,0022	0,0025	0,0028	0,0031
	h	-5,0242	-4,2454	-3,4667	-2,6880	-1,9093	-1,1305	-0,3518	0,4269	1,2056	1,9843	2,7631
-4	v	0,9138	0,9143	0,9147	0,9152	0,9157	0,9162	0,9167	0,9172	0,9177	0,9182	0,9187
	p	0,0000	0,0438	0,0875	0,1313	0,1750	0,2188	0,2625	0,3063	0,3500	0,3938	0,4375
	w	0,0000	0,0003	0,0007	0,0010	0,0013	0,0017	0,0020	0,0024	0,0027	0,0030	0,0034
	h	-4,0193	-3,1804	-2,3414	-1,5024	-0,6635	0,1755	1,0144	1,8534	2,6923	3,5313	4,3703
-3	v	0,9172	0,9177	0,9182	0,9188	0,9193	0,9198	0,9204	0,9209	0,9214	0,9220	0,9225
	p	0,0000	0,0476	0,0952	0,1428	0,1904	0,2380	0,2856	0,3332	0,3808	0,4284	0,4760
	w	0,0000	0,0004	0,0007	0,0011	0,0015	0,0018	0,0022	0,0025	0,0029	0,0033	0,0036
	h	-3,0145	-2,1078	-1,2010	-0,2943	0,6125	1,5192	2,4259	3,3327	4,2394	5,1461	6,0529
-2	v	0,9205	0,9211	0,9217	0,9223	0,9229	0,9234	0,9240	0,9246	0,9252	0,9258	0,9263
	p	0,0000	0,0518	0,1035	0,1553	0,2071	0,2589	0,3106	0,3624	0,4142	0,4659	0,5177
	w	0,0000	0,0004	0,0008	0,0012	0,0016	0,0020	0,0023	0,0027	0,0031	0,0035	0,0039
	h	-2,0097	-1,0326	-0,0555	0,9215	1,8986	2,8757	3,8528	4,8298	5,8069	6,7840	7,7610
-1	v	0,9239	0,9246	0,9252	0,9258	0,9264	0,9271	0,9277	0,9283	0,9289	0,9296	0,9302
	p	0,0000	0,0563	0,1125	0,1688	0,2251	0,2814	0,3376	0,3939	0,4502	0,5064	0,5627
	w	0,0000	0,0004	0,0008	0,0013	0,0017	0,0021	0,0025	0,0029	0,0034	0,0038	0,0042
	h	-1,0048	0,0476	1,1001	2,1525	3,2050	4,2575	5,3099	6,3624	7,4148	8,4673	9,5197
0	v	0,9273	0,9280	0,9287	0,9294	0,9300	0,9307	0,9314	0,9321	0,9327	0,9334	0,9341
	p	0,0000	0,0611	0,1222	0,1833	0,2444	0,3055	0,3666	0,4277	0,4888	0,5499	0,6110
	w	0,0000	0,0005	0,0009	0,0014	0,0018	0,0023	0,0027	0,0032	0,0036	0,0041	0,0045
	h	0,0000	1,1329	2,2658	3,3987	4,5316	5,6645	6,7974	7,9304	9,0633	10,1962	11,3291
1	v	0,9307	0,9315	0,9322	0,9329	0,9336	0,9344	0,9351	0,9358	0,9366	0,9373	0,9380
	p	0,0000	0,0657	0,1314	0,1971	0,2628	0,3285	0,3942	0,4599	0,5256	0,5913	0,6570
	w	0,0000	0,0005	0,0010	0,0015	0,0019	0,0024	0,0029	0,0034	0,0039	0,0044	0,0049
	h	1,0048	2,2233	3,4417	4,6601	5,8785	7,0970	8,3154	9,5338	10,7522	11,9707	13,1891
2	v	0,9341	0,9349	0,9357	0,9365	0,9373	0,9381	0,9388	0,9396	0,9404	0,9412	0,9420
	p	0,0000	0,0710	0,1420	0,2130	0,2840	0,3550	0,4259	0,4969	0,5679	0,6389	0,7099
	w	0,0000	0,0005	0,0010	0,0016	0,0021	0,0026	0,0031	0,0037	0,0042	0,0047	0,0052
	h	2,0097	3,3212	4,6327	5,9442	7,2557	8,5673	9,8788	11,1903	12,5018	13,8133	15,1249
3	v	0,9375	0,9384	0,9392	0,9401	0,9409	0,9418	0,9426	0,9435	0,9443	0,9452	0,9460
	p	0,0000	0,0758	0,1516	0,2274	0,3032	0,3790	0,4548	0,5307	0,6065	0,6823	0,7581
	w	0,0000	0,0006	0,0011	0,0017	0,0023	0,0028	0,0034	0,0039	0,0045	0,0051	0,0056
	h	3,0145	4,4242	5,8339	7,2436	8,6533	10,0630	11,4727	12,8824	14,2921	15,7018	17,1114
4	v	0,9409	0,9418	0,9427	0,9437	0,9446	0,9455	0,9464	0,9473	0,9482	0,9491	0,9501
	p	0,0000	0,0814	0,1627	0,2441	0,3254	0,4068	0,4881	0,5695	0,6508	0,7322	0,8136
	w	0,0000	0,0006	0,0012	0,0018	0,0024	0,0030	0,0036	0,0042	0,0048	0,0054	0,0060
	h	4,0193	5,5323	7,0452	8,5582	10,0712	11,5841	13,0971	14,6100	16,1230	17,6360	19,1489
5	v	0,9443	0,9453	0,9463	0,9473	0,9483	0,9492	0,9502	0,9512	0,9522	0,9532	0,9542
	p	0,0000	0,0873	0,1745	0,2618	0,3490	0,4363	0,5235	0,6108	0,6981	0,7853	0,8726
	w	0,0000	0,0006	0,0013	0,0019	0,0026	0,0032	0,0039	0,0045	0,0052	0,0058	0,0065
	h	5,0242	6,6505	8,2768	9,9031	11,5295	13,1558	14,7821	16,4085	18,0348	19,6611	21,2874

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
 P : buhar basıncı (Pa)  
 w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
 h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014



Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 1500 metre irtifa Tablo-2

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
6	v	0,9477	0,9488	0,9498	0,9509	0,9519	0,9530	0,9541	0,9551	0,9562	0,9573	0,9583
	p	0,0000	0,0935	0,1871	0,2806	0,3741	0,4677	0,5612	0,6547	0,7483	0,8418	0,9354
	w	0,0000	0,0007	0,0014	0,0021	0,0028	0,0035	0,0042	0,0049	0,0056	0,0063	0,0070
	h	6,0290	7,7738	9,5186	11,2634	13,0082	14,7530	16,4978	18,2426	19,9874	21,7322	23,4770
7	v	0,9511	0,9522	0,9534	0,9545	0,9557	0,9568	0,9579	0,9591	0,9602	0,9614	0,9625
	p	0,0000	0,1002	0,2004	0,3006	0,4008	0,5010	0,6013	0,7015	0,8017	0,9019	1,0021
	w	0,0000	0,0007	0,0015	0,0022	0,0030	0,0037	0,0045	0,0052	0,0060	0,0067	0,0075
	h	7,0338	8,9047	10,7756	12,6465	14,5174	16,3883	18,2592	20,1301	22,0010	23,8719	25,7427
8	v	0,9545	0,9557	0,9570	0,9582	0,9594	0,9606	0,9619	0,9631	0,9643	0,9655	0,9668
	p	0,0000	0,1080	0,2160	0,3240	0,4320	0,5400	0,6479	0,7559	0,8639	0,9719	1,0799
	w	0,0000	0,0008	0,0016	0,0024	0,0032	0,0040	0,0048	0,0056	0,0064	0,0072	0,0080
	h	8,0386	10,0458	12,0529	14,0600	16,0671	18,0742	20,0814	22,0885	24,0956	26,1027	28,1098
9	v	0,9579	0,9592	0,9605	0,9618	0,9632	0,9645	0,9658	0,9671	0,9684	0,9698	0,9711
	p	0,0000	0,1148	0,2297	0,3445	0,4593	0,5741	0,6890	0,8038	0,9186	1,0335	1,1483
	w	0,0000	0,0009	0,0017	0,0026	0,0034	0,0043	0,0051	0,0060	0,0068	0,0077	0,0086
	h	9,0435	11,1919	13,3404	15,4889	17,6374	19,7858	21,9343	24,0828	26,2313	28,3797	30,5282
10	v	0,9613	0,9627	0,9641	0,9655	0,9670	0,9684	0,9698	0,9712	0,9726	0,9740	0,9755
	p	0,0000	0,1228	0,2456	0,3685	0,4913	0,6141	0,7369	0,8597	0,9825	1,1054	1,2282
	w	0,0000	0,0009	0,0018	0,0028	0,0037	0,0046	0,0055	0,0064	0,0073	0,0083	0,0092
	h	10,0483	12,3508	14,6533	16,9558	19,2583	21,5608	23,8633	26,1658	28,4683	30,7708	33,0733
11	v	0,9647	0,9662	0,9677	0,9692	0,9708	0,9723	0,9738	0,9753	0,9769	0,9784	0,9799
	p	0,0000	0,1313	0,2626	0,3939	0,5252	0,6565	0,7878	0,9191	1,0504	1,1817	1,3130
	w	0,0000	0,0010	0,0020	0,0029	0,0039	0,0049	0,0059	0,0069	0,0078	0,0088	0,0098
	h	11,0531	13,5173	15,9815	18,4457	20,9098	23,3740	25,8382	28,3023	30,7665	33,2307	35,6949
12	v	0,9681	0,9697	0,9713	0,9730	0,9746	0,9762	0,9779	0,9795	0,9811	0,9828	0,9844
	p	0,0000	0,1403	0,2806	0,4208	0,5611	0,7014	0,8417	0,9820	1,1223	1,2625	1,4028
	w	0,0000	0,0010	0,0021	0,0031	0,0042	0,0052	0,0063	0,0073	0,0084	0,0094	0,0105
	h	12,0580	14,6940	17,3300	19,9661	22,6021	25,2381	27,8742	30,5102	33,1462	35,7822	38,4183
13	v	0,9715	0,9732	0,9750	0,9767	0,9785	0,9802	0,9820	0,9837	0,9855	0,9872	0,9890
	p	0,0000	0,1498	0,2996	0,4494	0,5992	0,7490	0,8988	1,0486	1,1984	1,3483	1,4981
	w	0,0000	0,0011	0,0022	0,0034	0,0045	0,0056	0,0067	0,0079	0,0090	0,0101	0,0112
	h	13,0628	15,8834	18,7040	21,5246	24,3452	27,1658	29,9864	32,8070	35,6276	38,4482	41,2687
14	v	0,9749	0,9767	0,9786	0,9805	0,9824	0,9843	0,9861	0,9880	0,9899	0,9918	0,9937
	p	0,0000	0,1598	0,3197	0,4795	0,6394	0,7992	0,9590	1,1189	1,2787	1,4386	1,5984
	w	0,0000	0,0012	0,0024	0,0036	0,0048	0,0060	0,0072	0,0084	0,0096	0,0108	0,0120
	h	14,0676	17,0830	20,0984	23,1137	26,1291	29,1444	32,1598	35,1752	38,1905	41,2059	44,2213
15	v	0,9783	0,9803	0,9823	0,9843	0,9863	0,9883	0,9903	0,9924	0,9944	0,9964	0,9984
	p	0,0000	0,1706	0,3411	0,5117	0,6823	0,8529	1,0234	1,1940	1,3646	1,5352	1,7057
	w	0,0000	0,0013	0,0026	0,0038	0,0051	0,0064	0,0077	0,0090	0,0102	0,0115	0,0128
	h	15,0725	18,2953	21,5182	24,7411	27,9639	31,1868	34,4097	37,6325	40,8554	44,0783	47,3011
16	v	0,9817	0,9838	0,9860	0,9881	0,9903	0,9924	0,9946	0,9968	0,9989	1,0011	1,0032
	p	0,0000	0,1819	0,3638	0,5456	0,7275	0,9094	1,0913	1,2731	1,4550	1,6369	1,8188
	w	0,0000	0,0014	0,0027	0,0041	0,0055	0,0068	0,0082	0,0096	0,0109	0,0123	0,0137
	h	16,0773	19,5179	22,9585	26,3991	29,8397	33,2803	36,7209	40,1615	43,6021	47,0427	50,4833
17	v	0,9850	0,9874	0,9897	0,9920	0,9943	0,9966	0,9989	1,0012	1,0035	1,0058	1,0082
	p	0,0000	0,1938	0,3877	0,5815	0,7753	0,9691	1,1630	1,3568	1,5506	1,7445	1,9383
	w	0,0000	0,0015	0,0029	0,0044	0,0058	0,0073	0,0088	0,0102	0,0117	0,0131	0,0146
	h	17,0821	20,7557	24,4293	28,1030	31,7766	35,4502	39,1238	42,7974	46,4710	50,1447	53,8183
18	v	0,9884	0,9909	0,9934	0,9959	0,9983	1,0008	1,0033	1,0058	1,0082	1,0107	1,0132
	p	0,0000	0,2065	0,4129	0,6194	0,8259	1,0323	1,2388	1,4453	1,6517	1,8582	2,0647
	w	0,0000	0,0016	0,0031	0,0047	0,0062	0,0078	0,0093	0,0109	0,0125	0,0140	0,0156
	h	18,0869	22,0089	25,9308	29,8527	33,7746	37,6966	41,6185	45,5404	49,4624	53,3843	57,3062
19	v	0,9918	0,9945	0,9971	0,9998	1,0024	1,0051	1,0077	1,0104	1,0130	1,0157	1,0183
	p	0,0000	0,2192	0,4384	0,6575	0,8767	1,0959	1,3151	1,5343	1,7534	1,9726	2,1918
	w	0,0000	0,0017	0,0033	0,0050	0,0066	0,0083	0,0100	0,0116	0,0133	0,0149	0,0166
	h	19,0918	23,2748	27,4578	31,6409	35,8239	40,0069	44,1900	48,3730	52,5560	56,7391	60,9221
20	v	0,9952	0,9981	1,0009	1,0037	1,0066	1,0094	1,0122	1,0151	1,0179	1,0207	1,0236
	p	0,0000	0,2339	0,4678	0,7018	0,9357	1,1696	1,4035	1,6374	1,8714	2,1053	2,3392
	w	0,0000	0,0018	0,0035	0,0053	0,0071	0,0089	0,0106	0,0124	0,0142	0,0159	0,0177
	h	20,0966	24,5586	29,0206	33,4826	37,9446	42,4066	46,8686	51,3306	55,7925	60,2545	64,7165

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
P: buhar basıncı (Pa)  
w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 1500 metre irtifa

Tablo-3

t	C	Bağıl Nem -RH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
21	v	0,9986	1,0017	1,0047	1,0077	1,0107	1,0138	1,0168	1,0198	1,0229	1,0259	1,0289
	p	0,0000	0,2488	0,4976	0,7464	0,9952	1,2441	1,4929	1,7417	1,9905	2,2393	2,4881
	w	0,0000	0,0019	0,0038	0,0057	0,0075	0,0094	0,0113	0,0132	0,0151	0,0170	0,0189
	h	21,1014	25,8577	30,6140	35,3703	40,1266	44,8829	49,6393	54,3956	59,1519	63,9082	68,6645
22	v	1,0020	1,0053	1,0085	1,0117	1,0150	1,0182	1,0214	1,0247	1,0279	1,0312	1,0344
	p	0,0000	0,2645	0,5290	0,7936	1,0581	1,3226	1,5871	1,8516	2,1162	2,3807	2,6452
	w	0,0000	0,0020	0,0040	0,0060	0,0080	0,0100	0,0121	0,0141	0,0161	0,0181	0,0201
	h	22,1063	27,1748	32,2433	37,3118	42,3803	47,4488	52,5173	57,5858	62,6543	67,7228	72,7913
23	v	1,0054	1,0089	1,0123	1,0158	1,0192	1,0227	1,0262	1,0296	1,0331	1,0365	1,0400
	p	0,0000	0,2811	0,5622	0,8433	1,1244	1,4055	1,6866	1,9676	2,2487	2,5298	2,8109
	w	0,0000	0,0021	0,0043	0,0064	0,0086	0,0107	0,0128	0,0150	0,0171	0,0193	0,0214
	h	23,1111	28,5097	33,9083	39,3070	44,7056	50,1042	55,5028	60,9014	66,3001	71,6987	77,0973
24	v	1,0088	1,0125	1,0162	1,0199	1,0236	1,0273	1,0310	1,0347	1,0384	1,0421	1,0457
	p	0,0000	0,2986	0,5971	0,8957	1,1943	1,4928	1,7914	2,0899	2,3885	2,6871	2,9856
	w	0,0000	0,0023	0,0046	0,0068	0,0091	0,0114	0,0137	0,0159	0,0182	0,0205	0,0228
	h	24,1159	29,8651	35,6143	41,3635	47,1127	52,8619	58,6111	64,3603	70,1095	75,8587	81,6079
25	v	1,0122	1,0162	1,0201	1,0240	1,0280	1,0319	1,0359	1,0398	1,0438	1,0477	1,0516
	p	0,0000	0,3170	0,6340	0,9509	1,2679	1,5849	1,9019	2,2188	2,5358	2,8528	3,1698
	w	0,0000	0,0024	0,0048	0,0073	0,0097	0,0121	0,0145	0,0170	0,0194	0,0218	0,0242
	h	25,1208	31,2410	37,3613	43,4815	49,6018	55,7220	61,8423	67,9625	74,0828	80,2031	86,3233
26	v	1,0156	1,0198	1,0240	1,0282	1,0324	1,0366	1,0409	1,0451	1,0493	1,0535	1,0577
	p	0,0000	0,3364	0,6727	1,0091	1,3455	1,6819	2,0182	2,3546	2,6910	3,0273	3,3637
	w	0,0000	0,0026	0,0052	0,0077	0,0103	0,0129	0,0155	0,0180	0,0206	0,0232	0,0258
	h	26,1256	32,6374	39,1492	45,6610	52,1729	58,6847	65,1965	71,7083	78,2202	84,7320	91,2438
27	v	1,0190	1,0235	1,0280	1,0325	1,0370	1,0414	1,0459	1,0504	1,0549	1,0594	1,0639
	p	0,0000	0,3568	0,7136	1,0704	1,4272	1,7840	2,1407	2,4975	2,8543	3,2111	3,5679
	w	0,0000	0,0027	0,0055	0,0082	0,0110	0,0137	0,0164	0,0192	0,0219	0,0247	0,0274
	h	27,1304	34,0569	40,9833	47,9097	54,8362	61,7626	68,6891	75,6155	82,5420	89,4684	96,3949
28	v	1,0224	1,0272	1,0320	1,0368	1,0415	1,0463	1,0511	1,0559	1,0607	1,0655	1,0703
	p	0,0000	0,3783	0,7566	1,1348	1,5131	1,8914	2,2697	2,6480	3,0262	3,4045	3,7828
	w	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0117	0,0146	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291
	h	28,1352	35,5019	42,8686	50,2353	57,6020	64,9687	72,3354	79,7020	87,0687	94,4354	101,8021
29	v	1,0258	1,0309	1,0360	1,0411	1,0462	1,0513	1,0564	1,0615	1,0666	1,0717	1,0768
	p	0,0000	0,4009	0,8018	1,2027	1,6036	2,0045	2,4054	2,8062	3,2071	3,6080	4,0089
	w	0,0000	0,0031	0,0062	0,0093	0,0124	0,0155	0,0186	0,0217	0,0248	0,0279	0,0310
	h	29,1401	36,9726	44,8052	52,6378	60,4704	68,3029	76,1355	83,9681	91,8006	99,6332	107,4658
30	v	1,0292	1,0346	1,0401	1,0455	1,0510	1,0564	1,0618	1,0673	1,0727	1,0782	1,0836
	p	0,0000	0,4247	0,8493	1,2740	1,6987	2,1233	2,5480	2,9727	3,3974	3,8220	4,2467
	w	0,0000	0,0033	0,0066	0,0099	0,0132	0,0164	0,0197	0,0230	0,0263	0,0296	0,0329
	h	30,1449	38,4690	46,7932	55,1173	63,4414	71,7656	80,0897	88,4138	96,7379	105,0621	113,3862
31	v	1,0326	1,0384	1,0442	1,0500	1,0558	1,0616	1,0674	1,0732	1,0790	1,0848	1,0906
	p	0,0000	0,4497	0,8993	1,3490	1,7987	2,2483	2,6980	3,1476	3,5973	4,0470	4,4966
	w	0,0000	0,0035	0,0070	0,0105	0,0140	0,0175	0,0210	0,0245	0,0280	0,0314	0,0349
	h	31,1497	39,9962	48,8426	57,6891	66,5356	75,3820	84,2285	93,0749	101,9214	110,7679	119,6143
32	v	1,0360	1,0422	1,0483	1,0545	1,0607	1,0669	1,0730	1,0792	1,0854	1,0916	1,0978
	p	0,0000	0,4759	0,9519	1,4278	1,9037	2,3796	2,8556	3,3315	3,8074	4,2833	4,7593
	w	0,0000	0,0037	0,0074	0,0111	0,0148	0,0186	0,0223	0,0260	0,0297	0,0334	0,0371
	h	32,1546	41,5516	50,9487	60,3457	69,7428	79,1399	88,5369	97,9340	107,3310	116,7281	126,1252
33	v	1,0394	1,0459	1,0525	1,0591	1,0657	1,0723	1,0789	1,0854	1,0920	1,0986	1,1052
	p	0,0000	0,5035	1,0070	1,5105	2,0140	2,5175	3,0210	3,5246	4,0281	4,5316	5,0351
	w	0,0000	0,0039	0,0079	0,0118	0,0158	0,0197	0,0236	0,0276	0,0315	0,0355	0,0394
	h	33,1594	43,1404	53,1215	63,1025	73,0835	83,0646	93,0456	103,0266	113,0076	122,9887	132,9697
34	v	1,0428	1,0498	1,0568	1,0638	1,0708	1,0778	1,0848	1,0918	1,0988	1,1058	1,1129
	p	0,0000	0,5035	1,0070	1,5105	2,0140	2,5175	3,0210	3,5246	4,0281	4,5316	5,0351
	w	0,0000	0,0042	0,0084	0,0125	0,0167	0,0209	0,0251	0,0293	0,0334	0,0376	0,0418
	h	34,1642	44,7626	55,3611	65,9595	76,5579	87,1563	97,7547	108,3531	118,9516	129,5500	140,1484
35	v	1,0462	1,0536	1,0611	1,0685	1,0760	1,0835	1,0909	1,0984	1,1058	1,1133	1,1208
	p	0,0000	0,5629	1,1257	1,6886	2,2514	2,8143	3,3772	3,9400	4,5029	5,0658	5,6286
	w	0,0000	0,0044	0,0089	0,0133	0,0177	0,0222	0,0266	0,0311	0,0355	0,0399	0,0444
	h	35,1691	46,4183	57,6676	68,9168	80,1661	91,4153	102,6646	113,9138	125,1631	136,4123	147,6616

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
P : buhar basıncı (Pa)  
w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 1500 metre irtifa Tablo-4

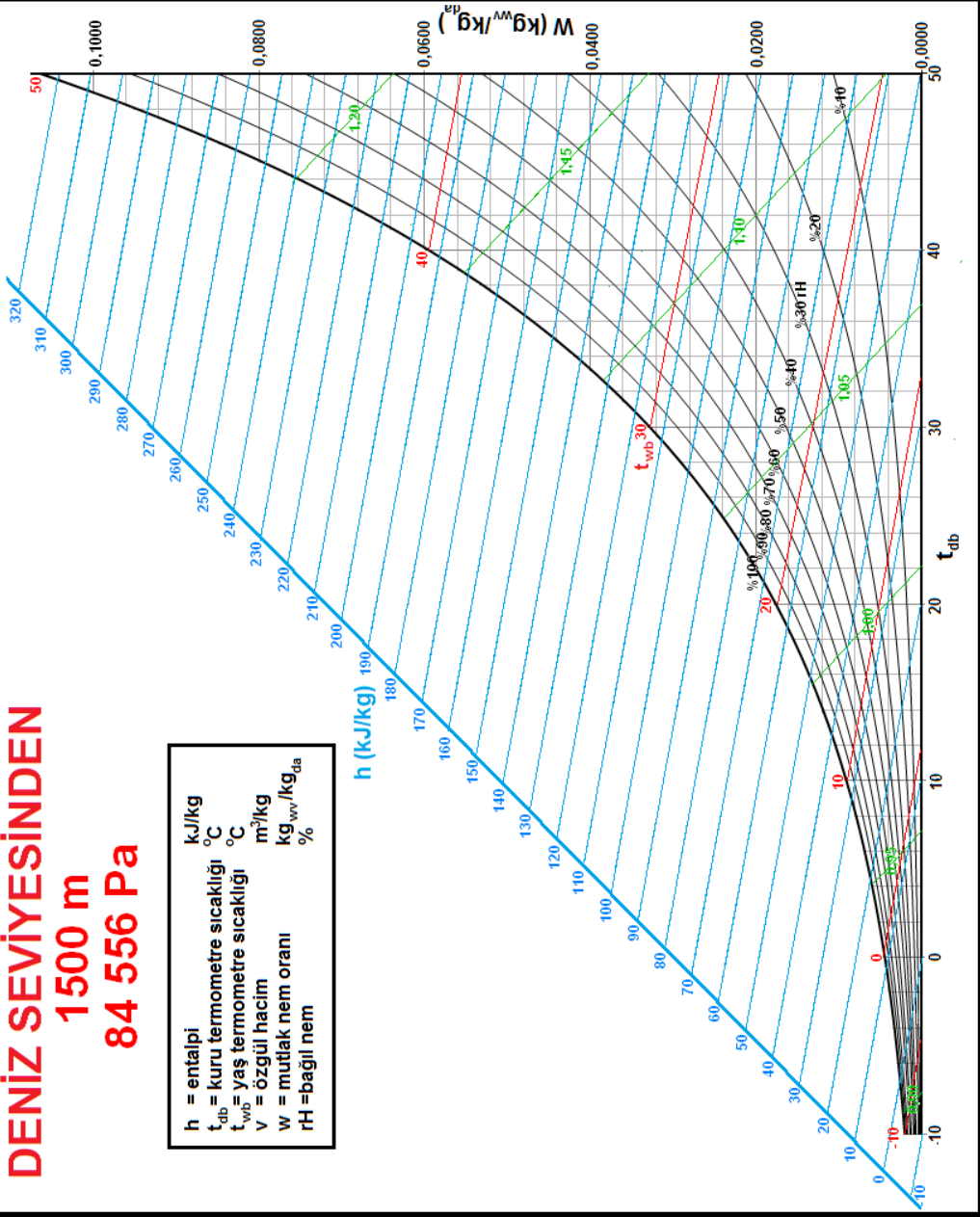
t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
36	v	1,0496	1,0575	1,0654	1,0734	1,0813	1,0893	1,0972	1,1051	1,1131	1,1210	1,1290
	p	0,0000	0,5947	1,1895	1,7842	2,3790	2,9737	3,5685	4,1632	4,7580	5,3527	5,9475
	w	0,0000	0,0047	0,0094	0,0141	0,0188	0,0235	0,0282	0,0329	0,0376	0,0424	0,0471
	h	36,1739	48,1125	60,0512	71,9898	83,9285	95,8671	107,8058	119,7444	131,6831	143,6217	155,5604
37	v	1,0529	1,0614	1,0698	1,0783	1,0868	1,0952	1,1037	1,1121	1,1206	1,1290	1,1375
	p	0,0000	0,6282	1,2564	1,8846	2,5127	3,1409	3,7691	4,3973	5,0255	5,6537	6,2819
	w	0,0000	0,0050	0,0100	0,0150	0,0200	0,0250	0,0300	0,0349	0,0399	0,0449	0,0499
	h	37,1787	49,8479	62,5171	75,1863	87,8555	100,5247	113,1939	125,8631	138,5323	151,2015	163,8707
38	v	1,0563	1,0653	1,0743	1,0833	1,0923	1,1013	1,1103	1,1193	1,1283	1,1373	1,1463
	p	0,0000	0,6632	1,3265	1,9897	2,6529	3,3162	3,9794	4,6427	5,3059	5,9691	6,6324
	w	0,0000	0,0053	0,0106	0,0159	0,0212	0,0265	0,0318	0,0371	0,0424	0,0477	0,0530
	h	38,1835	51,6270	65,0705	78,5140	91,9574	105,4009	118,8444	132,2879	145,7313	159,1748	172,6183
39	v	1,0597	1,0693	1,0789	1,0884	1,0980	1,1076	1,1171	1,1267	1,1363	1,1458	1,1554
	p	0,0000	0,7000	1,3999	2,0999	2,7999	3,4998	4,1998	4,8998	5,5997	6,2997	6,9997
	w	0,0000	0,0056	0,0112	0,0168	0,0225	0,0281	0,0337	0,0393	0,0449	0,0505	0,0561
	h	39,1884	53,4474	67,7064	81,9654	96,2244	110,4834	124,7424	139,0014	153,2604	167,5194	181,7784
40	v	1,0631	1,0733	1,0835	1,0937	1,1038	1,1140	1,1242	1,1343	1,1445	1,1547	1,1649
	p	0,0000	0,7384	1,4769	2,2153	2,9538	3,6922	4,4307	5,1691	5,9075	6,6460	7,3844
	w	0,0000	0,0060	0,0119	0,0179	0,0238	0,0298	0,0357	0,0417	0,0476	0,0536	0,0595
	h	40,1932	55,3166	70,4401	85,5635	100,6869	115,8104	130,9338	146,0573	161,1807	176,3041	191,4276
41	v	1,0665	1,0773	1,0882	1,0990	1,1098	1,1206	1,1314	1,1423	1,1531	1,1639	1,1747
	p	0,0000	0,7787	1,5575	2,3362	3,1149	3,8937	4,6724	5,4511	6,2298	7,0086	7,7873
	w	0,0000	0,0063	0,0126	0,0189	0,0252	0,0316	0,0379	0,0442	0,0505	0,0568	0,0631
	h	41,1980	57,2374	73,2768	89,3162	105,3556	121,3950	137,4344	153,4738	169,5131	185,5525	201,5919
42	v	1,0699	1,0814	1,0929	1,1044	1,1159	1,1275	1,1390	1,1505	1,1620	1,1735	1,1850
	p	0,0000	0,8209	1,6418	2,4627	3,2836	4,1045	4,9254	5,7463	6,5672	7,3881	8,2090
	w	0,0000	0,0067	0,0134	0,0201	0,0268	0,0334	0,0401	0,0468	0,0535	0,0602	0,0669
	h	42,2029	59,2123	76,2218	93,2312	110,2407	127,2502	144,2596	161,2691	178,2785	195,2880	212,2974
43	v	1,0733	1,0855	1,0978	1,1100	1,1222	1,1345	1,1467	1,1589	1,1712	1,1834	1,1956
	p	0,0000	0,8650	1,7301	2,5951	3,4601	4,3251	5,1902	6,0552	6,9202	7,7852	8,6503
	w	0,0000	0,0071	0,0142	0,0213	0,0284	0,0354	0,0425	0,0496	0,0567	0,0638	0,0709
	h	43,2077	61,2414	79,2751	97,3088	115,3425	133,3762	151,4099	169,4436	187,4773	205,5111	223,5448
44	v	1,0767	1,0897	1,1027	1,1157	1,1287	1,1417	1,1547	1,1677	1,1807	1,1937	1,2068
	p	0,0000	0,9112	1,8224	2,7335	3,6447	4,5559	5,4671	6,3783	7,2894	8,2006	9,1118
	w	0,0000	0,0075	0,0150	0,0225	0,0301	0,0376	0,0451	0,0526	0,0601	0,0676	0,0751
	h	44,2125	63,3324	82,4522	101,5720	120,6919	139,8117	158,9315	178,0514	197,1712	216,2910	235,4109
45	v	1,0801	1,0939	1,1078	1,1216	1,1354	1,1492	1,1631	1,1769	1,1907	1,2045	1,2184
	p	0,0000	0,9594	1,9189	2,8783	3,8378	4,7972	5,7566	6,7161	7,6755	8,6350	9,5944
	w	0,0000	0,0080	0,0159	0,0239	0,0318	0,0398	0,0478	0,0557	0,0637	0,0717	0,0796
	h	45,2174	65,4878	85,7583	106,0287	126,2992	146,5696	166,8401	187,1105	207,3810	227,6515	247,9219
46	v	1,0835	1,0982	1,1129	1,1276	1,1423	1,1570	1,1717	1,1864	1,2011	1,2158	1,2305
	p	0,0000	1,0099	2,0198	3,0296	4,0395	5,0494	6,0593	7,0692	8,0790	9,0889	10,0988
	w	0,0000	0,0084	0,0169	0,0253	0,0337	0,0422	0,0506	0,0591	0,0675	0,0759	0,0844
	h	46,2222	67,7104	89,1986	110,6868	132,1750	153,6632	175,1514	196,6395	218,1277	239,6159	261,1041
47	v	1,0869	1,1025	1,1181	1,1338	1,1494	1,1650	1,1806	1,1963	1,2119	1,2275	1,2431
	p	0,0000	1,0626	2,1252	3,1878	4,2503	5,3129	6,3755	7,4381	8,5007	9,5633	10,6259
	w	0,0000	0,0089	0,0179	0,0268	0,0358	0,0447	0,0536	0,0626	0,0715	0,0805	0,0894
	h	47,2270	70,0078	92,7886	115,5693	138,3501	161,1309	183,9117	206,6924	229,4732	252,2540	275,0347
48	v	1,0903	1,1069	1,1235	1,1401	1,1567	1,1733	1,1899	1,2066	1,2232	1,2398	1,2564
	p	0,0000	1,1176	2,2353	3,3529	4,4706	5,5882	6,7058	7,8235	8,9411	10,0588	11,1764
	w	0,0000	0,0095	0,0190	0,0284	0,0379	0,0474	0,0569	0,0663	0,0758	0,0853	0,0948
	h	48,2318	72,3827	96,5335	120,6843	144,8352	168,9860	193,1368	217,2876	241,4385	265,5893	289,7401
49	v	1,0937	1,1113	1,1290	1,1467	1,1643	1,1820	1,1996	1,2173	1,2349	1,2526	1,2702
	p	0,0000	1,1751	2,3502	3,5254	4,7005	5,8756	7,0507	8,2259	9,4010	10,5761	11,7512
	w	0,0000	0,0100	0,0201	0,0301	0,0402	0,0502	0,0602	0,0703	0,0803	0,0904	0,1004
	h	49,2367	74,8402	100,4438	126,0473	151,6509	177,2544	202,8579	228,4615	254,0650	279,6686	305,2721
50	v	1,0971	1,1158	1,1346	1,1534	1,1722	1,1909	1,2097	1,2285	1,2472	1,2660	1,2848
	p	0,0000	1,2351	2,4703	3,7054	4,9405	6,1756	7,4108	8,6459	9,8810	11,1161	12,3513
	w	0,0000	0,0106	0,0213	0,0319	0,0426	0,0532	0,0638	0,0745	0,0851	0,0958	0,1064
	h	50,2415	77,3856	104,5298	131,6739	158,8180	185,9621	213,1063	240,2504	267,3945	294,5386	321,6828

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
P : buhar basıncı (Pa)  
w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

**DENİZ SEVİYESİNDEN**  
**1500 m**  
**84 556 Pa**

$h$	=	entalpi	$\text{kJ/kg}$
$t_{db}$	=	kuru termometre sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$
$t_{wb}$	=	yaş termometre sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$
$V$	=	özgül hacim	$\text{m}^3/\text{kg}$
$w$	=	mutlak nem oranı	$\text{kg}_{ww}/\text{kg}_{da}$
$rH$	=	bağıl nem	%





Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 2000 metre irtifa

Tablo-1

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
-10	v	0,9503	0,9506	0,9509	0,9513	0,9516	0,9519	0,9523	0,9526	0,9529	0,9533	0,9536
	p	0,0000	0,0260	0,0520	0,0780	0,1040	0,1300	0,1559	0,1819	0,2079	0,2339	0,2599
	w	0,0000	0,0002	0,0004	0,0007	0,0009	0,0011	0,0013	0,0015	0,0017	0,0020	0,0022
	h	-10,0483	-9,5053	-8,9623	-8,4193	-7,8762	-7,3332	-6,7902	-6,2472	-5,7042	-5,1612	-4,6181
-9	v	0,9539	0,9542	0,9546	0,9550	0,9553	0,9557	0,9560	0,9564	0,9568	0,9571	0,9575
	p	0,0000	0,0284	0,0568	0,0852	0,1136	0,1420	0,1703	0,1987	0,2271	0,2555	0,2839
	w	0,0000	0,0002	0,0005	0,0007	0,0009	0,0012	0,0014	0,0017	0,0019	0,0021	0,0024
	h	-9,0435	-8,4554	-7,8673	-7,2792	-6,6911	-6,1030	-5,5149	-4,9269	-4,3388	-3,7507	-3,1626
-8	v	0,9575	0,9579	0,9583	0,9587	0,9591	0,9595	0,9598	0,9602	0,9606	0,9610	0,9614
	p	0,0000	0,0310	0,0620	0,0930	0,1240	0,1550	0,1859	0,2169	0,2479	0,2789	0,3099
	w	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008	0,0010	0,0013	0,0015	0,0018	0,0020	0,0023	0,0026
	h	-8,0386	-7,4030	-6,7673	-6,1316	-5,4959	-4,8602	-4,2245	-3,5888	-2,9531	-2,3174	-1,6817
-7	v	0,9611	0,9615	0,9620	0,9624	0,9628	0,9632	0,9637	0,9641	0,9645	0,9649	0,9654
	p	0,0000	0,0338	0,0676	0,1015	0,1353	0,1691	0,2029	0,2367	0,2706	0,3044	0,3382
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0008	0,0011	0,0014	0,0017	0,0019	0,0022	0,0025	0,0028
	h	-7,0338	-6,3455	-5,6572	-4,9689	-4,2805	-3,5922	-2,9039	-2,2156	-1,5273	-0,8390	-0,1506
-6	v	0,9647	0,9652	0,9656	0,9661	0,9666	0,9670	0,9675	0,9679	0,9684	0,9689	0,9693
	p	0,0000	0,0369	0,0737	0,1106	0,1475	0,1844	0,2212	0,2581	0,2950	0,3318	0,3687
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009	0,0012	0,0015	0,0018	0,0021	0,0024	0,0027	0,0030
	h	-6,0290	-5,2855	-4,5420	-3,7985	-3,0551	-2,3116	-1,5681	-0,8246	-0,0811	0,6623	1,4058
-5	v	0,9683	0,9688	0,9693	0,9698	0,9703	0,9708	0,9713	0,9718	0,9723	0,9728	0,9733
	p	0,0000	0,0402	0,0803	0,1205	0,1607	0,2009	0,2410	0,2812	0,3214	0,3615	0,4017
	w	0,0000	0,0003	0,0006	0,0010	0,0013	0,0016	0,0019	0,0023	0,0026	0,0029	0,0032
	h	-5,0242	-4,2205	-3,4168	-2,6131	-1,8094	-1,0058	-0,2021	0,6016	1,4053	2,2090	3,0126
-4	v	0,9719	0,9725	0,9730	0,9736	0,9741	0,9746	0,9752	0,9757	0,9763	0,9768	0,9774
	p	0,0000	0,0438	0,0875	0,1313	0,1750	0,2188	0,2625	0,3063	0,3500	0,3938	0,4375
	w	0,0000	0,0003	0,0007	0,0010	0,0014	0,0017	0,0021	0,0024	0,0028	0,0031	0,0035
	h	-4,0193	-3,1529	-2,2865	-1,4200	-0,5536	0,3128	1,1792	2,0457	2,9121	3,7785	4,6449
-3	v	0,9755	0,9761	0,9767	0,9773	0,9779	0,9785	0,9791	0,9796	0,9802	0,9808	0,9814
	p	0,0000	0,0476	0,0952	0,1428	0,1904	0,2380	0,2856	0,3332	0,3808	0,4284	0,4760
	w	0,0000	0,0004	0,0007	0,0011	0,0015	0,0019	0,0022	0,0026	0,0030	0,0034	0,0037
	h	-3,0145	-2,0803	-1,1461	-0,2118	0,7224	1,6566	2,5908	3,5250	4,4592	5,3934	6,3277
-2	v	0,9792	0,9798	0,9804	0,9811	0,9817	0,9823	0,9830	0,9836	0,9842	0,9849	0,9855
	p	0,0000	0,0518	0,1035	0,1553	0,2071	0,2589	0,3106	0,3624	0,4142	0,4659	0,5177
	w	0,0000	0,0004	0,0008	0,0012	0,0016	0,0020	0,0024	0,0028	0,0032	0,0036	0,0040
	h	-2,0097	-1,0026	0,0045	1,0115	2,0186	3,0256	4,0327	5,0397	6,0468	7,0539	8,0609
-1	v	0,9828	0,9835	0,9841	0,9848	0,9855	0,9862	0,9869	0,9876	0,9883	0,9889	0,9896
	p	0,0000	0,0563	0,1125	0,1688	0,2251	0,2814	0,3376	0,3939	0,4502	0,5064	0,5627
	w	0,0000	0,0004	0,0009	0,0013	0,0017	0,0022	0,0026	0,0030	0,0035	0,0039	0,0043
	h	-1,0048	0,8011	1,6511	2,5000	3,3350	4,2000	5,0499	5,8999	6,7498	7,5998	8,4497
0	v	0,9864	0,9871	0,9879	0,9886	0,9893	0,9901	0,9908	0,9916	0,9923	0,9930	0,9938
	p	0,0000	0,0611	0,1222	0,1833	0,2444	0,3055	0,3666	0,4277	0,4888	0,5499	0,6110
	w	0,0000	0,0005	0,0009	0,0014	0,0019	0,0023	0,0028	0,0033	0,0037	0,0042	0,0047
	h	0,0000	1,1679	2,3358	3,5038	4,6717	5,8396	7,0075	8,1754	9,3434	10,5113	11,6792
1	v	0,9900	0,9908	0,9916	0,9924	0,9932	0,9940	0,9948	0,9956	0,9964	0,9972	0,9980
	p	0,0000	0,0657	0,1314	0,1971	0,2628	0,3285	0,3942	0,4599	0,5256	0,5913	0,6570
	w	0,0000	0,0005	0,0010	0,0015	0,0020	0,0025	0,0030	0,0035	0,0040	0,0045	0,0050
	h	1,0048	2,2633	3,5217	4,7802	6,0387	7,2971	8,5556	9,8140	11,0725	12,3309	13,5894
2	v	0,9936	0,9945	0,9953	0,9962	0,9970	0,9979	0,9988	0,9996	1,0005	1,0014	1,0022
	p	0,0000	0,0710	0,1420	0,2130	0,2840	0,3550	0,4259	0,4969	0,5679	0,6389	0,7099
	w	0,0000	0,0005	0,0011	0,0016	0,0022	0,0027	0,0032	0,0038	0,0043	0,0049	0,0054
	h	2,0097	3,3612	4,7128	6,0644	7,4159	8,7675	10,1191	11,4706	12,8222	14,1738	15,5253
3	v	0,9972	0,9981	0,9991	1,0000	1,0009	1,0019	1,0028	1,0037	1,0046	1,0056	1,0065
	p	0,0000	0,0758	0,1516	0,2274	0,3032	0,3790	0,4548	0,5307	0,6065	0,6823	0,7581
	w	0,0000	0,0006	0,0012	0,0017	0,0023	0,0029	0,0035	0,0041	0,0046	0,0052	0,0058
	h	3,0145	4,4668	5,9190	7,3713	8,8235	10,2758	11,7281	13,1803	14,6326	16,0848	17,5371
4	v	1,0008	1,0018	1,0028	1,0038	1,0048	1,0058	1,0068	1,0078	1,0088	1,0098	1,0108
	p	0,0000	0,0814	0,1627	0,2441	0,3254	0,4068	0,4881	0,5695	0,6508	0,7322	0,8136
	w	0,0000	0,0006	0,0012	0,0019	0,0025	0,0031	0,0037	0,0044	0,0050	0,0056	0,0062
	h	4,0193	5,5799	7,1404	8,7010	10,2615	11,8221	13,3826	14,9432	16,5037	18,0643	19,6248
5	v	1,0044	1,0055	1,0066	1,0077	1,0088	1,0098	1,0109	1,0120	1,0131	1,0142	1,0152
	p	0,0000	0,0873	0,1745	0,2618	0,3490	0,4363	0,5235	0,6108	0,6981	0,7853	0,8726
	w	0,0000	0,0007	0,0013	0,0020	0,0027	0,0033	0,0040	0,0047	0,0054	0,0060	0,0067
	h	5,0242	6,7006	8,3770	10,0535	11,7299	13,4064	15,0828	16,7593	18,4357	20,1122	21,7886

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)

P : buhar basıncı (Pa)

w: mutlak nem oranı (kg/kg)

h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 2000 metre irtifa

Tablo-2

t	C	Bağıl Nem -RH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
6	v	1,0080	1,0092	1,0104	1,0115	1,0127	1,0139	1,0150	1,0162	1,0174	1,0185	1,0197
	p	0,0000	0,0935	0,1871	0,2806	0,3741	0,4677	0,5612	0,6547	0,7483	0,8418	0,9354
	w	0,0000	0,0007	0,0014	0,0022	0,0029	0,0036	0,0043	0,0050	0,0057	0,0065	0,0072
	h	6,0290	7,8289	9,6289	11,4288	13,2288	15,0288	16,8287	18,6287	20,4286	22,2286	24,0285
7	v	1,0117	1,0129	1,0142	1,0154	1,0167	1,0179	1,0192	1,0204	1,0217	1,0229	1,0242
	p	0,0000	0,1002	0,2004	0,3006	0,4008	0,5010	0,6013	0,7015	0,8017	0,9019	1,0021
	w	0,0000	0,0008	0,0015	0,0023	0,0031	0,0039	0,0046	0,0054	0,0062	0,0069	0,0077
	h	7,0338	8,9649	10,8960	12,8271	14,7581	16,6892	18,6203	20,5514	22,4825	24,4136	26,3446
8	v	1,0153	1,0166	1,0180	1,0193	1,0207	1,0220	1,0233	1,0247	1,0260	1,0274	1,0287
	p	0,0000	0,1080	0,2160	0,3240	0,4320	0,5400	0,6479	0,7559	0,8639	0,9719	1,0799
	w	0,0000	0,0008	0,0017	0,0025	0,0033	0,0041	0,0050	0,0058	0,0066	0,0074	0,0083
	h	8,0386	10,1085	12,1783	14,2482	16,3180	18,3879	20,4577	22,5275	24,5974	26,6672	28,7371
9	v	1,0189	1,0203	1,0218	1,0232	1,0247	1,0261	1,0276	1,0290	1,0304	1,0319	1,0333
	p	0,0000	0,1148	0,2297	0,3445	0,4593	0,5741	0,6890	0,8038	0,9186	1,0335	1,1483
	w	0,0000	0,0009	0,0018	0,0026	0,0035	0,0044	0,0053	0,0062	0,0071	0,0079	0,0088
	h	9,0435	11,2597	13,4760	15,6922	17,9084	20,1247	22,3409	24,5572	26,7734	28,9896	31,2059
10	v	1,0225	1,0240	1,0256	1,0272	1,0287	1,0303	1,0318	1,0334	1,0349	1,0365	1,0380
	p	0,0000	0,1228	0,2456	0,3685	0,4913	0,6141	0,7369	0,8597	0,9825	1,1054	1,2282
	w	0,0000	0,0009	0,0019	0,0028	0,0038	0,0047	0,0057	0,0066	0,0076	0,0085	0,0095
	h	10,0483	12,4236	14,7989	17,1742	19,5495	21,9249	24,3002	26,6755	29,0508	31,4261	33,8014
11	v	1,0261	1,0278	1,0294	1,0311	1,0328	1,0344	1,0361	1,0378	1,0395	1,0411	1,0428
	p	0,0000	0,1313	0,2626	0,3939	0,5252	0,6565	0,7878	0,9191	1,0504	1,1817	1,3130
	w	0,0000	0,0010	0,0020	0,0030	0,0040	0,0051	0,0061	0,0071	0,0081	0,0091	0,0101
	h	11,0531	13,5952	16,1372	18,6793	21,2213	23,7633	26,3054	28,8474	31,3895	33,9315	36,4736
12	v	1,0297	1,0315	1,0333	1,0351	1,0369	1,0387	1,0405	1,0423	1,0441	1,0458	1,0476
	p	0,0000	0,1403	0,2806	0,4208	0,5611	0,7014	0,8417	0,9820	1,1223	1,2625	1,4028
	w	0,0000	0,0011	0,0022	0,0032	0,0043	0,0054	0,0065	0,0076	0,0087	0,0097	0,0108
	h	12,0580	14,7794	17,5009	20,2224	22,9438	25,6653	28,3868	31,1083	33,8297	36,5512	39,2727
13	v	1,0333	1,0352	1,0372	1,0391	1,0410	1,0429	1,0449	1,0468	1,0487	1,0506	1,0526
	p	0,0000	0,1498	0,2996	0,4494	0,5992	0,7490	0,8988	1,0486	1,1984	1,3483	1,4981
	w	0,0000	0,0012	0,0023	0,0035	0,0046	0,0058	0,0069	0,0081	0,0093	0,0104	0,0116
	h	13,0628	15,9739	18,8850	21,7961	24,7072	27,6183	30,5294	33,4405	36,3516	39,2627	42,1738
14	v	1,0369	1,0390	1,0411	1,0431	1,0452	1,0472	1,0493	1,0514	1,0534	1,0555	1,0576
	p	0,0000	0,1598	0,3197	0,4795	0,6394	0,7992	0,9590	1,1189	1,2787	1,4386	1,5984
	w	0,0000	0,0012	0,0025	0,0037	0,0049	0,0062	0,0074	0,0087	0,0099	0,0111	0,0124
	h	14,0676	17,1786	20,2895	23,4004	26,5113	29,6223	32,7332	35,8441	38,9551	42,0660	45,1769
15	v	1,0405	1,0428	1,0450	1,0472	1,0494	1,0516	1,0538	1,0560	1,0582	1,0604	1,0626
	p	0,0000	0,1706	0,3411	0,5117	0,6823	0,8529	1,0234	1,1940	1,3646	1,5352	1,7057
	w	0,0000	0,0013	0,0026	0,0040	0,0053	0,0066	0,0079	0,0092	0,0106	0,0119	0,0132
	h	15,0725	18,3960	21,7195	25,0430	28,3665	31,6900	35,0135	38,3370	41,6605	44,9840	48,3075
16	v	1,0442	1,0465	1,0489	1,0513	1,0536	1,0560	1,0584	1,0607	1,0631	1,0655	1,0678
	p	0,0000	0,1819	0,3638	0,5456	0,7275	0,9094	1,0913	1,2731	1,4550	1,6369	1,8188
	w	0,0000	0,0014	0,0028	0,0042	0,0056	0,0071	0,0085	0,0099	0,0113	0,0127	0,0141
	h	16,0773	19,6286	23,1800	26,7313	30,2827	33,8340	37,3854	40,9367	44,4880	48,0394	51,5907
17	v	1,0478	1,0503	1,0528	1,0554	1,0579	1,0604	1,0630	1,0655	1,0681	1,0706	1,0731
	p	0,0000	0,1938	0,3877	0,5815	0,7753	0,9691	1,1630	1,3568	1,5506	1,7445	1,9383
	w	0,0000	0,0015	0,0030	0,0045	0,0060	0,0075	0,0090	0,0105	0,0120	0,0136	0,0151
	h	17,0821	20,8741	24,6660	28,4580	32,2499	36,0419	39,8339	43,6258	47,4178	51,2097	55,0017
18	v	1,0514	1,0541	1,0568	1,0595	1,0622	1,0650	1,0677	1,0704	1,0731	1,0758	1,0785
	p	0,0000	0,2065	0,4129	0,6194	0,8259	1,0323	1,2388	1,4453	1,6517	1,8582	2,0647
	w	0,0000	0,0016	0,0032	0,0048	0,0064	0,0080	0,0096	0,0112	0,0129	0,0145	0,0161
	h	18,0869	22,1348	26,1827	30,2306	34,2784	38,3263	42,3742	46,4220	50,4699	54,5178	58,5657
19	v	1,0550	1,0579	1,0608	1,0637	1,0666	1,0695	1,0724	1,0753	1,0782	1,0811	1,0841
	p	0,0000	0,2192	0,4384	0,6575	0,8767	1,0959	1,3151	1,5343	1,7534	1,9726	2,1918
	w	0,0000	0,0017	0,0034	0,0051	0,0069	0,0086	0,0103	0,0120	0,0137	0,0154	0,0171
	h	19,0918	23,4109	27,7300	32,0491	36,3682	40,6873	45,0064	49,3255	53,6446	57,9637	62,2829
20	v	1,0586	1,0617	1,0648	1,0679	1,0710	1,0741	1,0773	1,0804	1,0835	1,0866	1,0897
	p	0,0000	0,2339	0,4678	0,7018	0,9357	1,1696	1,4035	1,6374	1,8714	2,1053	2,3392
	w	0,0000	0,0018	0,0037	0,0055	0,0073	0,0091	0,0110	0,0128	0,0146	0,0164	0,0183
	h	20,0966	24,7023	29,3080	33,9137	38,5193	43,1250	47,7307	52,3364	56,9421	61,5478	66,1534

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
P : buhar basıncı (Pa)  
w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 2000 metre irtifa

Tablo-3

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
21	v	1,0622	1,0655	1,0689	1,0722	1,0755	1,0788	1,0822	1,0855	1,0888	1,0921	1,0955
	p	0,0000	0,2488	0,4976	0,7464	0,9952	1,2441	1,4929	1,7417	1,9905	2,2393	2,4881
	w	0,0000	0,0019	0,0039	0,0058	0,0078	0,0097	0,0117	0,0136	0,0156	0,0175	0,0195
	h	21,1014	26,0116	30,9217	35,8318	40,7420	45,6521	50,5623	55,4724	60,3825	65,2927	70,2028
22	v	1,0658	1,0694	1,0729	1,0765	1,0800	1,0836	1,0871	1,0907	1,0942	1,0978	1,1014
	p	0,0000	0,2645	0,5290	0,7936	1,0581	1,3226	1,5871	1,8516	2,1162	2,3807	2,6452
	w	0,0000	0,0021	0,0041	0,0062	0,0083	0,0104	0,0124	0,0145	0,0166	0,0187	0,0207
	h	22,1063	27,3388	32,5712	37,8037	43,0362	48,2687	53,5012	58,7337	63,9662	69,1987	74,4312
23	v	1,0694	1,0732	1,0770	1,0808	1,0846	1,0884	1,0922	1,0960	1,0998	1,1036	1,1074
	p	0,0000	0,2811	0,5622	0,8433	1,1244	1,4055	1,6866	1,9676	2,2487	2,5298	2,8109
	w	0,0000	0,0022	0,0044	0,0066	0,0088	0,0110	0,0132	0,0155	0,0177	0,0199	0,0221
	h	23,1111	28,6839	34,2566	39,8294	45,4022	50,9749	56,5477	62,1205	67,6933	73,2660	78,8388
24	v	1,0730	1,0771	1,0812	1,0852	1,0893	1,0933	1,0974	1,1014	1,1055	1,1095	1,1136
	p	0,0000	0,2986	0,5971	0,8957	1,1943	1,4928	1,7914	2,0899	2,3885	2,6871	2,9856
	w	0,0000	0,0024	0,0047	0,0071	0,0094	0,0118	0,0141	0,0165	0,0188	0,0212	0,0235
	h	24,1159	30,0520	35,9880	41,9240	47,8601	53,7961	59,7322	65,6682	71,6042	77,5403	83,4763
25	v	1,0767	1,0810	1,0853	1,0896	1,0940	1,0983	1,1026	1,1070	1,1113	1,1156	1,1199
	p	0,0000	0,3170	0,6340	0,9509	1,2679	1,5849	1,9019	2,2188	2,5358	2,8528	3,1698
	w	0,0000	0,0025	0,0050	0,0075	0,0100	0,0125	0,0150	0,0175	0,0200	0,0225	0,0250
	h	25,1208	31,4380	37,7553	44,0726	50,3899	56,7071	63,0244	69,3417	75,6590	81,9762	88,2935
26	v	1,0803	1,0849	1,0895	1,0941	1,0987	1,1034	1,1080	1,1126	1,1172	1,1219	1,1265
	p	0,0000	0,3364	0,6727	1,0091	1,3455	1,6819	2,0182	2,3546	2,6910	3,0273	3,3637
	w	0,0000	0,0027	0,0053	0,0080	0,0106	0,0133	0,0160	0,0186	0,0213	0,0239	0,0266
	h	26,1256	32,8497	39,5737	46,2978	53,0219	59,7460	66,4701	73,1941	79,9182	86,6423	93,3664
27	v	1,0839	1,0888	1,0937	1,0987	1,1036	1,1085	1,1135	1,1184	1,1233	1,1283	1,1332
	p	0,0000	0,3568	0,7136	1,0704	1,4272	1,7840	2,1407	2,4975	2,8543	3,2111	3,5679
	w	0,0000	0,0028	0,0057	0,0085	0,0113	0,0142	0,0170	0,0198	0,0226	0,0255	0,0283
	h	27,1304	34,2844	41,4383	48,5923	55,7462	62,9002	70,0542	77,2081	84,3621	91,5160	98,6700
28	v	1,0875	1,0927	1,0980	1,1033	1,1085	1,1138	1,1190	1,1243	1,1296	1,1348	1,1401
	p	0,0000	0,3783	0,7566	1,1348	1,5131	1,8914	2,2697	2,6480	3,0262	3,4045	3,7828
	w	0,0000	0,0030	0,0060	0,0090	0,0120	0,0150	0,0180	0,0211	0,0241	0,0271	0,0301
	h	28,1352	35,7422	43,3491	50,9560	58,5630	66,1699	73,7768	81,3838	88,9907	96,5976	104,2046
29	v	1,0911	1,0967	1,1023	1,1079	1,1135	1,1191	1,1248	1,1304	1,1360	1,1416	1,1472
	p	0,0000	0,4009	0,8018	1,2027	1,6036	2,0045	2,4054	2,8062	3,2071	3,6080	4,0089
	w	0,0000	0,0032	0,0064	0,0096	0,0128	0,0160	0,0192	0,0224	0,0256	0,0288	0,0320
	h	29,1401	37,2307	45,3213	53,4119	61,5026	69,5932	77,6838	85,7744	93,8650	101,9557	110,0463
30	v	1,0947	1,1007	1,1067	1,1126	1,1186	1,1246	1,1306	1,1366	1,1425	1,1485	1,1545
	p	0,0000	0,4247	0,8493	1,2740	1,6987	2,1233	2,5480	2,9727	3,3974	3,8220	4,2467
	w	0,0000	0,0034	0,0068	0,0102	0,0136	0,0170	0,0204	0,0238	0,0272	0,0306	0,0340
	h	30,1449	38,7449	47,3449	55,9449	64,5449	73,1449	81,7449	90,3449	98,9449	107,5449	116,1449
31	v	1,0983	1,1047	1,1111	1,1174	1,1238	1,1302	1,1366	1,1429	1,1493	1,1557	1,1620
	p	0,0000	0,4497	0,8993	1,3490	1,7987	2,2483	2,6980	3,1476	3,5973	4,0470	4,4966
	w	0,0000	0,0036	0,0072	0,0108	0,0144	0,0180	0,0217	0,0253	0,0289	0,0325	0,0361
	h	31,1497	40,2874	49,4250	58,5626	67,7002	76,8379	85,9755	95,1131	104,2507	113,3884	122,5260
32	v	1,1019	1,1087	1,1155	1,1223	1,1291	1,1359	1,1427	1,1495	1,1563	1,1630	1,1698
	p	0,0000	0,4759	0,9519	1,4278	1,9037	2,3796	2,8556	3,3315	3,8074	4,2833	4,7593
	w	0,0000	0,0038	0,0077	0,0115	0,0153	0,0192	0,0230	0,0268	0,0307	0,0345	0,0383
	h	32,1546	41,8632	51,5718	61,2804	70,9890	80,6976	90,4062	100,1148	109,8234	119,5320	129,2406
33	v	1,1055	1,1128	1,1200	1,1272	1,1345	1,1417	1,1489	1,1562	1,1634	1,1706	1,1779
	p	0,0000	0,5035	1,0070	1,5105	2,0140	2,5175	3,0210	3,5246	4,0281	4,5316	5,0351
	w	0,0000	0,0041	0,0081	0,0122	0,0163	0,0204	0,0244	0,0285	0,0326	0,0366	0,0407
	h	33,1594	43,4724	53,7853	64,0983	74,4113	84,7243	95,0372	105,3502	115,6632	125,9761	136,2891
34	v	1,1091	1,1169	1,1246	1,1323	1,1400	1,1477	1,1554	1,1631	1,1708	1,1785	1,1862
	p	0,0000	0,5035	1,0070	1,5105	2,0140	2,5175	3,0210	3,5246	4,0281	4,5316	5,0351
	w	0,0000	0,0043	0,0086	0,0130	0,0173	0,0216	0,0259	0,0302	0,0346	0,0389	0,0432
	h	34,1642	45,1150	56,0658	67,0165	77,9673	88,9181	99,8688	110,8196	121,7704	132,7211	143,6719
35	v	1,1128	1,1210	1,1292	1,1374	1,1456	1,1538	1,1620	1,1702	1,1784	1,1866	1,1948
	p	0,0000	0,5629	1,1257	1,6886	2,2514	2,8143	3,3772	3,9400	4,5029	5,0658	5,6286
	w	0,0000	0,0046	0,0092	0,0138	0,0183	0,0229	0,0275	0,0321	0,0367	0,0413	0,0459
	h	35,1691	46,7962	58,4233	70,0504	81,6775	93,3046	104,9317	116,5588	128,1859	139,8130	151,4401

v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)

P : buhar basıncı (Pa)

w: mutlak nem oranı (kg/kg)

h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014



Nemli Havanın Psikrometrik Bilgileri, 2000 metre irtifa

Tablo-4

t	C	Bağıl Nem -rH (%)										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
36	v	1,1164	1,1251	1,1338	1,1426	1,1513	1,1600	1,1688	1,1775	1,1862	1,1950	1,2037
	p	0,0000	0,5947	1,1895	1,7842	2,3790	2,9737	3,5685	4,1632	4,7580	5,3527	5,9475
	w	0,0000	0,0049	0,0097	0,0146	0,0195	0,0243	0,0292	0,0341	0,0389	0,0438	0,0487
	h	36,1739	48,5159	60,8579	73,1999	85,5420	97,8840	110,2260	122,5680	134,9100	147,2520	159,5941
37	v	1,1200	1,1293	1,1386	1,1479	1,1572	1,1664	1,1757	1,1850	1,1943	1,2036	1,2129
	p	0,0000	0,6282	1,2564	1,8846	2,5127	3,1409	3,7691	4,3973	5,0255	5,6537	6,2819
	w	0,0000	0,0052	0,0103	0,0155	0,0206	0,0258	0,0310	0,0361	0,0413	0,0464	0,0516
	h	37,1787	50,2768	63,3749	76,4730	89,5711	102,6692	115,7673	128,8654	141,9635	155,0616	168,1597
38	v	1,1236	1,1335	1,1434	1,1533	1,1631	1,1730	1,1829	1,1928	1,2027	1,2126	1,2225
	p	0,0000	0,6632	1,3265	1,9897	2,6529	3,3162	3,9794	4,6427	5,3059	5,9691	6,6324
	w	0,0000	0,0055	0,0109	0,0164	0,0219	0,0274	0,0328	0,0383	0,0438	0,0493	0,0547
	h	38,1835	52,0815	65,9794	79,8774	93,7753	107,6732	121,5712	135,4691	149,3670	163,2650	177,1629
39	v	1,1272	1,1377	1,1482	1,1588	1,1693	1,1798	1,1903	1,2009	1,2114	1,2219	1,2324
	p	0,0000	0,7000	1,3999	2,0999	2,7999	3,4998	4,1998	4,8998	5,5997	6,2997	6,9997
	w	0,0000	0,0058	0,0116	0,0174	0,0232	0,0290	0,0348	0,0406	0,0464	0,0523	0,0581
	h	39,1884	53,9350	68,6817	83,4283	98,1750	112,9217	127,6683	142,4150	157,1616	171,9083	186,6550
40	v	1,1308	1,1420	1,1532	1,1644	1,1756	1,1868	1,1980	1,2092	1,2204	1,2315	1,2427
	p	0,0000	0,7384	1,4769	2,2153	2,9538	3,6922	4,4307	5,1691	5,9075	6,6460	7,3844
	w	0,0000	0,0062	0,0123	0,0185	0,0246	0,0308	0,0369	0,0431	0,0492	0,0554	0,0616
	h	40,1932	55,8350	71,4768	87,1185	102,7603	118,4021	134,0439	149,6857	165,3274	180,9692	196,6110
41	v	1,1344	1,1463	1,1582	1,1701	1,1820	1,1939	1,2059	1,2178	1,2297	1,2416	1,2535
	p	0,0000	0,7787	1,5575	2,3362	3,1149	3,8937	4,6724	5,4511	6,2298	7,0086	7,7873
	w	0,0000	0,0065	0,0131	0,0196	0,0261	0,0326	0,0392	0,0457	0,0522	0,0587	0,0653
	h	41,1980	57,7890	74,3800	90,9710	107,5620	124,1529	140,7439	157,3349	173,9259	190,5169	207,1078
42	v	1,1380	1,1507	1,1634	1,1760	1,1887	1,2013	1,2140	1,2267	1,2393	1,2520	1,2647
	p	0,0000	0,8209	1,6418	2,4627	3,2836	4,1045	4,9254	5,7463	6,5672	7,3881	8,2090
	w	0,0000	0,0069	0,0138	0,0208	0,0277	0,0346	0,0415	0,0484	0,0554	0,0623	0,0692
	h	42,2029	59,7997	77,3966	94,9935	112,5903	130,1872	147,7841	165,3809	182,9778	200,5747	218,1715
43	v	1,1416	1,1551	1,1686	1,1820	1,1955	1,2090	1,2224	1,2359	1,2494	1,2628	1,2763
	p	0,0000	0,8650	1,7301	2,5951	3,4601	4,3251	5,1902	6,0552	6,9202	7,7852	8,6503
	w	0,0000	0,0073	0,0147	0,0220	0,0293	0,0367	0,0440	0,0514	0,0587	0,0660	0,0734
	h	43,2077	61,8697	80,5318	99,1938	117,8559	136,5179	155,1800	173,8420	192,5041	211,1661	229,8282
44	v	1,1453	1,1596	1,1739	1,1882	1,2025	1,2168	1,2312	1,2455	1,2598	1,2741	1,2884
	p	0,0000	0,9112	1,8224	2,7335	3,6447	4,5559	5,4671	6,3783	7,2894	8,2006	9,1118
	w	0,0000	0,0078	0,0156	0,0233	0,0311	0,0389	0,0467	0,0544	0,0622	0,0700	0,0778
	h	44,2125	64,0017	83,7908	103,5799	123,3691	143,1582	162,9474	182,7365	202,5257	222,3148	242,1039
45	v	1,1489	1,1641	1,1793	1,1945	1,2098	1,2250	1,2402	1,2555	1,2707	1,2859	1,3011
	p	0,0000	0,9594	1,9189	2,8783	3,8378	4,7972	5,7566	6,7161	7,6755	8,6350	9,5944
	w	0,0000	0,0082	0,0165	0,0247	0,0330	0,0412	0,0495	0,0577	0,0659	0,0742	0,0824
	h	45,2174	66,2032	87,1891	108,1749	129,1608	150,1466	171,1325	192,1183	213,1042	234,0900	255,0759
46	v	1,1525	1,1687	1,1849	1,2010	1,2172	1,2334	1,2496	1,2658	1,2820	1,2982	1,3144
	p	0,0000	1,0099	2,0198	3,0296	4,0395	5,0494	6,0593	7,0692	8,0790	9,0889	10,0988
	w	0,0000	0,0087	0,0175	0,0262	0,0349	0,0437	0,0524	0,0612	0,0699	0,0786	0,0874
	h	46,2222	68,4744	90,7267	112,9790	135,2312	157,4835	179,7358	201,9880	224,2403	246,4926	268,7448
47	v	1,1561	1,1733	1,1905	1,2077	1,2249	1,2422	1,2594	1,2766	1,2938	1,3110	1,3282
	p	0,0000	1,0626	2,1252	3,1878	4,2503	5,3129	6,3755	7,4381	8,5007	9,5633	10,6259
	w	0,0000	0,0093	0,0185	0,0278	0,0370	0,0463	0,0556	0,0648	0,0741	0,0833	0,0926
	h	47,2270	70,8231	94,4192	118,0153	141,6114	165,2075	188,8036	212,3997	235,9958	259,5919	283,1880
48	v	1,1597	1,1780	1,1963	1,2146	1,2329	1,2512	1,2695	1,2878	1,3061	1,3244	1,3427
	p	0,0000	1,1176	2,2353	3,3529	4,4706	5,5882	6,7058	7,8235	8,9411	10,0588	11,1764
	w	0,0000	0,0098	0,0196	0,0295	0,0393	0,0491	0,0589	0,0687	0,0785	0,0884	0,0982
	h	48,2318	73,2544	98,2769	123,2995	148,3220	173,3446	198,3671	223,3897	248,4123	273,4348	298,4574
49	v	1,1633	1,1828	1,2022	1,2217	1,2412	1,2606	1,2801	1,2996	1,3190	1,3385	1,3579
	p	0,0000	1,1751	2,3502	3,5254	4,7005	5,8756	7,0507	8,2259	9,4010	10,5761	11,7512
	w	0,0000	0,0104	0,0208	0,0312	0,0416	0,0520	0,0624	0,0728	0,0832	0,0937	0,1041
	h	49,2367	75,7709	102,3052	128,8394	155,3737	181,9080	208,4422	234,9765	261,5107	288,0450	314,5793
50	v	1,1669	1,1876	1,2083	1,2290	1,2497	1,2704	1,2911	1,3118	1,3325	1,3532	1,3739
	p	0,0000	1,2351	2,4703	3,7054	4,9405	6,1756	7,4108	8,6459	9,8810	11,1161	12,3513
	w	0,0000	0,0110	0,0221	0,0331	0,0441	0,0552	0,0662	0,0772	0,0883	0,0993	0,1103
	h	50,2415	78,3830	106,5246	134,6661	162,8076	190,9491	219,0907	247,2322	275,3737	303,5153	331,6568

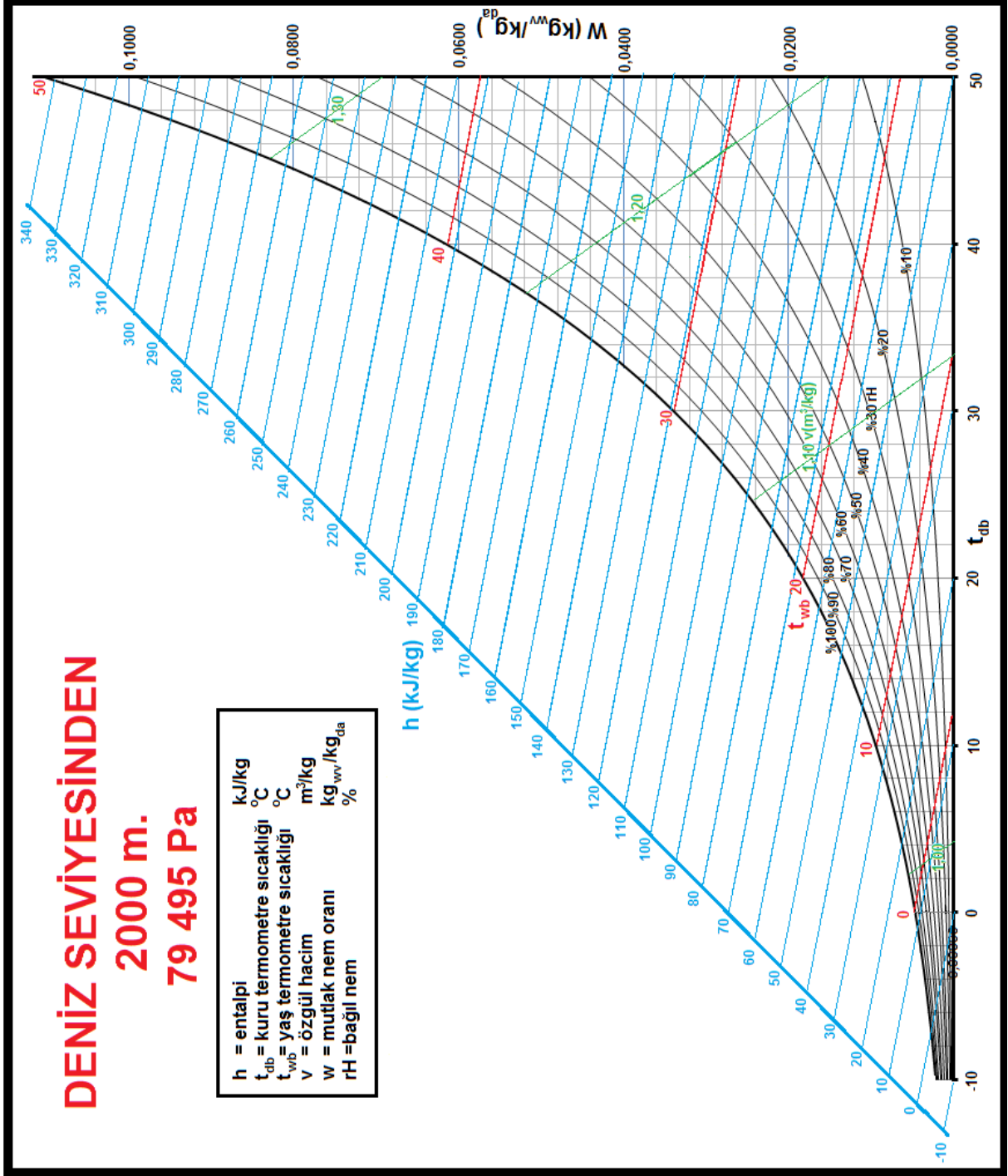
v: özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)  
P : buhar basıncı (Pa)  
w: mutlak nem oranı (kg/kg)  
h: özgül entalpi (kJ/kg)

© Haluk SEVEL-2014

# DENİZ SEVİYESİNDEN 2000 m. 79 495 Pa

$h$  = entalpi  
 $t_{db}$  = kuru termometre sıcaklığı  
 $t_{wb}$  = yaş termometre sıcaklığı  
 $V$  = özgül hacim  
 $w$  = mutlak nem oranı  
 $rH$  = bağıl nem

$\text{kJ/kg}$   
 $^{\circ}\text{C}$   
 $^{\circ}\text{C}$   
 $\text{m}^3/\text{kg}$   
 $\text{kg}_{\text{vv}}/\text{kg}_{\text{da}}$   
 $\%$





# REFERANSLAR

1. ASHRAE Handbook of Fundamentals, .....2013
2. Psychrometrics, Theory and Practice, ASHRAE, .....1996
3. Understanding Psychrometrics, Donald P. Gatley, ASHRAE, .....2013
4. Handbook of Air Conditioning System Design, Carrier Co.,McGraw Hill.....1965
5. Trane Air Conditioning Manual, .....1974
6. Termodinamik, Y.A.Çengel, Michael A.Boles, McGraw-Hill/Literatür Yay..... 1996
7. Isı ve Kütle Geçişinin temelleri, F.P.Incropera,D.P.DeWitt,Literatür Yay..... 2010
8. Isıtma+Klima Tekniği, 97/98, Recknagel-Sprenger Schramek, TTMD..... 2003
9. Psychrometric Chart Celebrates 100th Anniversary. D.P.Gatley, ASHRAE Journal 11, 2004
10. Air Conditioning Psychrometrics, A. Bhatya, CED engineering.com
11. Construction of Generalized Chart for Different Pressures, He-Sheng Ren
12. Understanding Humidity and Calculating Humidity Parameters, B.Pragnell
13. IAPWS, Industrial Formulation, 1997.....2007
14. Engineering Thermodynamics, N.J.Morgan, H.N.Shapiro
15. Steam Tables, Keenan & Keyes, Wiley.....1969
16. Thermophysical Properties of Humid Air, M. Conde Engineering, Zurich.....2007

# SEMBOLLER

## GENEL

OA= Dış hava, taze hava

RA= Oda havası, mahal havası

SA= Sevk olunan (klimatize) hava

DP= Oda çiy noktası..... °C

ADP=Cihaz çiy noktası.....°C

RSHR= Oda duyulur ısı oranı..... ( % veya 0,00<1)

ESHR= Sistem duyulur ısı oranı .....(% veya 0,00<1)

$C_p$  = Özgül ısı, sabit basınçta.....kJ/kg.°C

d= Kalınlık.....m

F= Alan.....m<sup>2</sup>

h = Özgül entalpi..... kJ/kg

$h_{DA}$  = Kuru havanın özgül entalpisi..... kJ/kg

$h_{wv}$  = Su buharının özgül entalpi..... kJ/kg

k= Toplam ısı geçirgenlik katsayısı.....kJ/(°C.m<sup>2</sup>)

l = uzunluk.....m

M= Moleküler ağırlık.....kg/kmol

m= Havanın kitlesel debisi.....kg/hr

$m_{wv}$ = Birim kuru hava içindeki su buharının ağırlığı..kg

$m_{da}$ = Birim kuru hava.....kg

Q = Isı yükü.....kJ/hr

q= Birim ısı yükü.....kJ/(kg.hr)

R= Üniversal gaz sabiti..... J/(kg<sub>mole</sub>.°K)

$R_{da}$ =Kuru havanın gaz sabiti..... J/(kg<sub>da</sub>.°K)

$R_{wv}$ =Su buharının gaz sabiti..... J/(kg<sub>wv</sub>.°K)

rH= Bağıl nem..... (%)

t = Sıcaklık. Celsius skalası.....°C

$t_{db}$ =Kuru termometre sıcaklığı..... °C

$T_{wb}$ =Yaş termometre sıcaklığı..... °C

T= Sıcaklık. Kelvin skalası(Mutlak sıcaklık).....°K

V= Hava hacımsal debisi.....kg/hr

W,w= Mutlak nem.....(kg<sub>wv</sub>/kg<sub>DA</sub>)

$w_{WB}$ =Mutlak nem, doyma noktasında..... (kg<sub>wv</sub>/kg<sub>DA</sub>)

$w_{ACT}$ =Mutlak nem, ölçülen..... (kg<sub>wv</sub>/kg<sub>DA</sub>)

x= Mol oranı

## GREK ALFABESİ

$\alpha$  = Hava film katsayısı.....kJ/(°C.m<sup>2</sup>)

$\alpha_{iç}$  = Dış hava film katsayısı

$\alpha_{dış}$  = İç hava film katsayısı

$\Delta$ = fark(örneğin iki sıcaklık veya iki entalpi değeri arasında)

$\lambda$ = Isı iletim katsayısı..... kJ/(°C.m)

$\delta$ = Özgül ağırlık.....(kg/m<sup>3</sup>)(1/  $\gamma$ )

$\gamma$ = Özgül hacim.....(m<sup>3</sup>/kg)

$\eta$ = verim.....(% veya 0,00<1)

## ALT SİMGELER

da= Kuru hava

H2= Hidrojen

O2= Oksijen

H2O=Su

H2O(buhar)= su buharı

w= Su

wv= su buharı

wvs=doyma noktasındaki su buharı

duy= duyulur ısı

giz = gizli ısı

f = sıvı (örneğin su)

g = gaz (örneğin su buharı)

fg= buharlaşma (sıvı halden gaz haline geçiş)



# BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ

## Birim dönüşümleri için çarpımlar

Btu	x	1055,056	=	J
Btu/ft <sup>2</sup>	x	11 356,53	=	J/m <sup>2</sup>
Btu/ft <sup>3</sup>	x	37 258,951	=	J/m <sup>3</sup>
Btu/gal	x	278 717,1765	=	j/m <sup>3</sup>
Btu/hr	x	0,2930711	=	W
Btu/lb	x	2,326	=	kJ/kg
Btu/lb.°F (özgül ısı)	x	4,1868	=	kJ/(kg.°K)
EER	x	0,293	=	COP
ft	x	0,3048	=	m
ft	x	304,8	=	mm
inç	x	25,4	=	mm
inç (civa sütunu) (15°C'ta)	x	3,3864	=	kPa
inç (su sütunu) (15°C'ta)	x	248,84	=	Pa
ft <sup>3</sup> /min (cfm)	x	0,471947	=	l/s
ft <sup>3</sup> /min (cfm)	x	1,699	=	m <sup>3</sup> /h
lb	x	0,453592	=	kg
psi	x	6,895	=	kPa
Kalori	x	4,186800	=	J
Kalori	x	3,968 x 10 <sup>-3</sup>	=	Btu
Btu	x	0,2519958	=	Kcal

## Birim dönüşümleri için çarpımlar

### 1-Basınç

psi	İnç H <sub>2</sub> O	İnç Hg	atm.	mm Hg	bar	kg/cm <sup>2</sup>	Pa
1	=27,708	=2,036	=0,068046	=51,715	=0,068948	=0,70307	=6894,8
0,036091	1	0,073483	2,4559x10 <sup>-3</sup>	1,8665	2,4884x10 <sup>-3</sup>	2,537x10 <sup>-3</sup>	248,84
0,491154	13,609	1	0,033421	25,400	0,033864	0,034532	3386,4
14,696	407,19	29,921	1	760,0	1,01325	1,03323	101 325
0,0193368	0,53578	0,03937	1,31579x10 <sup>-3</sup>	1	1,3332x10 <sup>-3</sup>	1,3595x10 <sup>-3</sup>	133,32
14,5038	401,86	29,53	0,98692	750,062	1	1,01972	100 000
14,223	394,1	28,959	0,96784	735,559	0,980665	1	98066,5
1,45038x10 <sup>-4</sup>	4,0186x10 <sup>-3</sup>	2,953x10 <sup>-4</sup>	9,8692x10 <sup>-6</sup>	7,5x10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-5</sup>	1,0197x10 <sup>-5</sup>	1

## 2- KİTLE

lb	grain	ons	kg
1	=7000	=16	=0,45359
$1,4286 \times 10^{-4}$	1	$2,2857 \times 10^{-3}$	$6,480 \times 10^{-5}$
0,0625	437,5	1	0,02835
2,20462	15432	35,274	1

## 3- HACIM

in <sup>3</sup> (cu.in)	ft <sup>3</sup> (cu.ft)	galon	lt	m <sup>3</sup>
1	= $5,787 \times 10^{-4}$	= $4,329 \times 10^{-3}$	=0,0163871	= $1,63871 \times 10^{-5}$
1728	1	7,48052	28,317	0,0028317
231	0,13368	1	3,7854	0,0037854
61,02374	0,035315	0,264173	1	0,001
61023,74	35,315	264,173	1000	1

## 4- ENERJİ

Btu	ft-lb <sub>f</sub>	kalori	J (W.san)	W.h
1	=778,17	=251,9958	=1055,056	=0,293071
$1,2851 \times 10^{-3}$	1	0,32383	1,355818	$3,76616 \times 10^{-4}$
$3,9683 \times 10^{-3}$	3,08803	1	4,1868	$1,163 \times 10^{-3}$
$9,4782 \times 10^{-4}$	0,73756	0,23885	1	$2,7778 \times 10^{-4}$
3,41214	2655,22	859,85	3600	1

## 5- ÖZGÜL AĞIRLIK

lb/ft <sup>3</sup>	lb/gal	g/cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
1	=0,13368	=0,016018	=16,018463
7,48055	1	0,119827	119,827
62,428	8,34538	1	1000
0,062428	0,008345	0,001	1

## 6- ÖZGÜL HACIM

ft <sup>3</sup> /lb	gal/lb	cm <sup>3</sup> /g	m <sup>3</sup> /kg
1	=7,48055	=62,428	=0,062428
0,13368	1	8,34538	0,008345
0,016018	0,119827	1	0,001
16,018463	119,827	1000	1

## 7- SICAKLIK DÖNÜŞÜMLERİ

		°K	°C	°R	°F
Kelvin	x °K=	X	X - 273,15	1,8X	1,8X - 459,97
Celsius	x °C=	X + 273,15	X	1,8X + 491,67	1,8X - 32
Rankin	x °R=	X/1,8	(X-491,67)/1,8	X	X - 459,97
Fahrenheit	x °F=	(X + 459,67)/1,8	(X-32)/1,8	X + 459,67	X